

MAURÍCIO NOVAES SOUZA

**DEGRADAÇÃO E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL E DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2004

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S729d  
2004

2004.

Souza, Maurício Novaes, 1959-  
Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento  
sustentável / Maurício Novaes Souza. – Viçosa : UFV,  
xviii, 371p. : il. ; 29cm.

Orientador: James Jackson Griffith.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: p. 340-371.

1. Recursos naturais - Conservação. 2. Degradação ambiental. 3. Impacto ambiental - Avaliação. 4. Desenvolvimento sustentável. 5. Solo - Uso - Aspectos ambientais. 6. Recursos hídricos - Conservação. 7. Revegetação.  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 20.ed. 333.72

MAURÍCIO NOVAES SOUZA

**DEGRADAÇÃO E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL E DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 26 de março de 2004.

---

Prof. Haroldo Nogueira de Paiva  
(Conselheiro)

---

Prof. Elias Silva  
(Conselheiro)

---

Prof. Laércio Antônio Gonçalves Jacovine

---

Prof. Júlio César Lima Neves

---

Prof. James Jackson Griffith  
(Orientador)

*“... a vida continua em seu eterno ciclo, e para se perpetuar, o homem deve incluir-se nele e dele participar, mantendo-o”.*

JOSÉ GALÍZIA TUNDISI

À minha amada esposa Angélica

Aos meus filhos queridos Clarissa, Rodrigo e Gabriela

À minha mãe Nely

Com todo amor e carinho

Dedico

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Engenharia Florestal e à Fundação de Amparo à Pesquisa (FAPEMIG), pela oportunidade e pela ajuda financeira.

Ao Prof. James Jackson Griffith, pelo profissionalismo, competência, disposição, paciência e pela forma franca de orientação demonstrados durante a execução deste trabalho, com sugestões fundamentais para o seu desenvolvimento.

Ao Prof. Maurinho dos Santos, pela hospitalidade e primeiro estímulo para a tomada de decisão em realizar o Curso de Mestrado, abrindo as portas da UFV: inclusive, com a permissão do uso da senha “Maurinho”.

Ao Prof. Oswaldo Ferreira Valente, pelo convite para participar do projeto de pesquisa sobre recuperação de nascentes, tendo despertado o interesse que atualmente dedico a essa área.

Às Prof<sup>as</sup> Rita Gonçalves e Denise, e ao Prof. Eduardo, pela apresentação e recomendações ao Prof. Griffith, dando incondicional apoio ao meu ingresso no Departamento de Engenharia Florestal.

Ao Prof. Sebastião Teixeira Gomes, pela sua orientação nas disciplinas Economia do Agronegócio Brasileiro e Desenvolvimento Agrícola, fornecendo subsídios à formação dos princípios sócio-econômicos, fundamentais aos procedimentos de Recuperação Ambiental.

Ao Prof. Luís Eduardo Dias, pela brilhante condução da disciplina Recuperação de Áreas Degradadas, consolidando os conceitos fundamentais para comporem a visão holística necessária para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos Profs. e Conselheiros Elias Silva e Haroldo Nogueira de Paiva, pelas importantes sugestões e apoio na fase final de elaboração da Dissertação.

Aos Profs. Nairam e Sebastião Venâncio, pela condução brilhante de suas disciplinas.

Aos Profs. Laércio Jacovine e Júlio César Lima Neves, por aceitarem prontamente o convite para participação da Banca de Defesa, além das contribuições durante todo o curso.

Aos amigos Profs. Everardo Mantovani e Evandro Melo, pelo apoio constante.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal, em particular à Ritinha e ao Frederico.

Aos amigos de curso Camila, Climene, Andréia, Luis Carlos, Inês, Leonardo, Alexandre, Josuel, Claudinha, Juliana, Eduardo, Neiva, Alécia, Danilo, Walter, Wellerson, Andreza, Isabela, Eliete, Valmir, Elzimar, Maria Dalva, Elton, Ronaldinho, Rose, Wanderléia, Patrícia, Telma, Paulinho, pela satisfação de tê-los conhecidos e poder ter desfrutado tão intelectual e agradável companhia.

Ao amigo de 28 anos Maurinho, da Livraria Nobel, pela sua grande paciência aos financiamentos propostos por mim, e prontamente concedidos por ele.

Aos amigos Zé do Presto Pasta e Ita Baião, pela amizade sempre sincera e constante ao longo desses 26 anos de convivência.

À Tia Sônia, pelas inúmeras contribuições e estímulos durante todo esse período.

Às cunhadas Fátima e Olinda e aos concunhados amigos Richard e Webster, pelo apoio e fornecimento de material para pesquisas, particularmente o “Bitten”, da EMBRAPA-RO.

A minha irmã Cristina e sobrinha Daniela, pela torcida, pelo apoio e pelo fornecimento de material para pesquisas.

À memória do meu pai “Bilú”, que deve estar do céu se divertindo e se deliciando com esse momento, pois este era o seu sonho para mim.

À minha mãe Nely, eterna incentivadora e admiradora do meu “talento”, não medindo esforços e sacrifícios para que eu atingisse esse objetivo.

Aos meus filhos Clarissa, Rodrigo e Gabriela, que são o motivo principal para justificar os sacrifícios e a luta constante na busca de um futuro melhor.

À Angélica, minha esposa que amo profundamente, pelo amor e dedicação sem limites durante todos estes 23 anos bem vividos, não questionando em nenhum momento a “revolução” em nossas vidas, nesses dois últimos anos.

## **BIOGRAFIA**

MAURÍCIO NOVAES SOUZA, filho de Antônio Souza e Silva e Nely Novaes Silva, nasceu no município de Castelo-ES, no dia 25 de abril de 1959.

Iniciou os estudos básicos no Grupo Escolar “Nestor Gomes” e o ginásial no Colégio Estadual “João Bley”, em Castelo-ES. O segundo grau foi iniciado no Colégio Princesa Isabel, Rio de Janeiro, e concluído no COLUNI, UFV, Viçosa.

No ano de 1977 iniciou o curso de graduação em Agronomia, na Universidade Federal de Viçosa, graduando-se em 1981.

Foi administrador da Agropecuária “Fim do Mundo”, em Castelo-ES, no período de 1982 a 1988.

Membro do Conselho Fiscal e do Conselho de Administração da Cooperativa Agrária de Castelo-ES, no período de 1982 a 1988.

Instrutor e colaborador em diversos cursos, palestras e dia de campo em parceria com a EMATER - Castelo, ES.

Exerceu atividades empresariais em diversas áreas da indústria e do comércio, no período de 1986 a 2001.

Em 2002 iniciou o curso de Mestrado em Ciência Florestal na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Recuperação de Áreas Degradadas - Impactos Ambientais.



## CONTEÚDO

	<b>Páginas</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	xiii
<b>RESUMO</b> .....	xv
<b>ABSTRACT</b> .....	xvii
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	01
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	05
2.1. Objetivos gerais.....	05
2.2. Objetivos específicos.....	05
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	07
3.1. Etapas da pesquisa bibliográfica.....	08
3.1.1. Estabelecimento de linhas mestras e pesquisa exploratória.....	09
3.1.2. Levantamento e seleção de material.....	09
3.1.3. Organização dos temas e assuntos.....	10
3.1.4. Redação e organização das informações bibliográficas.....	10
3.1.5. Revisão do texto.....	10
3.1.6. Elaboração do texto final.....	10
3.1.7. Conclusão.....	11
3.1.8. Recomendações.....	11
3.1.9. Introdução.....	11
3.2. Estudo de Caso.....	12
3.2.1. Introdução.....	12
3.2.2. O Estudo de Caso como estratégia de pesquisa.....	12
3.2.3. Características do Estudo de Caso.....	13
3.2.4. Aplicações do Estudo de Caso.....	13
3.2.5. Critérios para julgar a qualidade do delineamento do Estudo de Caso.....	13
3.2.6. Preparação para a condução de um Estudo de Caso.....	14
3.2.7. Fontes de evidências.....	14
3.2.7.1. Princípios para a coleta de dados.....	14
3.2.7.2. Análise das evidências.....	15
3.2.8. Composição do relato do Estudo de Caso.....	15
3.2.9. Método de um Estudo de Caso misto (usado nesse trabalho) .....	15
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	17
<b>Capítulo I</b> .....	17
4.1. A degradação ambiental pelo fator antrópico.....	17
4.1.1. Objetivo.....	17
4.1.2. Introdução.....	17
4.1.3. O capital natural.....	22
4.1.4. As funções ambientais de ordem econômica e a ruptura do equilíbrio.....	23

4.1.4.1. Externalidades.....	26
4.1.4.2. Custos privados e sociais.....	28
4.1.4.3. Consideração final.....	29
4.1.5. Fatores de desequilíbrio.....	30
4.1.5.1. Política Agrícola.....	30
4.1.5.2. O modelo de pesquisa.....	33
Estudo de Caso 4.1.5.2. (1) A pesquisa e o modelo de oferta e demanda de um bem público no Brasil.....	33
4.1.5.3. O êxodo rural e a urbanização.....	36
4.1.5.4. Extensão rural – acesso à informação e ao livre mercado.....	38
4.1.5.5. Difusão de tecnologia e a interinstitucionalidade.....	39
4.1.5.5.1. O clima organizacional brasileiro.....	40
4.1.5.5.2. Relações entre organizações.....	41
4.1.5.5.3. Difusão de tecnologia efetiva.....	41
4.1.5.5.4. Adoção da tecnologia.....	43
Estudo de Caso 4.1.5.5. (2) Degradação nas pastagens da Zona da Mata Mineira.....	44
4.1.5.6. Os modelos de produção agropecuário e florestal.....	52
4.1.5.6.1. Modelo tradicional ou familiar.....	52
4.1.5.6.2. Modelo convencional ou agroquímico.....	54
4.1.5.6.3. A importância dos modelos no mundo atual e os desafios para o futuro.....	55
4.1.5.6.4. A sustentabilidade do sistema familiar.....	56
4.1.5.6.5. A sustentabilidade do sistema agroquímico.....	57
4.1.5.6.6. O direcionamento da pesquisa.....	58
4.1.6. Impactos Ambientais.....	60
4.1.6.1. Aspectos sócio-econômicos.....	61
4.1.6.2. Aspectos culturais.....	62
4.1.6.3. Aspectos biológicos.....	63
4.1.6.4. Avaliação de Impacto Ambiental (AIA).....	69
4.1.6.4.1. Atributos principais dos impactos ambientais.....	71
4.1.6.4.2. Métodos de Avaliação de Impactos Ambientais.....	72
4.1.6.4.3. Estudo de Impacto Ambiental (EIA).....	74
4.1.6.4.4. Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).....	77
4.1.6.4.5. Necessidade de Estudo de Impacto Ambiental.....	78
4.1.6.4.6. Medidas preventivas e ações estratégicas cabíveis para evitar impactos ambientais.....	79
4.1.6.4.7. Considerações finais.....	81
4.1.7. Classificação das fontes antrópicas de degradação ambiental.....	82
4.1.7.1. Classificação temporal.....	82
4.1.7.2. Classificação quanto à atividade.....	83
4.1.8. Considerações finais.....	87
<b>Capítulo II.....</b>	<b>90</b>
4.2. Recuperação Ambiental.....	90
4.2.1. Objetivo.....	90
4.2.2. Introdução.....	90
4.2.3. Histórico.....	93
4.2.4. Definições e objetivos da recuperação ambiental.....	94
4.2.5. A justificativa da necessidade de recuperação ambiental.....	96
4.2.6. Abordagens para a caracterização de área degradada.....	98
4.2.6.1. Abordagem segmentada.....	99
4.2.6.1.1. Caracterização segmentada considerando o componente solo.....	99
4.2.6.1.2. Indicadores de qualidade do solo.....	101
4.2.6.2. Abordagem não segmentada.....	103
4.2.7. A construção de cenários.....	106
4.2.7.1. Cenário pré-degradação.....	106
4.2.7.2. Cenário pós-degradação.....	108
4.2.8. Importância da revegetação para a sustentabilidade dos procedimentos de recuperação.....	110
4.2.8.1. Estratégias de revegetação.....	110
4.2.8.2. O uso do “topsoil”.....	112

4.2.8.2.1. Ajuste das condições físicas e químicas dos meios substitutos.....	112
4.2.8.2.2. Proteção do “topsoil” .....	113
4.2.8.3. O acúmulo de matéria orgânica.....	114
4.2.8.3.1. Processos de degradação e o manejo em florestas plantadas.....	115
4.2.8.3.2. Ciclagem de nutrientes.....	116
4.2.8.3.2.1. Ciclo geoquímico.....	116
4.2.8.3.2.2. Ciclo bioquímico.....	117
4.2.8.3.2.3. Ciclo biogeoquímico.....	118
4.2.8.3.3. Perspectivas para mitigação de impactos em florestas plantadas.....	119
4.2.8.4. A biota do solo e o restabelecimento do ciclo do carbono .....	122
4.2.8.5. O uso da serapilheira e a seleção de espécies.....	124
4.2.8.6. Recuperação de voçorocas.....	126
4.2.9. Procedimentos para o sucesso da recuperação.....	127
Estudo de Caso 4.2.9. (3) A recuperação de áreas degradadas por atividades minerárias	128
4.2.9.1. Introdução.....	128
4.2.9.2. A regulamentação do setor minerário.....	129
4.2.9.3. A recuperação de áreas mineradas.....	131
4.2.9.4. A mitigação dos impactos na vida selvagem.....	135
4.2.9.5. Drenagem ácida.....	135
4.2.9.6. Observações complementares.....	137
4.2.9.7. Possibilidades de uso resultante do processo de recuperação.....	138
4.2.9.8. Quadro atual e perspectivas para a atividade minerária.....	139
4.2.10. Alterações climáticas e a estabilidade de encostas de áreas recuperadas....	144
4.2.10.1. Erosão: importância, necessidade de quantificação e prevenção.....	147
4.2.10.2. Métodos preditivos de erosão.....	149
4.2.11. Recuperação de pastagens em áreas de relevo acidentado.....	151
4.2.12. Recuperação e conservação de nascentes.....	158
Estudo de Caso 4.2.12. (4) As pastagens e a recuperação de nascentes: o caso de Viçosa, MG.....	162
4.2.13. Recuperação de canais.....	165
4.2.13.1. Redução de enchentes.....	167
4.2.13.2. Recuperação de matas ciliares e a estabilização das margens.....	168
4.2.14. Recuperação de bacias hidrográficas.....	170
4.2.14.1. Mitigação e recuperação de ecossistemas aquáticos eutrofizados....	171
4.2.14.2. Métodos ecotecnológicos para aplicação no ecossistema aquático...	173
4.2.14.3. A necessidade de priorização de recuperação dos recursos hídricos	174
4.2.14.4. Uso da água: a visão holística da paisagem.....	175
4.2.14.5. Recursos hídricos e a legislação.....	177
4.2.14.6. Gestão dos recursos hídricos.....	177
4.2.15. Quadro atual e sugestões em pesquisas para recuperação ambiental.....	178
4.2.15.1. A necessidade da interdisciplinaridade na formação de disciplinas....	178
4.2.15.2. As contribuições das diversas ciências.....	179
4.2.16. Considerações finais.....	183
<b>Capítulo III.....</b>	<b>186</b>
4.3. O Desenvolvimento Sustentável .....	186
4.3.1. Objetivo.....	186
4.3.2. Introdução.....	186
4.3.3. Conceitos.....	189
4.3.4. Análise conceitual: divergências e propostas alternativas.....	190
4.3.5. Questões ambientais atuais.....	193
4.3.6. Diretrizes necessárias.....	194
4.3.6.1. Política pública.....	197
Estudo de Caso 4.3.5.1. (5) A política agrícola atual, a pesquisa e o meio ambiente.....	202
4.3.6.2. Visão e postura do setor produtivo.....	204
4.3.6.3. Aspectos sociais - liderança e visão compartilhada.....	206
4.3.6.4. Condições éticas.....	207
4.3.7. Perspectivas para o desenvolvimento sustentável.....	209
4.3.8. Procedimentos necessários para atingir o desenvolvimento sustentável.....	210
4.3.9. Tecnologias apropriadas e o desenvolvimento sustentável.....	211

4.3.9.1. Atributos e critérios das tecnologias apropriadas.....	213
4.3.9.2. Gestão da tecnologia.....	215
4.3.10. Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável.....	215
4.3.10.1. Definição.....	216
4.3.10.2. Objetivos.....	217
4.3.10.3. Postura das empresas com relação aos recursos.....	217
4.3.10.4. Sistema de Gestão Ambiental: oportunidades e riscos.....	220
4.3.10.4.1. Melhoria da imagem institucional.....	221
4.3.10.4.2. Melhoria do desempenho ambiental.....	222
4.3.10.4.3. Melhoria e maior aproveitamento das oportunidades de negócios..	224
4.3.10.5. Implantação do Sistema de Gestão Ambiental.....	225
4.3.11. Licenciamento ambiental.....	225
4.3.11.1. Sistemática de licenciamento ambiental.....	226
4.3.11.2. Perspectivas para o licenciamento ambiental em Minas Gerais.....	229
4.3.12. Considerações finais.....	231
<b>Capítulo IV.....</b>	<b>235</b>
4.4. Propostas de modelos de produção sustentáveis.....	235
Objetivos.....	235
<b>4.4.1. O capitalismo natural.....</b>	<b>236</b>
Estudo de Caso 4.4.1. (6) Recuperação ambiental de áreas contaminadas por agroquímicos e metais pesados.....	239
4.4.1.1. Objetivos.....	239
4.4.1.2. Introdução.....	239
4.4.1.3. A necessidade da recuperação e sua caracterização.....	241
4.4.1.4. Práticas de remediação e recuperação de áreas contaminadas por metais pesados.....	245
4.4.1.4.1. Técnicas de engenharia.....	246
4.4.1.4.2. Fitorremediação .....	246
4.4.1.4.2.1. Fitoextração.....	247
4.4.1.4.2.2. Fitoestabilização.....	248
4.4.1.5. Práticas agrícolas rotineiras para recuperação por fitorremediação.....	249
4.4.1.5.1. Calagem .....	249
4.4.1.5.2. Gessagem .....	249
4.4.1.5.3. Fertilização e matéria orgânica .....	249
4.4.1.6. Medidas auxiliares para a identificação de impactos ambientais e de recuperação.....	250
4.4.1.6.1. Utilização de bioindicadores.....	250
4.4.1.6.2. Equipamentos de precisão e a redução dos impactos ambientais.....	252
4.4.1.7. Ferramentas auxiliares para a recuperação ambiental.....	253
4.4.1.7.1. Utilização de composto de reciclagem de resíduos orgânicos.....	253
4.4.1.7.1.1. Efeito corretivo.....	254
4.4.1.7.1.2. Descrição do processo de compostagem.....	255
4.4.1.7.2. Microorganismos simbiotes: fixação biológica de Nitrogênio.....	257
4.4.1.7.3. Agricultura orgânica.....	260
4.4.1.7.4. Plantas halófitas .....	261
4.4.1.7.5. Regeneração natural e sucessão.....	262
4.4.1.8. Componentes interligados - a sustentabilidade da recuperação.....	263
4.4.1.8.1. A fauna silvestre.....	263
4.4.1.8.2. Os ecossistemas aquáticos.....	264
4.4.1.8.2.1. A influência da erosão sobre os ecossistemas aquáticos.....	265
4.4.1.8.2.2. A qualidade da água e o manejo da irrigação.....	266
4.4.1.8.2.3. A poluição hídrica e a ecotoxicologia.....	270
4.4.1.8.2.4. Medidas para a recuperação de ecossistemas aquáticos.....	271
Estudo de caso 4.4.1.8.2.4 (7) Propostas para a recuperação do rio Mogi-Guaçu.....	272
4.4.1.9. Considerações finais.....	274
4.4.1.10. Recomendações.....	275
<b>4.4.2. Ciência Generativa.....</b>	<b>276</b>

Estudo de Caso 4.4.2. (8) A destinação dos resíduos sólidos urbanos: reciclagem, aterro sanitário e recuperação ambiental de áreas degradadas por lixões - o caso de Viçosa, MG.....	284
4.4.2.1. Objetivos.....	284
4.4.2.2. Introdução.....	284
4.4.2.3. O lixo no Brasil.....	286
4.4.2.3.1. O lixo no município de Viçosa.....	287
4.4.2.3.2. A usina de reciclagem de Viçosa.....	288
4.4.2.3.2.1. Aspectos econômicos.....	288
4.4.2.3.2.2. Aspectos sociais.....	289
4.4.2.3.2.3. Aspectos legais.....	290
4.4.2.4. Recuperação de áreas degradadas por “lixões”.....	293
4.4.2.5. Considerações finais.....	296
4.4.2.6. Recomendações.....	297
<b>4.4.3. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.....</b>	<b>298</b>
Estudo de Caso 4.4.3. (9) Os sistemas agroflorestais (SAF's) e a recuperação ambiental como externalidade benéfica.....	302
4.4.3.1. Objetivos.....	302
4.4.3.2. Introdução.....	303
4.4.3.3. Conceitos e definições.....	306
4.4.3.4. Caracterização de Sistemas Agroflorestais.....	307
4.4.3.5. Princípios ecológicos: orientando a sustentabilidade dos SAF's.....	308
4.4.3.6. Manejo e processos sucessórios nos SAF's.....	309
4.4.3.6.1. Sucessão orientada.....	310
4.4.3.6.2. Manejo por meio de podas: ativação de processos.....	310
4.4.3.7. Aspectos econômicos dos SAF's.....	311
4.4.3.7.1. Produção comercializável.....	311
4.4.3.7.2. Rentabilidade econômica.....	312
4.4.3.7.3. Fomento florestal.....	312
4.4.3.8. Sistemas agroflorestais como técnica de recuperação ambiental.....	314
4.4.3.8.1. Sistemas silvipastoris: recuperação, seqüestro de carbono e o clima.....	316
4.4.3.8.1.1. O solo e a imobilização de CO <sub>2</sub> .....	317
4.4.3.8.1.2. Os sistemas silvipastoris e o clima.....	318
4.4.3.8.1.3. Manejo de regeneração natural em pastagens.....	319
4.4.3.8.1.4. Enriquecimento de pastagens com árvores de uso múltiplo.....	319
4.4.3.8.2. SAF's e a fruticultura tropical.....	319
4.4.3.8.3. Opções alternativas de práticas florestais: agroflorestas.....	320
4.4.3.8.3.1. Cercas vivas.....	320
4.4.3.8.3.2. Arborização de pastagens.....	321
4.4.3.8.3.3. “Alley cropping” forrageiro.....	321
4.4.3.8.3.4. Florestas produtoras de forragem.....	322
4.4.3.8.3.5. Sistema agrícola rotativo (Sistema “Taungya”).....	322
4.4.3.9. Monitoramento.....	323
4.4.3.9.1. Sustentabilidade em SAF's.....	323
4.4.3.9.2. Definições de princípios, critérios, indicadores e verificadores.....	323
4.4.3.9.3. Seleção e monitoramento.....	325
4.4.3.10. Os SAF's e as Áreas de Preservação Permanente (APP) e de Reserva Legal (ARL).....	326
4.4.3.11. Funções, serviços e externalidades ambientais promovidas pelos SAF's.....	327
4.4.3.12. Fatores limitantes dos SAF's.....	328
4.4.3.12. Considerações finais.....	328
4.4.3.13. Recomendações.....	330
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>331</b>
<b>6. OBSERVAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>335</b>
<b>7. SUGESTÕES.....</b>	<b>337</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>340</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Páginas</b>
FIGURA 1 - Comparação entre custos privados e sociais da produção de madeira.....	29
FIGURA 2 - Índices dos preços reais dos produtos da cesta básica.....	31
FIGURA 3 - Modelo de oferta e demanda de um bem público.....	34
FIGURA 4 - Representação simplificada do processo de degradação da pastagem cultivada.....	48
FIGURA 5 - Teores de nutrientes do primeiro centímetro de Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (LVa), em diversas posições de uma topossequência.....	49
FIGURA 6 - Diagrama representativo das várias fontes de poluição do solo e da água.....	65
FIGURA 7 - Alterações da fertilidade de um solo.....	105
FIGURA 8 - Estratégia de duas fases.....	111
FIGURA 9 - Representação esquemática dos ciclos de nutrientes em espécies florestais.....	118
FIGURA 10 - Ciclos de nutrientes em povoamentos florestais.....	119
FIGURA 11 - Decomposição dos resíduos vegetais e ciclagem dos constituintes da matéria orgânica.....	123
FIGURA 12 - Níveis de recuperação de áreas degradadas pela mineração e usos possíveis.....	139
FIGURA 13 - Balanço entre produção e consumo da forrageira.....	156
FIGURA 14 - Campo de pesquisas sobre o meio ambiente e recuperação.....	179
FIGURA 15 - Modelo conceitual de inter-relação entre degradação e recuperação ambiental que abrange os sistemas físico e social.....	280
FIGURA 16 - Sociograma da Usina de Reciclagem de Viçosa.....	290
FIGURA 17 - Componentes, funções e métodos de manipulação da biodiversidade em agroecossistemas.....	309
FIGURA 18 - Efeitos das árvores sobre o agroecossistema circundante.....	316

## LISTA DE QUADROS

	<b>Páginas</b>
QUADRO 1 - Crescimento da população mundial.....	18
QUADRO 2 - Tempo necessário para acrescentar mais 1 bilhão à população mundial.....	18
QUADRO 3 - População, tempo necessário para a sua duplicação e suprimento de água.....	19
QUADRO 4 - Drenagem pluvial anual <i>per capita</i> de 10 países em 1983, com projeções para 2000.....	19
QUADRO 5 - Distribuição da população brasileira em 1970, 1980 e 1990.....	36
QUADRO 6 - Participação da população na renda nacional em 1960, 1970 e 1980.....	36
QUADRO 7 - Processo de minifundização no Brasil no período de 1960 a 1985.....	37
QUADRO 8 - Quantificação das classes de uso e cobertura vegetal natural da área estudada.....	45
QUADRO 9 - Principais diferenças entre o modelo familiar e agroquímico.....	59
QUADRO 10 - Classificação dos poluentes e os elementos de impacto na paisagem....	69
QUADRO 11 - Classificação, características, magnitude e importância dos impactos ambientais e fontes de degradação.....	82
QUADRO 12 - Principais atividades agrícolas, pecuárias e florestais com potencial de degradação.....	86
QUADRO 13 - Tamanho das partículas do solo.....	100
QUADRO 14 - Efeito do tipo de uso do solo sobre as perdas por erosão.....	147
QUADRO 15 - Perdas de nutrientes que podem ocorrer anualmente em uma pastagem.....	153
QUADRO 16 - Indicativos de limitações.....	155
QUADRO 17 - Quantidade de N fixada pelo guandu em pastagens (Kg/ha/ano).....	158
QUADRO 18 - Espaçamento entre terraços de acordo com a declividade.....	162
QUADRO 19 - Concentrações totais de elementos consideradas excessivas do ponto de vista de fitotoxicidez.....	172
QUADRO 20 - Gerenciamento ecotecnológico locais para lagos, rios e represas.....	174
QUADRO 21 - Fontes naturais e antropogênicas de alguns metais pesados para o ambiente.....	242

QUADRO 22 -	Concentrações totais de elementos consideradas excessivas do ponto de vista de fitotoxicidez.....	243
QUADRO 23 -	Plantas acumuladoras de metais pesados e outros elementos.....	247
QUADRO 24 -	Principais nutrientes minerais, disponibilidade nos solos tropicais e teor/necessidade das plantas em sistemas naturais.....	250
QUADRO 25 -	Relação Carbono/Nitrogênio de alguns resíduos orgânicos.....	256
QUADRO 26 -	Impactos ambientais associados ao nitrogênio.....	259
QUADRO 27 -	Estimativas de fixação de nitrogênio em leguminosas (Kg/ha/ano ou ciclo).....	260
QUADRO 28 -	Concentração média de nutrientes (dag/Kg) na massa fresca de esterco de animais.....	261
QUADRO 29 -	Teores de Cd, Pb, Cr, Co, e Ni, em profundidade, das amostras de um Cambissolo irrigado, por sulcos de infiltração.....	267
QUADRO 30 -	Benefícios do uso de materiais recicláveis.....	285
QUADRO 31 -	Destinação dos R.S.U. coletado e tratado no Brasil, na cidade de São Paulo (SP), nos Estados Unidos (EUA) e no Japão.....	286
QUADRO 32 -	Totais globais das vendas de material reciclável da Usina de reciclagem de Viçosa, MG.....	289
QUADRO 33 -	Resíduos urbanos e agroindustriais e medidas compensatórias.....	296
QUADRO 34 -	Largura da faixa de vegetação ciliar a ser preservada ou recuperada de acordo com a legislação.....	326



## RESUMO

SOUZA, Maurício Novaes, M.S., Universidade Federal de Viçosa, março de 2004. **Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável**. Orientador: James Jackson Griffith. Conselheiros: Elias Silva e Haroldo Nogueira de Paiva.

A humanidade enfrenta problemas de degradação ambiental que remontam no tempo. O meio ambiente, que sempre desempenhou sua função depuradora com eficiência, encontra-se hoje excessivamente sobrecarregado pelas atividades antrópicas: sofre o risco de exaustão dos seus recursos, não conseguindo em determinadas situações, recuperar-se por si só, necessitando o auxílio do homem. Porém, considerando os atuais modelos de produção e desenvolvimento que priorizam a maximização econômica em detrimento à conservação ambiental, a solução definitiva dessas questões parece estar distante de ser encontrada. Recentemente, essa preocupação ganhou adeptos em todo o mundo e, efetivamente, existe uma maior conscientização às causas ambientais, incluindo casos de sucesso nos procedimentos de recuperação e propostas viáveis para o desenvolvimento sustentável. Porém, sendo a Recuperação Ambiental uma ciência nova e esse modelo de desenvolvimento ainda encontrar-se no estágio de compromisso em formação, apresentam lacunas que precisam ser preenchidas, ampliando as chances para que os resultados sejam mais efetivos e duradouros. O corpo deste trabalho está dividido em quatro capítulos: o capítulo I, faz uma análise da origem da degradação ambiental e quais os fatores de desequilíbrio que mais influenciaram para a aceleração deste processo; caracteriza os principais modelos de produção agropecuários e florestais, a sua importância no mundo atual e os desafios para o futuro; inclui a avaliação de impactos ambientais; identifica as principais atividades e os fatores de degradação ambiental. Introduce “Estudos de Caso” por representarem um importante instrumento didático, sendo este um dos objetivos deste trabalho: nos Estudos de Caso, a teoria adquire vida por ser aplicada ao entendimento dos fatos da realidade. O capítulo II, analisa o processo da recuperação ambiental: suas dificuldades, suas limitações e seu potencial; define área degradada e as abordagens para a sua caracterização; discute sobre a importância da elaboração de cenários, e por fim sugere e delinea os passos essenciais para que o sucesso desses procedimentos sejam duradouros, por meio de um Estudo de Caso sobre a recuperação de áreas mineradas e outro sobre a recuperação de pastagens e nascentes em áreas de relevo acidentado. No capítulo III, é conceituado desenvolvimento

sustentável, visando sua integração posterior aos conceitos de degradação e recuperação, sob a ótica econômica, ecológica, ética e social, evidenciando suas características, princípios e perspectivas. São apresentadas algumas propostas para que este seja consolidado, gerando emprego e renda com maior equidade social; identifica políticas ambientais a) estruturadoras, como o licenciamento ambiental, e b) indutoras de comportamento, como a educação, certificação e gestão ambiental. Estas podem funcionar como ferramentas úteis à prevenção e ao policiamento da agressão e exploração de forma predatória imposta ao meio ambiente, evitando novos casos de degradação, como também auxiliando na gestão e no monitoramento dos procedimentos de recuperação ambiental, garantindo a sua sustentabilidade. No capítulo IV, os conceitos sobre desenvolvimento sustentável são reforçados no contexto da recuperação ambiental, com a apresentação de três propostas que já vêm sendo implementadas em várias partes do mundo, com relativo sucesso, evidenciadas pelos seguintes Estudos de Caso: 1) Recuperação ambiental de áreas contaminadas por agroquímicos e metais pesados: como caracterizá-las; as práticas de remediação e recuperação; as medidas e ferramentas auxiliares para a identificação de impactos ambientais; e os componentes interligados ao processo de recuperação, como a fauna silvestre e os ecossistemas aquáticos, para a garantia da sua sustentabilidade; 2) Os sistemas agroflorestais (SAF's) e a recuperação ambiental como geradores de externalidades benéficas: sua caracterização, importância para a produção de madeira e as externalidades positivas; são identificados os princípios ecológicos que orientam sua sustentabilidade; sendo discutidos: a) manejo e processos sucessórios; e b) o monitoramento e os indicadores de sustentabilidade - e como utilizá-los para projetos de seqüestro de carbono do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e em procedimentos de recuperação ambiental; e 3) A destinação dos resíduos urbanos: reciclagem, aterro sanitário e recuperação de áreas degradadas por "lixões" - o caso de Viçosa, MG: identifica o problema do lixo nas áreas urbanas brasileiras, responsável em grande parte pela alteração da paisagem e instabilidade das encostas, causando poluição e assoreamento dos cursos d'água; aponta a reciclagem como uma atividade que possibilita a redução desse problema, sendo necessária, entretanto, a conscientização das comunidades para a redução na utilização dos recursos naturais e no seu descarte, podendo ser conseguida por meio da educação ambiental; e procedimentos de remediação e recuperação, utilizando-se de métodos como a compostagem e disposição final dos resíduos não-recicláveis, em aterros sanitários. Na conclusão, poder-se-á observar críticas e sugestões, porém no sentido de converter essas novas idéias e conceitos em ação. Sugere-se mudança do atual modelo de produção agropecuário, florestal e industrial, dada a visível insustentabilidade verificada até o presente momento. Por último, algumas recomendações, que apesar de seu conhecimento testado e comprovado, têm passado despercebidas, sendo de extrema importância para a) evitar novos casos de degradação; b) favorecer os procedimentos de recuperação ambiental; e c) promover o desenvolvimento sustentável. Cada um dos temas revisado tem o seu conteúdo pormenorizado, com recomendações e conclusões.

## ABSTRACT

SOUZA, Maurício Novaes, M.S., Universidade Federal de Viçosa, março de 2004. **Degradation and environmental reclamation and sustainable development**. Adviser: James Jackson Griffith. Committee Members: Elias Silva and Haroldo Nogueira de Paiva.

From times past, humanity confronts problems of environmental degradation. The environment, which always performed efficiently its function of cleansing, today finds itself excessively overburdened by human activities: it suffers the risk of exhausting its resources, not being able in certain situations to recuperate itself and needing the help of man. However, considering the present models of production and development that prioritize economic maximization, finding definitive solutions for these matters seems distant. Recently this concern has won supporters in the entire world, and there effectively exists a greater consciousness for environmental causes, including successful cases in reclamation procedures and viable proposals for sustainable development. However, environmental reclamation is a new science, this model of development still finding itself in the stage of developing commitment, presenting gaps, which need to be filled and expanding chances so that results will be more effective and lasting. The body of this study is divided into four chapters: Chapter 1 analyzes the origin of environmental degradation and identifies which are the most influential factors of disequilibrium that accelerate this process. It characterizes the principal models of farm and forest production, their importance in the world today and the challenges for the future. Included is evaluation of environmental impacts. It identifies the principal activities and principal factors of environmental degradation. It introduces case studies as representing an important teaching instrument, this being one of the thesis objectives: in case studies, theory acquires life by being applied to the understanding of the facts of reality. Chapter 2 analyzes the process of environmental reclamation: difficulties, limitations and potential. It defines degraded area and the theoretical approaches for its characterization. The importance of elaborating scenarios is discussed, and steps which are ultimately essential are suggested and delineated so that the success of these procedures is lasting. This is done by means a case study about reclamation of mined-out areas and another about reclaiming pastures and springs in an area of rough terrain. In Chapter 3, sustainable development is conceptualized, keeping in view its later integration into the concepts of degradation and recuperation, within economic, ecological, ethical and social visions, making evident its characteristics, principles and perspectives. Several proposals are

presented to consolidate this, to generate employment and income with more social equality. It identifies environmental policies: a) structured policies such as environmental licensing and b) inducers of behavior, such as education, certification and environmental management. These are able to function as useful tools for prevention and for policing aggression and predatory exploitation imposed on the environment, avoiding new cases of degradation, as well as helping in the management and monitoring of environmental recuperation procedures, guaranteeing its sustainability. In Chapter 4, the concepts about sustainable development are reinforced within the environmental recuperation context with the presentation of three proposals that are already being implemented in various parts of the world, with relative success, as shown by three case studies: 1) environmental recuperation in areas contaminated by agrochemicals and heavy metals (how to characterized them, practices of remediation and recuperation, measures and auxiliary tools for identification of environmental impacts, and the components interlinked to the recuperation process, such as wildlife and aquatic ecosystems, to guarantee their sustainability); 2) Agro forestry systems (AFS's) and environmental recuperation as generators of positive externalities (their characterization, importance for wood production and for positive externalities, identification of ecological principles which direct their sustainability, and discussions of a) management of sucessional processes and b) monitoring and indicators of sustainability - how to use them for environmental recuperation processes) and; 3) the destiny of urban residues (recycling, sanitary landfill and recuperation of lands degraded by city garbage dumps; the case of Viçosa, Minas Gerais - identify the garbage problem in Brazilian urban areas, responsible in large for landscape alteration and slope instability, causing pollution and sedimentation of streams, point to recycling as a activity which makes possible the reduction of this problem, consciousness-raising being necessary in the communities for the reduction of natural resources use and disposal, capable of being obtained by means of environmental education, and procedures of remediation and recuperation, utilizing methods such as composting and final deposition of non-recyclable residues in sanitary landfills). In the conclusion, criticisms and suggestions may be observed, yet these are presented in the sense of converting these new ideas and concepts into action. Changes are suggested for the present models of farm, forestry and industrial production, given the observable lack of sustainability verified up until now. Finally, some recommendations, despite their knowledge having been tested and proven, have not yet been perceived, but they are very important to a) avoid new cases of degradation b) favor environmental reclamation procedures and c) promote sustainable development. Each one of the reviewed themes has had its content detailed and has recommendations and conclusions.

## 1. INTRODUÇÃO

Em 1992, durante as reuniões preparatórias para a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), a ECO 92, realizada no Rio de Janeiro, ocorreram intensas discussões sobre as atividades e mecanismos econômicos especialmente impactantes para o meio ambiente e capazes de depauperar os recursos naturais. O documento denominado Agenda 21 é resultante dessas discussões, contendo inúmeras recomendações, inclusive aquelas que enfatizam a importância dos governos e organismos financeiros internacionais priorizarem políticas econômicas para estimular a sustentabilidade por meio da taxaço do uso indiscriminado dos recursos naturais, da poluição e despejo de resíduos, da eliminaço de subsídios que favoreçam a degradaço ambiental e da contabilizaço de custos ambientais e de saúde (ELDREDGE, 1999; PULITANO, 2003).

Em agosto de 2002, em Johannesburgo, na África do Sul, ocorreu a reunião da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio + 10), onde 189 países se reuniram para fazer um balanço de uma década de iniciativas para conservar os ambientes do planeta e melhorar a qualidade de vida de seus habitantes, como também para traçar novos rumos para alcançar o desenvolvimento sustentável. Porém, constatou-se nessa reunião, que não só os indicadores ambientais estão piorando, de florestas ao clima, mas que o movimento para o desenvolvimento sustentável está enfraquecido por uma crise globalizada, delineada por “uma relativa distensão das relações internacionais, permeada pela perplexidade e o novo conhecimento que as transformações geopolíticas impõem” (CAPOBIANCO, 2002; PULITANO, 2003).

Os indicadores mundiais referentes às questões ambientais, tais como florestas, biodiversidade, água, efeito estufa, consumo de energia, terras cultivadas, pobreza e população, são alarmantes. Estima-se, que desde a metade do século passado, o mundo perdeu uma quinta parte da superfície cultivável e um quinto das florestas tropicais (RELATÓRIO..., 1991). Alguns dados, compilados de HARRISON e PEARCE (2000), complementados por informações de outros autores, confirmam esse fato:

- Em 1990, havia 3,960 bilhões de hectares (ha) de florestas nas diversas regiões do planeta; em 2000, a área de florestas havia caído para 3,866 bilhões. Estima-se, de acordo com o RELATÓRIO...(1991), que a cada ano são perdidos 20 milhões de ha de florestas e

25 bilhões de toneladas de húmus por efeito da erosão, desertificação, salinização e outros processos de degradação do solo;

- Em 1992, estimava-se que cerca de 180 espécies de animais haviam sido extintas e outras mil estavam ameaçadas de extinção; desde 1992, 24 espécies (considerando apenas os vertebrados) foram extintas e 1.780 espécies de animais e 2.297 de plantas estão ameaçadas;
- Em 1990, a população do planeta usava cerca de 3.500 km<sup>3</sup> de água doce por ano; em 2000 o consumo total anual chegou a 4.000 km<sup>3</sup> (crescimento de 12,5%). Esse problema, de acordo com TUNDISI (2003), torna-se mais preocupante em face da redução do suprimento global de água com o aumento da população e dos usos múltiplos e com a perda dos mecanismos de retenção de água (remoção de áreas alagadas e das matas de galeria, desmatamento, perda de volume por sedimentação de lagos e represas);
- Em 1990, a humanidade lançava 5,827 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> na atmosfera, acentuando o aquecimento global; em 1999 as emissões tinham subido para 6,097 bilhões de toneladas (nos países ricos, de acordo com o PNUD (2003), as emissões de dióxido de carbono *per capita* são de 12,4 toneladas (t) - enquanto nos países de rendimento médio são de 3,2 t e nos países de rendimento baixo, de 1,0 t);
- Em 1992, o consumo de energia no planeta era equivalente a 8,171 trilhões de toneladas de petróleo por ano; em 2000 o consumo subiu para o correspondente a 9,124 trilhões de toneladas de petróleo por ano;
- Em 1987, a área da Terra usada para a agricultura era de 14,9 milhões de km<sup>2</sup> (297 ha/1.000 pessoas); em 1997, o número subiu para 15,1 milhões de km<sup>2</sup> (ou seja, cada grupo de mil pessoas passou a contar com apenas 259 ha). De acordo com o RELATÓRIO...(1991), apenas por conta da salinização, uma quarta parte da superfície irrigada do mundo está comprometida, aumentando os problemas relacionados à fome;
- Em 1992, o planeta tinha 5,44 bilhões de habitantes; em 2000 a estimativa é de 6,24 bilhões (um crescimento de 13% sobre 1992); e
- O único dado que apresentou uma ligeira melhora, refere-se a renda, porém ainda nada otimista: em 1992, o número de pessoas vivendo com até US\$ 1 por dia (a chamada pobreza absoluta) era de 1,3 bilhão; hoje, 1,2 bilhão de pessoas vivem com US\$ 1 por dia. Entretanto, de acordo com o PNUD (2003), dos 67 países considerados com baixo índice de desenvolvimento humano (IDH), aumentaram as taxas de pobreza em 37, de fome em 21 e a mortalidade infantil em 14. Também, dos 125 países em desenvolvimento, em 54 o rendimento *per capita* diminuiu.

Diante desse atual quadro de degradação e da consciência de que os recursos naturais são escassos, evidencia-se a urgência da busca por uma nova postura ambiental. Por essas questões, a tomada de decisão deve ser direcionada com vistas à produtividade dos recursos: a ecoeficiência. O seu conceito foi desenvolvido principalmente entre as empresas do setor privado para designar aperfeiçoamento no uso do material e redução do impacto ambiental causados durante os processos produtivos. Harmonizar as metas ecológicas com as

econômicas exige não só a ecoeficiência, mas também a observância a três princípios adicionais, todos interdependentes e a reforçarem-se mutuamente, sendo considerados importantes em iguais proporções, os aspectos: a) econômicos; b) ambientais; e c) sociais (HAWKEN et al., 1999).

Essas considerações são de extrema importância, posto que a interação do homem com o meio ambiente, quer seja ela de forma harmônica ou não, provoca sérias mudanças em nível global. A busca do crescimento econômico protegendo o meio ambiente - o ecodesenvolvimento - visando assegurar a sobrevivência das gerações futuras, na prática, tem sido um objetivo extremamente difícil de ser alcançado. Essa deve ser a busca constante, podendo ser atingida por meio das propostas do desenvolvimento sustentável, cuja definição, mais abrangente, explicita conceitos de ecoeficiência e ecodesenvolvimento (ACIESP, 1987):

modelo de desenvolvimento que leva em consideração, além de fatores econômicos, aqueles de caráter social e ecológico, assim como as disponibilidades dos recursos vivos e inanimados e as vantagens e os inconvenientes, a curto e em longo prazos, de outros tipos de ação.

Entretanto, na prática, esse modelo é de difícil implementação, diante da complexidade econômica e ecológica atuais, pois tanto as considerações sócio-econômicas como as ecológicas por parte da sociedade, empresas e governos, são individualizadas. Dessa forma, não há como chegar a um objetivo consensual, considerando haver fatores e objetivos sociais, legais, religiosos e demográficos divergentes, que também interferem na aplicação de considerações e diretrizes ecológicas às finalidades e processos de desenvolvimento (RESENDE et al., 1996). Apesar de todas essas divergências, já existe um número considerável de exemplos animadores da experiência empresarial em desenvolvimento tecnológico, econômico e comercial sustentável. Emerge nos mais diversos setores, tais como: no transporte, na construção civil, na indústria, nas explorações florestais, na agropecuária e na mineração. Porém, em um ritmo ainda abaixo do desejável e necessário.

Na verdade, a hipótese fundamental sobre as causas estruturais da crise do meio ambiente, afirmam que as modalidades de desenvolvimento predominantes nas sociedades de corte liberal ou estatista, considerando-se as curvas exponenciais de crescimento demográfico, não estariam favorecendo uma internalização efetiva das várias dimensões do meio ambiente no contexto das políticas públicas: a) de um lado, o meio ambiente é pensado como fornecedor de recursos naturais, receptor de dejetos provenientes das atividades de produção e consumo, e espaço onde se dão as interações entre processos naturais e socioculturais; e b) por outro, o meio ambiente é pensado como qualidade de habitat. Neste segundo caso, trata-se da dimensão que corresponde à infra-estrutura física e sócio-institucional capaz de influenciar as condições gerais de vida das populações em termos de habitação, trabalho, recreação e auto-realização existencial (Godard e Sachs, 1975; Sachs, 1980; CIRED, 1986; Sachs et al., 1981 *apud* VIEIRA e WEBER, 1997).

Os sistemas de cálculo para avaliação do progresso econômico, via de regra, utilizam dados de desvalorização de máquinas e equipamentos; entretanto, não consideram a desvalorização do capital natural, renováveis ou não, como o petróleo, erosão do solo e desmatamento (RESENDE et al., 1996). Existe a necessidade de um projeto integrado que contemple ao mesmo tempo, em cada nível: a) dos dispositivos técnicos aos sistemas de produção e às empresas; b) aos setores econômicos, às cidades e às sociedades de todo o mundo (HAWKEN et al., 1999). Dessa forma, para que sejam atendidas essas premissas, precisam ser analisados os dois enfoques: o econômico e o biológico, ou seja: a) o do produto nacional bruto e o de indicadores biológicos; e b) o de crescimento econômico e o de desenvolvimento e sustentabilidade da qualidade de vida (RESENDE et al., 1996).

Portanto, a busca de alternativas para o desenvolvimento sustentável, deve estar direcionada: a) à ecorreestruturação dos sistemas produtivos, com ênfase nas necessárias transformações sociais, econômicas e tecnológicas, onde a máxima prioridade política deve ser aumentar a equidade e não só o crescimento econômico; b) ao estudo da capacidade de absorção de impactos negativos pelos ecossistemas, devido à intervenção humana; c) aos acidentes naturais e suas inter-relações; e d) às questões relativas à governabilidade ambiental, no que trata de normas, processos e instituições pelas quais a sociedade civil, o estado e os países possam administrar o desenvolvimento de forma sustentável (GUNTER, 1999; PNUD, 2003). Dessa forma, um novo equilíbrio poderá ser alcançado e reduzir-se-ão as chances de origem de novos focos de degradação ambiental.

Considerando a) a quantidade de áreas degradadas ou em processo de degradação existentes; e b) o aumento da população e a conseqüente necessidade de maior produção de alimentos para atender a essa demanda crescentes, faz-se necessário a recuperação dessas áreas. Evitar-se-á que funcionem como focos de impactos ambientais/degradação e, principalmente, para que possam ser reincorporadas ao processo produtivo, evitando a abertura de novas fronteiras agropecuárias e a persistente redução dos ecossistemas naturais. Portanto, os modelos de produção e de desenvolvimento devem ser revistos, para que o desenvolvimento sustentável torne-se realidade.

Finalmente, é necessário uma última advertência sobre a conceituação e origem do termo “sustentável” que vem se generalizando desde a década passada, consagrado na CNUMAD, na ECO - 92, sendo em alguns casos mal interpretados. Sustentabilidade significa conservação do capital ambiental oferecido pela natureza, definido como os possíveis usos ou funções de nosso entorno físico, contudo, com o entendimento que devem existir questões éticas a serem respeitadas. Nesse contexto, para atingir o desenvolvimento sustentável, há que se considerar o homem como parte integrante desse ecossistema, de forma holístico-sistêmica, onde sejam atendidas as suas necessidades básicas. Deve-se, portanto, garantir a qualidade de vida das gerações atuais e, também, das gerações futuras (HUETING e REIJNDERS, 1998).

Para TUNDISI (2003), a vida continua em seu eterno ciclo. Entretanto, para se perpetuar, o homem deve incluir-se nele e dele participar, recuperando-o e mantendo-o.



## **2 . OBJETIVOS**

No Brasil, cada vez mais existe a preocupação de se formular pensamentos para a conscientização da necessidade de recuperação ambiental e, principalmente, evitar o surgimento de novas incidências de áreas degradadas.

### **2.1. Objetivo geral**

Com o intuito de auxiliar nos procedimentos de capacitação em recuperação ambiental, este estudo objetiva, principalmente, descrever a questão da degradação e recuperação ambiental no Brasil, com vistas ao desenvolvimento sustentável. Serão referenciadas as principais práticas e ferramentas utilizadas atualmente nos procedimentos de recuperação, as instituições de pesquisa envolvidas e as suas limitações, possibilitando tornar visíveis lacunas existentes, indicando diretrizes básicas para novas pesquisas e maior cooperação entre elas. A partir dessa realidade, pretende-se elaborar material didático sobre recuperação ambiental, atualizado e com informações sobre os problemas ambientais brasileiros.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Agrupar informações abrangentes sobre degradação e recuperação ambiental, posto tratar-se de uma ciência ainda jovem e o material existente encontrar-se disperso;
- Disponibilizar material didático em recuperação ambiental, auxiliando na formação acadêmica com a introdução de estudos temáticos e os seus fundamentos básicos;
- Oferecer alguma contribuição que possa ser útil aos pesquisadores, professores e extensionistas, servindo de orientação no estudo, na divulgação e na investigação dessa

ciência, favorecendo pesquisas especializadas sobre problemas pendentes de solução nesse campo, de uma maneira didática e científica;

- Possibilitar a elaboração, a partir desse material didático, de um manual resumido, porém abrangente, com aplicações práticas e atualizadas, destinado aos órgãos de extensão, para suprir a carência de informações sobre recuperação ambiental;
- Apresentar “Estudos de Caso” sobre questões atuais com o objetivo de mostrar determinadas práticas de recuperação, evidenciando o seu aspecto multidisciplinar;
- Identificar as inter-relações existentes entre degradação, recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável; e
- Propor modelos de desenvolvimento capazes de não causarem degradação e auxiliarem nos procedimentos de recuperação ambiental de maneira sustentável, gerando emprego e renda com equidade social, conservando os recursos naturais e a capacidade de regeneração dos ecossistemas, ou seja, promover o desenvolvimento sustentável.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa científica é a realização concreta de uma investigação planejada, desenvolvida e redigida de acordo com as normas da metodologia consagradas pela ciência. É o método de abordagem de um problema em estudo que caracteriza o aspecto científico de uma pesquisa (RUIZ, 1996). Existem diversas espécies de pesquisa científica, sendo que para cada uma delas existe a metodologia mais indicada.

O começo de um projeto se dá pela escolha de um problema ou assunto para estudar. Ao selecionar o problema, geralmente pouco conhecido, deve ser feita a sua delimitação, identificando a parte que será focalizada. Essa etapa consiste de uma pesquisa exploratória, cujo objetivo é a caracterização inicial do problema, a sua classificação e a sua reta definição. A partir desse momento, é iniciado o projeto de pesquisa. Constitui, dessa forma, o primeiro estágio de toda pesquisa científica, não tendo por objetivo resolver de imediato um problema, mas detectá-lo e caracterizá-lo. Desde as contribuições de Einstein, de acordo com RUIZ (1996), acredita-se que é mais importante para o desenvolvimento da ciência saber formular problemas do que encontrar soluções (CERVO e BERVIAN, 1972; RUIZ, 1996).

Como o número de publicações científicas vem sofrendo um aumento exponencial desde o início do século 20, torna-se necessário que qualquer cientista, por mais simples que seja o seu projeto, procure saber a literatura disponível relacionada ao assunto do seu problema de pesquisa. Para isso, na fase inicial da sua elaboração, é necessário fazer a **revisão bibliográfica** do assunto, com os seguintes objetivos (SERRANO, 1996; SENA, 2003):

- Saber se alguém já publicou as respostas à questão em pauta, para decidir da pertinência de repetir uma investigação com objetivos idênticos;
- Adquirir conhecimento básico e atualizado sobre o assunto objeto da pesquisa;
- Saber quais os métodos utilizados em investigações similares, para decidir sobre o melhor método a utilizar; e
- Quando se pretende enveredar por um estudo de desenho experimental ou analítico, no qual lançam-se hipóteses sobre a associação entre variáveis, a revisão bibliográfica permite enquadrar o estudo num modelo de causalidade e, assim, diferenciar quais serão as variáveis de exposição, de resposta e, sobretudo, as variáveis interferentes.

Fazer uma boa revisão bibliográfica exige certa experiência e familiaridade com a área pesquisada, principalmente com os autores que mais publicam sobre o assunto investigado, suas instituições e os principais periódicos onde divulgam suas pesquisas (SENA, 2003). A pesquisa bibliográfica consiste no exame do manancial de livros, artigos e documentos, para levantamento e análise do que já se produziu sobre determinado assunto que é assumido como tema da pesquisa científica (RUIZ, 1996).

Considerando ser este trabalho uma revisão bibliográfica, respeitados os cuidados ora discutidos, serão apresentados os passos aqui utilizados.

### **3.1. Etapas da pesquisa bibliográfica**

O primeiro passo foi a escolha do assunto, recuperação ambiental (RA), em face da carência de material específico nessa área. Ao contrário de outras ciências, que dispõem de inúmeras obras para pesquisa, em recuperação ambiental os trabalhos ainda estão bastante dispersos e fragmentados, com muitas lacunas carentes de informações. Para orientar os passos seguintes, o assunto foi delimitado e determinado o aspecto sob o qual receberia o foco principal.

Para isso, foram considerados alguns critérios e princípios relevantes (CERVO e BERVIAN, 1972; RUIZ, 1996):

- Tempo - considerando o período disponível, é fundamental administrá-lo para fazer uma boa revisão bibliográfica. Deve ser despendido, criteriosamente, procurando, selecionando e lendo diversos artigos, que incitem novos questionamentos e incrementem o projeto e a sua importância.
- Contatos iniciais - inicialmente, devem ser procurados pesquisadores da área escolhida que forneçam sugestões úteis para o direcionamento da pesquisa. Nos cursos de pós-graduação, a medida que as disciplinas selecionadas comecem a ser cursadas, os professores e conselheiros passam a auxiliar sobre quais obras consultar. A participação em seminários, palestras e cursos de grupos que trabalham com o mesmo assunto, bem como a utilização da "internet", é útil para o enriquecimento da pesquisa.
- Biblioteca - as bibliotecas pesquisadas contribuem não somente com os periódicos, mas também com os recursos necessários à revisão bibliográfica. Atualmente, os principais recursos estão na "internet" e, com o auxílio de índices, permitem um sistema de busca de artigos por meio de palavras-chave de obras publicadas em várias partes do mundo. Para a melhor eficiência da pesquisa bibliográfica, deve-se utilizar uma forma seqüencial de busca, com palavras-chave de termos específicos, evitando prejudicar a objetividade do trabalho.

O acervo de textos escrito é dividido em duas classes de obras (CERVO e BERVIAN, 1972; RUIZ, 1996):

Fontes - são os textos originais ou textos de primeira mão sobre determinado assunto. A partir desses textos, pela importância que tiveram ou que lhes atribuíram, gerou toda a literatura, mais ou menos ampla; e

Bibliografia ou trabalhos - é o conjunto das produções escritas para esclarecer as fontes, ou seja, qualquer estudo científico com o objetivo de divulgá-las, analisá-las, refutá-las ou para estabelecê-las. Logo, é toda a literatura originária de determinada fonte ou a respeito de determinado assunto.

Este trabalho, o que deve ser uma regra para toda a pesquisa bibliográfica, abrangeu fontes e bibliografias sobre o assunto em exame.

- Tendências e preferências pessoais - os assuntos devem ser escolhidos de acordo com a necessidade e também satisfazendo a linha de tendências e preferências pessoais. Esse aspecto é fundamental para a motivação, a dedicação, o empenho, a perseverança e a decisão para superar obstáculos e promover os ajustes necessários ao assunto.
- Relevância - devem ser escolhidos os assuntos de maior relevância, que possam trazer contribuição efetiva para a área pesquisada. Visar-se-ão contribuições objetivas para esclarecer melhor o problema, buscando cobrir lacunas existentes no tema considerado relevante, pelo seu conteúdo e pela sua atualidade.

### **3.1.1. Estabelecimento de linhas mestras e pesquisa exploratória**

Por meio de literatura específica e de qualidade reconhecida, elaborou-se as linhas mestras da pesquisa, de forma a evidenciar as lacunas existentes. Essa parte corresponde a uma leitura exploratória, para uma análise preliminar.

Uma seleção inicial foi feita pela leitura do título, do seu resumo ou “abstract”, e por uma revisão rápida de suas figuras, tabelas e conclusões. A partir desta seleção, observou-se quais periódicos publicam mais frequentemente os artigos de maior relevância. A quantidade de artigos disponíveis sobre assuntos ambientais é quase inesgotável; portanto, analisou-se apenas as obras estritamente relacionadas ao tema proposto do trabalho.

### **3.1.2. Levantamento e seleção de material**

Apesar da pouca quantidade de material escrito, na língua portuguesa, específico sobre recuperação ambiental, fez-se um levantamento do existente. A revisão bibliográfica, inicialmente, foi efetuada nos livros de texto e tratados, obras de referência que auxiliem na conceituação, ou seja, na definição de termos técnicos e que dêem uma visão geral sobre o tema. Foi lido o que há de mais atual sobre o assunto, tais como edições recentes de revistas e periódicos e, por meio da consulta à teses de mestrado e de doutoramento, ainda não divulgadas por meio de artigos científicos.

Para identificar esses artigos, também foi feita a pesquisa nas fontes secundárias (publicações que indexam a informação bibliográfica de inúmeros artigos, por assunto,

palavras-chave, autores, revistas, periódicos estrangeiros, relatórios e documentos governamentais e de empresas, entre outros). As pesquisas em computador também foram utilizadas. Essas fontes secundárias incluem os resumos dos artigos, o que possibilita obter uma idéia sobre aqueles promissores, mediante um critério prévio de seleção.

Finalmente, usou-se a estratégia de pesquisa bibliográfica em árvore, que segundo SERRANO (1996), quando num artigo interessante é verificado que existem referências bibliográficas sobre um determinado assunto, tenta-se ascender aos artigos citados. Este método pode clarificar aspectos e pormenores importantes, evitando-se, entretanto, o defeito de depender demasiadamente da pesquisa bibliográfica de um só artigo ou autor.

### **3.1.3. Organização dos temas e assuntos**

Após a seleção completa dos assuntos e feita toda a coleta de material, organizou-se o conteúdo em capítulos, equilibrando os diversos temas de enfoque, delimitando-os provisoriamente.

### **3.1.4. Redação e organização das informações bibliográficas**

O processo de redação dos capítulos, incluindo bibliografia, títulos e assuntos, foi criterioso. Uma referência errada ou incompleta não terá valor para quem quiser utilizá-la após ler a revisão bibliográfica na introdução de um trabalho, podendo comprometer a própria imagem de pesquisador. Dessa forma, os dados bibliográficos foram cuidadosamente checados.

### **3.1.5. Revisão do texto**

Além da revisão ortográfica, mereceu destaque a reestruturação e o aperfeiçoamento final. Nessa fase, ao reler o material, na linha das idéias principais e dos detalhes importantes, estabelecidos pelo primeiro projeto da pesquisa, para descobrir lacunas, definiu-se, nesse trabalho, a introdução de “Estudos de Caso”, para melhor visualização dos procedimentos de recuperação ambiental, além de funcionar como recurso didático.

### **3.1.6. Elaboração do texto final**

Uma vez acumuladas informações suficientes na revisão bibliográfica, organizou-se um texto que proporcionou em ordem cronológica, uma perspectiva histórica do que aconteceu nessa área. Pela complexidade do tema, buscou-se organizar, também em tópicos, a revisão bibliográfica. Depois, foi distribuída para cada tópico a informação acumulada nas fichas dos artigos. Em seguida, foram feitas as conexões necessárias para que o produto final fosse transformado em um texto consistente e interessante.

### **3.1.7. Conclusão**

A conclusão é a foz da pesquisa, conseqüentemente, todos os passos da análise, da discussão, da demonstração convergiram nessa direção, para a incorporação final dos objetivos propostos. A conclusão foi breve, condizente com o corpo do trabalho e exposta espontaneamente. A idéia principal teve por finalidade reafirmar sinteticamente a idéia principal e os detalhes mais importantes já citados, sem maiores análises ou comentários, ressaltando o alcance e as conseqüências dos esclarecimentos prestados pela pesquisa e os méritos dos “achados”, com indicações e aberturas para novas pesquisas.

### **3.1.8. Recomendações**

As recomendações seguiram análises e entendimentos pessoais, adquiridos por meio da pesquisa e da vivência, algumas capazes de criar polêmicas e sugerirem as propostas de transformações necessárias. Esse é um dos objetivos de uma revisão bibliográfica: estimular a criatividade, porém ancorada na realidade descrita no corpo do trabalho.

### **3.1.9. Introdução**

Definido o texto final, após várias leituras e correções em seu corpo, foi feita a introdução. Esta teve por finalidade apresentar o problema estudado, acenando para o seu estágio de desenvolvimento e para a relevância da pesquisa realizada. De acordo com RUIZ (1996), deve conter os seguintes itens:

- Apresentação do estágio de desenvolvimento do assunto mediante ao que já se escreveu sobre ele;
- Referência às possibilidades de contribuição da pesquisa agora desenvolvida, contudo sem enunciar soluções ou conclusões chegadas;
- Enfoque da idéia central que gerenciou a pesquisa e do roteiro obedecido para atingir este propósito;
- Destaque das fontes e bibliografia fundamentais pesquisadas; e
- Delimitação clara do campo da pesquisa e colocação das partes componentes do corpo do trabalho, com breves justificativas.

Apesar de aparecer no início do trabalho, é a última parte a ser definitivamente redigida. Deve ser extremamente bem elaborada e bem cuidada, tendo como características principais a brevidade, a segurança e a modéstia, acenando para o histórico da questão, sem reconstituí-lo. Deve despertar confiança com relação à seriedade e à validade da pesquisa. Por meio dessa primeira imagem do trabalho, que os leitores e examinadores terão o interesse desperto pelo conteúdo.

### **3.2. Estudo de Caso**

A teoria adquire vida quando é aplicada ao entendimento dos fatos da realidade. Os estudos de caso fundamentados na metodologia proposta por YIN (1988), distribuídos pelos capítulos, foram os mais importantes instrumentos didáticos da dissertação. A intenção, ao adicionar esses estudos, foi garantir a visualização da aplicação da teoria à prática.

#### **3.2.1. Introdução**

O Estudo de Caso é um dos vários modos investigatórios de realizar uma sólida pesquisa científica. Outros modos incluem: a) experimentações vivenciadas; b) histórias; e c) a análise de informações de arquivos. Cada estratégia tem vantagens e desvantagens que dependem de três condições: 1) do tipo de foco da pesquisa; 2) do controle que o investigador tem sobre eventos comportamentais atuais; e 3) do enfoque no contemporâneo ao invés de fenômenos históricos. Em geral, Estudos de Caso se constituem na estratégia preferida quando o "como" e, ou, o "por que" são as perguntas centrais, em casos onde o investigador tenha um reduzido controle sobre os eventos, e quando o enfoque está em um fenômeno contemporâneo dentro de algum contexto que ocorreu na realidade.

O Estudo de Caso pode ser a) exploratório; b) descritivo; c) ou explanatório (causal). São mais freqüentes aqueles com propósitos exploratório e descritivo. A estratégia de pesquisa dependerá: a) do tipo de questão da pesquisa; b) do grau de controle que o investigador tem sobre os eventos; c) ou do foco temporal (eventos contemporâneos versus fenômenos históricos).

#### **3.2.2. O Estudo de Caso como estratégia de pesquisa**

Como uma estratégia de pesquisa, o Estudo de Caso é usado nas mais diversas áreas. A meta geral é ajudar os investigadores a lidar com algumas das perguntas mais comuns - e por vezes difíceis de serem apontadas - tais como: a) definir o alvo do Estudo de Caso; b) determinar os dados pertinentes a serem coletados; e c) que tipo de tratamento deve ser dado aos dados uma vez coletados. Em todas estas situações, a estratégia de Estudos de Caso pode contribuir para aumentar o entendimento de fenômenos sociais complexos.

Em resumo, o Estudo de Caso permite uma investigação das características significantes de eventos vivenciados, visando apreender uma determinada situação por meio de técnicas de coleta de informações variadas, tais como observações, entrevistas e documentos. Geralmente, o Estudo de Caso é usado e preferido quando:

- O tipo de questão de pesquisa é da forma interrogativa;
- O controle que o investigador tem sobre os eventos é muito reduzido; ou
- O foco temporal está em fenômenos contemporâneos dentro do contexto de vida real.



A necessidade de se utilizar a estratégia de pesquisa “Estudo de Caso” deve nascer do desejo de entender um fenômeno social complexo. Assim, um Estudo de Caso é uma pesquisa fundamentada em coleta objetiva de dados e informações que investiga:

- Um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real;
- As fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente evidentes; e
- As múltiplas fontes de evidências que podem ser utilizadas.

### **3.2.3. Características do Estudo de Caso**

- Permitir evidenciar a validade e a confiabilidade do estudo;
- Procurar generalizar proposições teóricas (modelos) e não proposições sobre populações;
- Procurar descobrir novos problemas e possibilita sugerir hipóteses fecundas;
- Geralmente é qualitativo na coleta e no tratamento dos dados; e
- Nem sempre é necessário recorrer a técnicas de coleta de dados que consomem tempo demasiado, a não ser que sejam visadas particularidades específicas, incluindo suas relações e suas variações, sendo necessário recorrer a métodos quantitativos.

A essência de um Estudo de Caso, ou a tendência central de todos os tipos de Estudo de Caso, é que eles tentam esclarecer uma decisão ou um conjunto de decisões: a) Por que elas foram tomadas?; b) Como elas foram implementadas?; e c) Quais os resultados alcançados?

### **3.2.4. Aplicações do Estudo de Caso**

- Explicar ligações causais em intervenções ou situações da vida real que são complexas demais para tratamento por meio de estratégias experimentais ou de levantamento de dados;
- Descrever um contexto de vida real no qual uma intervenção ocorreu;
- Avaliar uma intervenção em curso e modificá-la com base em um Estudo de Caso ilustrativo; e
- Explorar aquelas situações nas quais a intervenção não tem clareza no conjunto de resultados.

### **3.2.5. Critérios para julgar a qualidade do delineamento do Estudo de Caso**

- Validade Interna: estabelecer o relacionamento causal que explique que em determinadas condições (causas) levam a outras situações (efeitos). Deve-se testar a coerência interna entre as proposições iniciais, desenvolvimento e resultados encontrados.
- Validade Externa: estabelecer o domínio sobre o qual as descobertas podem ser generalizadas.

- Confiabilidade: mostrar que o estudo pode ser repetido obtendo-se resultados semelhantes. O protocolo do Estudo de Caso e a base de dados do estudo são fundamentais para os testes que indicam confiabilidade.

### **3.2.6. Preparação para a condução de um Estudo de Caso**

- Capacitar o investigador - para garantir que o investigador tenha as habilidades desejadas para extrair do caso as informações relevantes por meio de procedimentos fortemente baseados na percepção e na capacidade analítica;
- Adquirir ou aperfeiçoar conhecimentos sobre os assuntos que estão sendo estudados - como a coleta e a análise ocorrem ao mesmo tempo, atua-se como um detetive que trabalha com evidências convergentes e inferências. O investigador deve ter uma postura de neutralidade para evitar a introdução de vieses ou de noções preconcebidas. Dessa forma, sempre que possível, deve-se documentar os dados coletados.

O protocolo do Estudo de Caso é mais que um instrumento: contém os procedimentos e as regras gerais que deverão ser seguidas. A sua função é aumentar a confiabilidade da pesquisa, servindo como guia para o investigador ao longo das atividades do estudo. O protocolo deve ser composto das seguintes seções:

- Visão geral do projeto de Estudo de Caso: devem apresentar, de forma sumária, informações sobre o “background” teórico que sustenta o estudo; e
- O coração do protocolo consiste em um conjunto de questões que refletem as necessidades da pesquisa. Essas questões diferem daquelas formuladas para um levantamento por duas razões: a) as questões são formuladas para o investigador; e b) cada questão deve vir acompanhada por uma lista de prováveis fontes de evidência. Essas fontes podem incluir entrevistas individuais, documentos ou observações. A associação entre questões e fontes de evidência é extremamente útil na coleta de dados.

### **3.2.7. Fontes de evidências**

- Documentos: a pesquisa documental deve constar do plano de coleta de dados. O material coletado e analisado é utilizado para corroborar evidências de outras fontes e, ou, acrescentar informações.
- Registros em arquivos: além dos instrumentos já enunciados para evidenciar a realidade que se deseja estudar, tem-se: a) a observação direta; b) observação participante; e c) o uso de artefatos físicos.

#### **3.2.7.1. Princípios para a coleta de dados**

- Usar múltiplas fontes de evidência;
- Construir, ao longo do estudo, uma base de dados; e
- Formar uma cadeia de evidências.

### **3.2.7.2. Análise das evidências**

A análise das evidências é o menos desenvolvido e mais difícil aspecto da condução de um Estudo de Caso. O sucesso depende muito da experiência, perseverança e do raciocínio crítico do investigador para construir descrições e interpretações que possibilitem a extração cuidadosa das conclusões. O papel da estratégia geral é ajudar o investigador a escolher entre diferentes técnicas e a completar com sucesso a fase analítica da pesquisa. Há duas maneiras de se formatar a estratégia geral: a) basear-se nas proposições teóricas - referencial teórico; ou b) desenvolver uma criativa descrição do caso.

### **3.2.8. Composição do relato do Estudo de Caso**

A redação do caso exige esforço e habilidade de redigir. Um bom relato começa a ser composto antes da coleta de dados. Na verdade, várias decisões envolvendo a redação devem ser tomadas nas fases anteriores, para que se aumente a chance de produção de um estudo de qualidade. O formato do relatório advindo do Estudo de Caso, tais como monografia ou dissertação, não carece de ser apresentado do modo tradicional: introdução, questão de pesquisa, objetivo, hipótese, revisão da bibliografia, metodologia, análise dos resultados e conclusões. Não há um formato único. O estilo de se construir o relatório dependerá da criatividade e engenhosidade do autor.

### **3.2.9. Método de um Estudo de Caso misto (usado nesse trabalho)**

- Preparação - dentre as etapas que serão vistas, a Preparação é de grande importância, na medida que constrói-se um alicerce sólido do estudo, não sendo permitido falhas. No Estudo de Caso, se a preparação não for suficientemente sólida e falhas forem apontadas sem serem tratadas, todo estudo comprometer-se-á.
- Desenvolvimento da teoria - o Estudo de Caso é uma construção apropriada sob várias circunstâncias: 1) é análogo a um experimento, e muitas das mesmas condições que também justificam uma experiência justificam um Estudo de Caso, tanto na simplicidade, quanto em passos para uma construção positiva. Assim, uma razão para se adotar um Estudo de Caso é quando se deseja representar uma peça cuidadosamente testada em uma teoria bem formulada. Dessa forma, o caso pode ser usado para determinar se as proposições de uma teoria estão corretas, ou se algum jogo alternativo de explicações poderia ser mais pertinente.
- Seleção do caso e preparação para seleção de dados - diante dos objetivos já traçados, a seleção do caso requer um cuidado muito grande, pois não se trata simplesmente de uma escolha visual ou preceptiva, devendo estar apoiada na seleção do assunto que se quer focalizar. Atenção especial deve ser dada quanto ao foco que se deve adotar em casos que há mais de um foco pertinente: opta-se por aquele mais abrangente, pois é nele que se

terá uma visão mais ampla do objetivo do estudo. Dentro de alguns estudos foram incorporadas sub-unidades de análises.

- Desenvolvimento - é a fase que mais traz insegurança para o investigador, pois se tem uma coleção de dados, tabelas, processos históricos e outros materiais que serão utilizados de formas, muitas vezes diferentes, mas que deverão chegar em um ponto comum.

### ➤ **Condução do Estudo de Caso**

Estabelecido o foco principal das investigações, as decisões devem ser tomadas de maneira objetiva, para que o foco do estudo não seja desviado. Enumeram-se as prioridades e a forma para que se possa abstrair do banco de dados tudo aquilo que diretamente ou indiretamente seja usado no desenvolvimento do caso:

- Documentos - a sua coleção trouxe uma forma mais verdadeira para o estudo como também uma nova posição direcional para seu caso. Mesmo com um banco de dados favorável, o importante é que eles estabeleçam uma conexão sólida: para isso presta-se atenção no ciclo que é formado. Tal ciclo preserva os objetivos que uma vez foram explanados na teoria do estudo.
- Desenvolvimento escrito de um relatório do caso - concluída a captação para o banco de dados, o trabalho passa a ser direcionado para o começo da redação das conclusões. A maneira utilizada, nesse trabalho, foi o desenvolvimento escrito de um relatório do caso.
- Finalização - atenção, bom senso e imparcialidade foram as principais estratégias para finalizar o trabalho.
- Padronização, modificação teórica e finalização - como resultado da discussão, a padronização prioriza aquilo que o estudo tem de melhor, tanto em argumentos quanto em reformulação teórica. Nesse caso: a) seleção do caso; b) introdução; c) apresentação do problema estudado; d) desenvolvimento da teoria; e) preparação e seleção dos dados; f) condução do Estudo de Caso; g) estabelecimento; h) conexões de dados; e i) análise do caso baseado no objeto de pesquisa.

Embora tenha sido utilizada essa seqüência em alguns dos Estudos de Caso deste trabalho, sendo esta uma das maneiras mais claras de apresentação, outros foram produzidos dentro da necessidade e do objetivo de direcionamento do assunto investigado.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **CAPÍTULO I**

#### **4.1. A degradação ambiental pelo fator antrópico**

##### **4.1.1. Objetivo**

O objetivo deste capítulo é descrever a evolução da degradação ambiental promovida pelas atividades antrópicas ao longo da História. Objetiva também:

- Identificar a importância do capital natural e a interferência antrópica imposta ao meio ambiente, particularmente após a Revolução Industrial;
- Visualizar os principais fatores de desequilíbrio e as suas conseqüências sócio-ambientais;
- Mostrar a importância dos modelos de produção para a sustentabilidade dos sistemas;
- Definir e avaliar impactos ambientais; e
- Identificar as principais fontes e atividades antrópicas promotoras de degradação ambiental e a adoção de medidas preventivas.

Dessa forma, conhecer a origem da degradação ambiental, identificar e avaliar os seus impactos ambientais propiciará condições para evitá-los. Também, permitirá determinar os procedimentos e passos necessários para a escolha dos meios mais favoráveis à recuperação ambiental, garantindo o seu sucesso com resultados efetivos e duradouros.

##### **4.1.2. Introdução**

A perturbação e a degradação do solo, resultantes das atividades antrópicas, ocorre desde tempos remotos, sendo que as causas que produziram tais distúrbios foram as mais variadas: a) o desmatamento e a pecuária, causaram problemas severos de erosão durante os períodos clássicos grego e romano; b) o modelo inca, incluindo práticas conservacionistas do solo e da água, desmoronou por questões político-militares: com a destruição do império de Atahualpa pelos espanhóis e a introdução de novas culturas e tecnologias, além de outras

prioridades; c) o modelo agrícola dos sumérios, esgotou-se devido à salinização dos solos decorrente da prática de irrigação (TOY e DANIELS, 1998); d) o modelo romano, pelo desprovimento de cuidados com as florestas e sua preocupação única com conquistas (PERLIN, 1992); e e) vários modelos ou sistemas agrícolas fracassaram ou foram destruídos pelas pressões provocadas pelo aumento da população (WEID, 1996). A demanda cada vez mais acentuada por terras férteis, planas e agricultáveis, tem reduzido de forma acentuada as formações vegetais, pressionando drasticamente os recursos naturais. A expansão demográfica atingiu grandes proporções nestas últimas décadas, como pode ser observado no Quadro 1, preocupando em termos de produção de alimentos que garantam a segurança alimentar.

QUADRO 1 - Crescimento da população mundial

Ano	População (milhões de hab.)	Taxa de crescimento anual (%)
1650	500	Não disponível
1800	900	0,16
1850	1200	0,53
1900	1600	0,64
1950	2500	0,89
1990	5250	1,60
1999	5947	1,00
2001	6134	1,00

Fonte: Banco Mundial (2000/2001) e ONU (2001).

Mesmo tendo havido, recentemente, queda na taxa de crescimento, ainda impressiona o tempo necessário, cada vez mais reduzido, para acréscimo da população, como se pode observar no Quadro 2.

QUADRO 2 - Tempo necessário para acrescentar mais 1 bilhão à população mundial

Ordem (bilhão)	Tempo necessário (anos)	Ano em que atingiu ou atingirá (projeção)
Primeiro	2.000.000	1830
Segundo	100	1930
Terceiro	30	1960
Quarto	15	1975
Quinto	11	1986
Sexto	9	1995

Fonte: Nações Unidas, *apud* BROWN (1990).

Ainda, pode-se considerar como fator agravante, o fato deste aumento ter sido mais significativo nos países subdesenvolvidos. A situação pode tornar-se ainda mais drástica sob determinadas situações, como no Kuwait, por não possuir suprimento de água e apresentar acelerado crescimento populacional, como se pode observar no Quadro 3.

QUADRO 3 - População, tempo necessário para a sua duplicação e suprimento de água

Países	Suprimentos de águas renováveis (m <sup>3</sup> /pessoa)	População (milhões)	Tempo de duplicação da população (anos)
Bélgica	840	10,0	347
Holanda	660	15,2	147
Singapura	210	2,8	51
Kuwait	0	1,4	23
Argélia	730	26,0	27
Ruanda	820	7,7	20
Quênia	560	26,2	19

Fonte: Modificado de POSTEL (1997).

Somados a esse desproporcional crescimento, historicamente, o descuido do homem com os recursos naturais, como nas atividades agropecuárias. Primitivamente, e em alguns casos nos dias atuais, baseava-se no extrativismo predatório, com a derrubada de matas nativas e o uso do fogo para a implantação de atividades agrícolas. Posteriormente, quando se tornavam menos produtivas, eram direcionadas à pecuária com a introdução de pastagens sem a devida utilização de práticas conservacionistas e de manejo. Na verdade não havia preocupação com a conservação ambiental, quando eram utilizadas grandes áreas para atender às suas necessidades. Com o excesso de pastoreio, acima da capacidade de suporte (densidade máxima teórica que um determinado sistema é capaz de sustentar), ocorria, entre outros, a compactação do solo. Dessa forma, a produtividade caía a tal ponto que inviabilizava o funcionamento do sistema, causando a sua degradação. O maior problema resultante desse procedimento era a sua contínua repetição, impactando locais diversos, direta e indiretamente, reduzindo a biodiversidade, afetando drasticamente a qualidade, a quantidade e a distribuição dos recursos hídricos, com reflexos nos dias atuais. No Quadro 4 pode-se observar a drenagem de águas pluviais e a sua distribuição, influenciadas por interferência humana que alteraram o ciclo da água em diversas regiões e países, identificando projeções dessas alterações afetando a sua disponibilidade.

QUADRO 4 - Drenagem pluvial anual per capita de 10 países em 1983, com projeções para 2000

País	1983 (1.000m <sup>3</sup> )	2000 (1.000 m <sup>3</sup> )	Alterações (%)
Suécia	23,4	24,3	+4
Noruega	91,7	91,7	0
Japão	3,3	3,1	-6
União Soviética	16,0	14,1	-12
Estados Unidos	10,0	8,8	-12
China	2,8	2,3	-18
Índia	2,1	1,6	-24
Brasil	43,2	30,2	-30
Nigéria	3,1	1,8	-42
Quênia	2,0	1,0	-50

Fonte: Modificado de POSTEL (1997).

Estima-se, atualmente, que 120 mil Km<sup>3</sup> de água doce com potencial de utilização pelo homem, encontram-se contaminados; para 2050, espera-se uma contaminação de 180 mil Km<sup>3</sup>, caso persista a poluição. O problema se agrava quando ocorre contaminação das águas subterrâneas, composta por várias substâncias ou elementos, dificultando seriamente a sua recuperação. Mais de 1 bilhão de pessoas têm problemas de acesso à água potável e 2,4 bilhões não têm acesso ao saneamento básico, aumentando os riscos de contaminação, tanto das águas de superfície, como das subterrâneas. Em função dessa realidade, a diversidade global dos ecossistemas aquáticos vem sendo significativamente reduzida. Mais de 20% de todas as espécies de água doce estão ameaçadas ou em perigo, devido, principalmente, ao desmatamento, com vistas à abertura de novas fronteiras agropecuárias, construção de barragens e urbanização, causando diminuição do volume de água e danos por poluição e contaminação (UNESCO, 2003).

Recentemente, impactos relevantes ocorreram com a implantação de modelos de desenvolvimento acelerados, como no Cerrado brasileiro, no final da década de 60 e início da década de 70. Estima-se que o povoamento naquela região teve início há mais de 11.000 anos, quando caçadores e coletores, adaptados às condições ambientais, exploravam o que a natureza lhes propiciava. Com o decorrer do tempo, os índios desenvolveram uma agricultura tipicamente rudimentar, porém pouco impactante, num período que vai até a chegada do homem europeu, no século XVIII, atraídos pela mineração. Em seguida, cresceu a pecuária extensiva e, em menor escala, a agricultura de subsistência em suas terras mais férteis. A partir de 1960, com a construção de Brasília, chegou o progresso trazendo significativas mudanças no modo de vida da população e promovendo profundas transformações agrícolas, com a implantação do modelo agroquímico (RESENDE et al., 1996).

Na região Centro-Oeste, com a ajuda do governo, por intermédio do Conselho de Desenvolvimento da Pecuária (CONDEPE), a partir da década de 60, os cerrados foram transformados numa imensa pastagem. A implantação ocorria por meio de subsídios para o cultivo de plantas desbravadoras, como o arroz, transformando-se em pastagem posteriormente, e mais tarde, monocultivos de soja. Em 1995, por estimativa da EMBRAPA, dos potenciais 60 milhões de ha de pastagens nos cerrados, 80% são consideradas áreas degradadas. Desse total, 41 milhões eram pastagens do gênero *Brachiaria* sp., formando os extensos e extensivos latifúndios pecuários. Por esse motivo, a degradação dos solos é um dos principais problemas ambientais atual do cerrado. Manifesta-se pela perda da capacidade de carga das pastagens, pela infestação de cigarrinhas, pelo avanço da compactação, pela eliminação das matas ciliares, pela degeneração das espécies de gramíneas e pelo avanço das invasoras. O superpastejo e a compactação podem fazer pressão ainda maior sobre as áreas de preservação permanente resultando em perdas de solo, com assoreamento de leitos de rios e riachos (SHIKI, 2003).

Recentemente, o mesmo processo vem acontecendo na Região Norte do país. Nas últimas décadas, a expansão da atividade pecuária em áreas de floresta foi considerada pioneira para a ocupação da Amazônia, resultado do desenvolvimento do sistema viário, das pressões



políticas e sócio-econômicas de outras regiões do país, estimulados com os incentivos governamentais. No entanto, a expansão desordenada tem apresentado como consequência a degradação das pastagens, um dos fatores mais importantes que contribuem para a baixa eficiência biológica e econômica desse sistema de uso da terra (SIMÃO NETO e DIAS FILHO, 1995). Estima-se, atualmente, que 62% das áreas desflorestadas na região amazônica foram destinadas a empreendimentos pecuários, onde foram implantados cerca de 25 milhões de ha de pastagens. Desse total, calcula-se que a metade está degradada ou em processo de degradação (SERRÃO et al., 1993). Neste contexto, o estado de Rondônia já perdeu pelo menos 21% de sua cobertura florestal original, que representa cerca de 4 milhões de ha, dos quais aproximadamente 63%, encontram-se abandonados na forma de capoeira ou foram transformadas em pastagens, que via de regra, encontram-se em diferentes estádios de degradação (TOWNSEND et al., 2001).

Com a introdução do modelo agroquímico, na década de 60, a agricultura atingiu um sofisticado nível de mecanização, incorporando tecnologias de manejo de solo e melhoramento genético, mas com o uso intensivo e abusivo de equipamentos pesados. Dentro dessa necessidade de obtenção de vantagens imediatas, os processos de mudanças vieram acompanhados dos problemas, tais como a erosão, a poluição, a proliferação de pragas e doenças por falta de seus inimigos naturais. Isso passa a exigir uma quantidade excessiva de insumos, que podem produzir sérias modificações no meio ambiente, inclusive, a ocorrência de impactos ambientais/degradação.

Uma das principais consequências nocivas da implantação desse modelo foi o desflorestamento, resultando na redução da biodiversidade. De acordo com o IBAMA (2003), o Brasil apresenta a maior diversidade do planeta, com aproximadamente 70% das espécies vegetais e animais, distribuídas nos biomas e nas diversas formações florestais brasileiras. Entretanto, existem algumas regiões onde remanescentes da vegetação natural são mínimas ou inexistentes, interferindo no controle biológico espontâneo, em face da destruição de habitats naturais. Nesses locais, o manejo inadequado desta vegetação restante, tem provocado a extinção de espécies endêmicas da flora e da fauna, devido à alteração da estrutura e composição vegetacional. Também, vêm reduzindo ou mesmo levando à escassez de matéria-prima para a produção de madeira e do carvão vegetal; eliminando espécies medicamentosas, frutíferas nativas e leguminosas com potencial forrageiro; além de muitas outras espécies úteis dessas formações. De acordo com PEREIRA (1999), fragmentos que possuem área inferior a 10 ha, apresentam até 90% de sua área afetada pelo efeito de borda (segundo ALMEIDA JÚNIOR (1999), fragmentos mais arredondados - com valores de índice de circularidade (IC) maior que 0,8 e quanto mais próximos a 1 (um) - apresentam menor relação borda/interior, portanto, sujeitos a um menor efeito de borda).

Entre os diversos problemas advindos da retirada da cobertura florestal, além da redução da biodiversidade, destacam-se (PERLIN, 1992): a) o esgotamento dos estoques de lenha (fonte primária de energia para 75% da população dos países em desenvolvimento); b) as inundações severas; c) a degradação acelerada do solo; d) a erosão e a desertificação

gradativa; e e) a redução da produtividade primária da terra. Esses problemas tornam-se mais graves nos países subdesenvolvidos. De acordo com o RELATÓRIO...(1991), nas economias industrializadas, os problemas ambientais geralmente estão associados à poluição, cujas políticas ambientais são orientadas para a reversão desse quadro, evitando o agravamento da degradação. Com essas medidas, são restaurados os padrões de qualidade de água, ar e solo anterior à crise. Nos países subdesenvolvidos, a crise ambiental está diretamente associada ao esgotamento de sua base de recursos. Por esse motivo, segundo esse documento, as suas políticas deveriam dar prioridade à gestão racional dos recursos naturais.

Atualmente, sabe-se que fatores naturais, como as alterações climáticas, também tiveram e têm influência sobre a vegetação original. Mostram que a natureza apresenta-se em forma permanentemente evolutiva, promovendo a diversificação biológica, em que espécies são substituídas e a dominância alterada, num processo lento e espontâneo ao longo de centenas de anos. Assim, os organismos se adaptam ao ambiente físico e, por meio da sua ação conjunta nos ecossistemas, também adaptam o ambiente geoquímico de acordo com as suas necessidades biológicas. Dessa forma, fazem com que as comunidades de organismos e seus ambientes evoluam e desenvolvam-se conjuntamente, tal como nos ecossistemas. Porém, a intervenção antrópica, principalmente com o desenvolvimento tecnológico acelerado das últimas décadas, tem quebrado essa dinâmica natural das formações originais, suprimindo-as e criando em seus lugares paisagens altamente modificadas, numa forma não sincronizada para o homem com o ambiente. Geralmente, essas alterações são nocivas, reduzindo a resistência (capacidade de um sistema se manter frente a um distúrbio ou estresse) e a resiliência (potencial que o sistema tem de se regenerar ao sofrer um estresse ou distúrbio) dos ecossistemas (ODUM, 1988; RESENDE et al., 1996).

#### **4.1.3. O capital natural**

Os recursos naturais, de acordo com BELLIA (1996), são..."os elementos naturais bióticos e abióticos de que dispõe o homem para satisfazer suas necessidades econômicas, sociais e culturais".

Então, o capital natural compreende todos estes recursos usados pela humanidade, tais como o solo, a água, a flora, a fauna, os minérios e o ar. Abrange também, os ecossistemas, tais como as pastagens, as savanas, os mangues, os estuários, os oceanos, os recifes de coral, as áreas ribeirinhas, as tundras e as florestas tropicais. Estes, em todo o mundo e num ritmo sem precedentes, estão se deteriorando e tendo a sua biodiversidade reduzida, conseqüência da poluição ambiental gerada pelo atual modelo de produção e desenvolvimento agropecuário, florestal e industrial (HAWKEN et al., 1999). Durante todo o período em que o Brasil esteve sob o domínio da Coroa Portuguesa, aproximadamente 350 anos, foram destruídos 15Km<sup>2</sup> de florestas para a extração do pau-brasil; a partir das décadas de 70/80 aos dias atuais, são desmatados 25Km<sup>2</sup> ao ano, apenas na Região Amazônica (PERLIN, 1992).

A humanidade herdou um acúmulo de 3,8 bilhões de anos de capital natural: mantendo-se os padrões atuais de uso e degradação, muito pouco há de restar até o fim do século XXI. Nas últimas três décadas consumiu-se um terço dos recursos da Terra, ou seja, de sua riqueza natural. Os serviços de armazenamento de água e da regulação do ciclo de carbono (não se conhece nenhuma alternativa para o serviço natural do ciclo de carbono - ver sub-capítulo 4.2.8.4. A biota do solo e o restabelecimento do ciclo do carbono), entre outros, cria condição para um meio ambiente saudável, oferecendo não só água e ar limpos, chuvas, produtividade oceânica, solo fértil e elasticidade das bacias fluviais, como também certas funções menos valorizadas, mas imprescindíveis para a manutenção da sustentabilidade, tais como a) o processamento de resíduos (naturais e industriais); b) a proteção contra os extremos do clima; e c) a regeneração atmosférica (HAWKEN et al., 1999).

#### **4.1.4. As funções ambientais de ordem econômica e a ruptura do equilíbrio**

HURTUBIA (1980) conceitua ecossistema como

um sistema aberto integrado por todos os organismos vivos, inclusive o homem, e os elementos não vivos de um setor ambiental definido no tempo e no espaço, cujas propriedades globais de funcionamento (fluxo de energia e ciclagem da matéria) e autorregulação (controle) derivam das relações entre todos os seus componentes, tanto pertencentes aos sistemas naturais, quanto aos criados ou modificados pelo Homem.

O homem interage com o ambiente à sua volta, modificando-o e transformando-o de acordo com suas necessidades. Os resultados dessas ações são facilmente perceptíveis ao longo de toda a biosfera. Esta interferência ocorre nos diversos níveis, agindo diferentemente sobre os componentes ambientais: ar, solo, água e seres vivos. Grandes reflexos podem ser observados, por exemplo, nas atividades agropecuárias e florestais, particularmente quando praticadas de forma extensiva, causando profundas alterações na paisagem, em nível mundial. Nos sistemas urbanos, também, são encontradas marcas profundas da intervenção humana (BASTOS e FREITAS, 1999).

A Revolução Industrial criou o modelo de capitalismo atual, cujos processos de produção consideravam como pólos excludentes o homem e a natureza, com a concepção desta como fonte ilimitada de recursos à sua disposição (*ibidem*). A partir dessa época, a capacidade produtiva humana começou a crescer exponencialmente (o que era feito por 200 operários em 1770, podia ser feito por apenas uma máquina de fiar da indústria britânica em 1812) e a força de trabalho tornou-se capaz de fabricar um volume muito maior de produtos básicos, a custos reduzidos. Esse fato elevou rapidamente o padrão de vida e os salários reais, fazendo crescer a demanda dos diversos produtos das indústrias, lançando os fundamentos do comércio moderno (DAHLMAN, 1993; HAWKEN et al., 1999). Sob o processo da acumulação, o capitalismo precisa expandir-se continuamente para manter o seu modo de produção,

ocorrendo a apropriação da natureza e sua transformação em meios de produção em escala mundial (BERNARDES e FERREIRA, 2003).

O meio ambiente tem diversas funções. No modelo industrial padrão, a criação de valor é apresentada como uma seqüência linear: extração, produção e distribuição. A natureza fornece a matéria-prima ou recursos, o trabalho emprega a tecnologia para transformar tais recursos em produtos, os quais são vendidos a um consumidor, a fim de se obter lucros. Este sistema mostra a primeira função do meio ambiente: fornecer insumos para o sistema produtivo (HAWKEN et al., 1999; JACOVINE, 2002). Estima-se, em escala mundial, algo em redor de 15 bilhões de toneladas de matéria-prima sejam extraídas da Terra todos os anos, sendo apenas uma parte delas renováveis (CALLISTER JUNIOR, 2000).

Os resíduos do processo de produção - como também, em breve, os próprios produtos - são de algum modo descartados, gerando um volume cada vez maior de resíduos no sistema. Sabe-se que existe uma relação direta entre o uso dos recursos e a soma dos fluxos de resíduo gerado. Se desconsiderar que a produção também cria estoque de capital, então a quantidade de resíduo é igual à quantidade de recursos naturais utilizados, ou seja, a quantidade de resíduos produzidos dos próprios recursos, dos produtos e do consumidor final (BELLIA, 1996; HAWKEN et al., 1999; CALLISTER JUNIOR, 2000; JACOVINE, 2002).

A razão para essa equivalência pode ser explicada por não se poder criar ou destruir energia e matéria. A extração crescente de recursos naturais, seu transporte e uso, assim como sua substituição por resíduo erode permanentemente o estoque de capital natural. Considerando a Terra como um sistema fechado, a sua única fonte externa de energia é a solar (hipótese de GAIA). Logo, possui um estoque de recursos, os quais reduzindo, reduzem também a expectativa de vida dos habitantes da terra, no qual economia e meio ambiente não são caracterizados por interligações lineares, mas sim por uma relação circular (BELLIA, 1996; HAWKEN, 1999; JACOVINE, 2002).

Com o contínuo aumento da população, alterações dos hábitos de consumo e com a evolução da ciência, estimulados pela própria Revolução Industrial, ficou evidente que o nosso planeta é um sistema econômico fechado em relação aos seus materiais constituintes. À medida que a sociedade amadurece, redobra a consciência de que os seus recursos são finitos e tornam-se cada vez mais escassos - conceito que ficou fortalecido durante a Conferência de Estocolmo (Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano), organizada em 1972 pela ONU, requerendo maior atenção para a sua utilização e maiores conhecimentos sobre o ciclo de materiais. Além disso, para cada ciclo de produção, deve ser fornecida energia durante cada um dos estágios. Estima-se, que nos Estados Unidos, metade da energia consumida pelas indústrias de manufatura seja gasta para a produção e a fabricação de materiais (além da energia, em 1990, a indústria americana consumia 120 bilhões de litros de água para suprir a produção). Considerando que a energia possui suprimento limitado, medidas devem ser tomadas para que a sua conservação e a sua utilização sejam feitas de forma mais efetiva nas etapas de produção, aplicação e descarte de materiais (CALLISTER JUNIOR, 2000; TUNDISI, 2003). Qualquer produto utilizado terminará no sistema ambiental:

não pode ser destruído, pode ser convertido ou dissipado. Por esse motivo, existe a necessidade de que o sistema linear seja convertido num sistema circular, em que parte dos resíduos será reciclada e incorporada ao processo produtivo (JACOVINE, 2002).

Em todo sistema produtivo, para a manutenção dos sistemas vitais, ocorre o aumento da produção de energia. Caso o sistema torne-se deturpado ou desordenado como resultado de um estresse, natural ou antrópico, aumenta a entropia do sistema, ou seja, passa a existir uma maior “desordem” (DIAS, 2003a). Dessa forma, cria-se um obstáculo físico ou uma limitação para um sistema fechado e sustentável. O meio ambiente tem a capacidade de converter os resíduos novamente em produtos não prejudiciais ou ecologicamente úteis. Esta é a segunda função do meio ambiente: assimilador de resíduos. Parte destes resíduos pode ser reciclado e convertido em recurso. A partir dessa realidade, surge a terceira função do meio ambiente, como fluxo de consumo (bens e serviços): fornecer utilidade diretamente na forma de prazer estético e conforto espiritual - seja o prazer de uma visão agradável, o patrimônio cultural, a ausência de ruídos ou os sentimentos proporcionados pelo contato com a natureza (JACOVINE, 2002).

O fluxo circular é chamado também de modelo de equilíbrio dos materiais. A descarga de resíduo em excesso, com relação à capacidade de assimilação dos ecossistemas, causa danos à terceira função do ambiente, por exemplo, rios e ar poluídos. Dessa forma, ficam identificadas as três funções econômicas do meio ambiente: fornecedor de recursos, assimilador de resíduo e como fonte direta de utilidade (BELLIA, 1996; JACOVINE, 2002).

Quando se visualiza essas questões sob a ótica econômica, a sustentabilidade para o caso de recursos naturais renováveis, requer que a sua taxa de uso não exceda sua taxa de regeneração e, também, a disposição de resíduos em determinado compartimento ambiental não deve ultrapassar sua capacidade assimiladora. Considerando os recursos não-renováveis, é preciso determinar sua taxa ótima de utilização e buscar medidas alternativas ou compensatórias à redução de seu estoque, como a substituição pelos recursos renováveis (PEARCE e TURNER, 1989).

De acordo com Godard (1990), *apud* VIEIRA e WEBER (1997), as práticas sistemicamente orientadas de gestão deveriam em princípio garantir: a) por um lado, sua boa integração ao processo de desenvolvimento econômico; e b) por outro, assumir as interações entre recursos e condições de reprodução do meio ambiente, organizando uma articulação satisfatória com a gestão do espaço e com aquela relativa aos meios naturais. Para esses mesmos autores, no caso específico da gestão de recursos naturais renováveis, este princípio fundamental tem sido enriquecido pelos debates recentes envolvendo as noções de viabilidade (análises microeconômicas convencionais e dos instrumentos de regulação “otimizada”) e de patrimonialidade (destaca a dimensão da base transmissível - material e imaterial).

Entretanto, tem-se observado, que o mau tratamento dos recursos naturais surge porque não são conhecidos, em termos de preços, os valores para estas funções. São funções econômicas porque todas têm valor econômico positivo, caso fossem compradas ou vendidas no mercado. A inability de valorar objetivamente os bens e serviços ambientais é uma das

causas do descaso gerencial (JACOVINE, 2002; GRIFFITH, 2003). Deve-se, então, considerar os efeitos dos custos das externalidades negativas.

#### **4.1.4.1. Externalidades**

Uma economia externa é encontrada quando o custo marginal social de uma atividade é menor que seu benefício marginal social. Uma deseconomia externa ocorre quando o custo marginal social é maior do que o benefício marginal social. Todos estes efeitos no bem-estar de outras pessoas e empresas são denominados “externalidades” (BELLIA, 1996).

Para CONTADOR (1981) externalidades são efeitos, favoráveis (desejáveis) ou desfavoráveis (indesejáveis), no bem-estar de outras pessoas e empresas. Tais efeitos são positivos, quando o comportamento de um indivíduo ou empresa beneficia involuntariamente os outros, caso contrário, as externalidades são negativas. Segundo esse mesmo autor, uma externalidade existe quando as relações de produção ou utilidade de uma empresa (ou indivíduo) incluem algumas variáveis cujos valores são escolhidos por outros, sem levar em conta o bem-estar do afetado, e além disto, os causadores dos efeitos não pagam nem recebem nada pela sua atividade. Assim, de acordo com REZENDE (s.d.), a provisão de bens e serviços para um grupo torna possível a outro grupo receber algum benefício sem pagar por ele, ou incorrer em prejuízos sem a devida compensação. Isso caracteriza os danos causados pelos problemas advindos da utilização inadequada dos recursos em regime de livre acesso, ou seja, na ausência de limitação e de controle de acesso, por exemplo, o ar atmosférico.

Os exemplos de externalidades são os mais variados possíveis, desde a admiração e prazer visual causado pelo jardim bem cuidado de um vizinho, até a perda da produção agrícola causada por poluição do ar proveniente de uma fábrica de cimento. O primeiro exemplo pode ser considerado irrelevante sob o ponto de vista da sociedade, mas o segundo, certamente não pode ser ignorado, pois houve uma perda provocada pela contaminação ambiental. Um bom exemplo é o descrito por BELLIA (1996), envolvendo uma usina de peletização de ferro (Compañía Minera del Pacífico - CMP) situada no Vale do Huasco, no Chile. Até 1978, quando a fábrica começou a operar, o vale era o mais importante produtor de azeitonas do Chile, colhendo mais de 6.000 toneladas (t) anuais. Hoje, a colheita mal atinge 1.000 t/ano. As copas das árvores estão completamente escuras e suas folhas se movem com a proximidade de um ímã. Segundo os inspetores agrícolas locais, em alguns anos as árvores não produzem frutos; em outros, os frutos são manchados e defeituosos, sendo o mercado inexistente para eles.

O caráter involuntário (incidental) é uma característica da externalidade. A usina citada não tem interesse nenhum em poluir o ar. A poluição é apenas uma conseqüência, um subproduto desagradável da sua atividade, com efeitos incômodos em outras pessoas (provocando custos extras com a saúde) e indústrias (gerando aumento dos custos de suas atividades), ou seja, uma externalidade negativa. Os custos privados freqüentemente diferem dos custos sociais porque um recurso que está sendo excessivamente usado, não é

propriedade da pessoa ou empresa que infringe danos aos recursos. Por esse motivo, pode-se afirmar que os custos sociais da produção são maiores do que os custos privados. Caso houvesse a inclusão dos custos externos no processo decisório, levaria a um preço maior e uma menor quantidade do produto produzido e consumido, ou seja, quando os custos econômicos não são completamente suportados pelos criadores daqueles custos, o preço é reduzido demais e a quantidade produzida é extremada (CONTADOR, 1981; BELLIA, 1996).

A externalidade aumenta nos casos onde os recursos são comuns e limitados. Na agricultura, por exemplo, os sistemas irrigados são aqueles cujo grau de externalidade mais se aproxima daquele que é considerado habitual nos casos de exploração de áreas de pastagem, de florestas naturais ou de estoques pesqueiros (VIEIRA e WEBER, 1997).

Outra característica importante das externalidades é que estas resultam da definição imprecisa do direito de propriedade. Uma fábrica polui a atmosfera, provoca distúrbios respiratórios nas pessoas e prejudica a vida animal e vegetal, porque não existem direitos de propriedade sobre o ar puro, ou seja, o ar é um recurso de propriedade comum e de livre acesso. Dessa forma, os direitos de propriedade são indefinidos ou inexistentes, e sempre que assim for, os custos sociais serão diferentes dos custos privados. A falta de valor de mercado também é característica das externalidades. Existindo direito de propriedade, envolve uma contratação entre os proprietários e os utilizadores potenciais. Sempre que a contratação e execução de direitos de propriedade forem relativamente baratas, os custos sociais e os custos privados tenderão a ser iguais. Essa é a razão pela qual as externalidades constituem problemas apenas na área de atividades da nossa sociedade que afetam bens de livre acesso e de propriedade comum (entendida como sistema de apropriação comum), quais sejam, os bens ambientais - de espaços e recursos (CONTADOR, 1981; BELLIA, 1996; DIEGUES, 1997).

De acordo com OSTROM (1990), é possível identificar princípios básicos que regem a “propriedade comum” entendida como instituição social:

a) fronteiras definidas; b) mecanismos para escolhas coletivas (para a elaboração de regulamentos internos); c) monitoração de uso dos recursos naturais pelos comunitários; d) sanções aplicáveis aos que desobedecem aos regulamentos; e) mecanismos de resolução de conflitos; e f) reconhecimento mínimo do direito das populações de se organizarem socialmente.

Do ponto de vista econômico, na presença de externalidades, os mercados não distribuem os recursos de forma eficiente, porque normalmente não são registrados os custos de negociação ou de transação. Um empreendedor não recebendo pelas externalidades positivas que produz, não irá atender à quantidade necessária da qual a sociedade deseja, enquanto que aquele que produz externalidades negativas, não sendo punido, produzirá mais do que a sociedade suporta. A principal preocupação com o problema de externalidade, mesmo considerando um mercado de competição perfeito, caso não seja tratada, ela impedirá que a máxima eficiência econômica do ponto de vista social seja alcançada. Assim, na

presença de externalidades, sempre haverá divergência entre valores sócio-ambientais e os interesses privados (REZENDE, s.d.).

Apesar das análises econômicas tradicionalmente ressaltarem as variações mensuráveis referentes ao aumento das rendas, não têm sido dedicadas avaliações dos custos e dos benefícios externos referentes ao meio ambiente, em face da sua considerável dificuldade (política, teórica e técnica) que permitam a internalização dos custos e benefícios até agora considerados externos. Caso houvesse essa internalização, auxiliaria os processos de decisão que afetam o meio ambiente e, conseqüentemente, toda a sociedade.

#### **4.1.4.2. Custos privados e sociais**

As externalidades originam-se de três fontes (CONTADOR, 1981):

- Deficiência dos direitos de propriedade - quando atinge um pequeno número de pessoas, as externalidades se corrigidas, via subsídio ou taxaço, podem permitir um ganho social líquido;
- Avanço técnico que gera retornos crescentes de escala e custos médios decrescentes no longo prazo - o mecanismo de mercado é incapaz de eliminar tais “externalidades tecnológicas” por duas razões: 1) porque os custos médios decrescentes tendem a propiciar a formação de monopólios, com conseqüente divergência entre preços e custos marginais (custo de produzir uma unidade extra do produto) – o que implica em taxaço aos consumidores; e 2) mesmo que os custos médios decrescentes não desemboquem em monopólios, ainda assim o mecanismo de mercado não assegura o ótimo social. Custos médios decrescentes implicam custos marginais inferiores ao médio. Para eficiência alocativa, é preciso que o preço e o custo marginal se igualem e, em tal situação, haverá um prejuízo líquido para cada produtor;
- No caso de bens públicos - o mecanismo de mercado não permite a formação de preços competitivos. Na verdade, o mecanismo de mercado não funciona perfeitamente no caso de bens públicos devido a sua natureza, e não porque ocasionem externalidades. É necessário atenção para identificar corretamente uma externalidade, pois muitos efeitos em terceiros são erroneamente assinalados na literatura como externalidades, sendo na verdade de formação não ótima de preços. Caso o sistema de preços tenha condições de eliminar o fenômeno, a externalidade não mais existe.

Uma forma de eliminar uma externalidade é por meio de acordos voluntários, como pode ser verificado no exemplo da Figura 1, em que as serrarias diminuiriam a quantidade de corte em troca de parte do ganho social (CONTADOR, 1981).



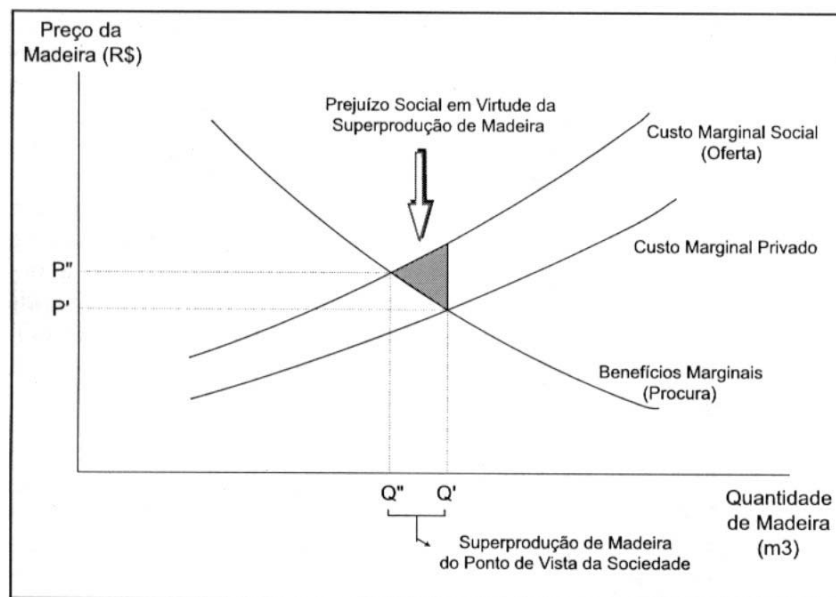


FIGURA 1 - Comparação entre custos privados (serrarias) e os custos sociais (reinvindicados pela sociedade que desfruta dos benefícios proporcionados pelas florestas) da produção de madeira. Fonte: OLIVEIRA (1993).

Verifica-se na Figura 1, que os cálculos internos das empresas que exploram madeira, por exemplo, de florestas tropicais (serrarias), determinam o nível de produção de madeira  $Q$ . A quantidade  $Q$  e o preço  $P$  do produto (madeira) são fixados pela interseção das curvas de demanda e oferta, determinadas pelo livre funcionamento do mercado. Porém, o custo marginal social, que inclui os efeitos (externalidades) da destruição das florestas tropicais, ultrapassa o custo marginal privado das empresas e, portanto, o ponto ótimo de produção do ponto de vista da sociedade seria o nível  $Q''$ . Sem a devida consideração do excesso dos custos sociais sobre os custos privados, há uma superprodução de madeira igual à diferença entre as quantidades  $Q'$  e  $Q''$ . A área sombreada indica o valor total do prejuízo social, em virtude da superprodução de madeira (SCHETTINO et al., 2002).

Atualmente, em virtude dos novos conceitos de vida, os modelos de desenvolvimento têm sido repensados. Deve-se levar em conta o desenvolvimento humano e as condições ambientais, além do aspecto econômico. Como e de que forma os recursos naturais serão utilizados, ou seja, as externalidades do desenvolvimento, devem ser avaliadas.

#### 4.1.4.3. Considerações finais

Como principais conseqüências da Revolução Industrial, destacam-se: a) a alteração nos padrões de consumo e nos hábitos da população; b) a severa interferência nos ecossistemas, pelo avanço da agropecuária para suprir a demanda por alimentos, em face do maior crescimento da população; e c) a visão produtiva que deixou de ser rural, sendo direcionada para o setor urbano, alterando as relações de trabalho e os valores culturais. No meio urbano, provocou um inchaço populacional, transformando-se em fonte de degradação

humana e ambiental. Politicamente, provocou profundas alterações. A política agrícola brasileira é consequência desse modelo, conhecido como “Revolução Verde”, que produziu o êxodo rural e a concentração de terras. A extensão rural, recentemente, mediante ao seu premeditado sucateamento, não possui a dinâmica exigida para atender à demanda de serviços e promover a necessária ligação pesquisador-produtor. Esses aspectos serão discutidos, considerando apenas, a fase mais recente, a partir da década de 60 (FRIEDMAN, 1962; HOMEM DE MELO, 1985).

As economias, micro e macro, nacionais e mundiais, estatais e privadas, podem sobreviver por longos períodos de tempo, em tais estados de desequilíbrio. Porém, para atingir o desenvolvimento sustentável, torna-se importante estabelecer algumas condições para a compatibilidade dessas economias e seu meio ambiente, posto que essas perdas envolvem custos sociais e não devem ser ignoradas na avaliação de projetos (JACOVINE, 2002). Isso porque a imprevisibilidade das alterações impostas aos ecossistemas acima da sua capacidade de suporte, considerando a interdependência entre economia e meio ambiente, a falta de cuidados na apropriação desses recursos naturais podem alterar a sua qualidade, gerando impactos negativos e deseconomias. Deve-se reconhecer o meio ambiente como um insumo escasso, portanto com custo alternativo que não seja nulo (BELLIA, 1996).

#### **4.1.5. Fatores de desequilíbrio**

Para um perfeito equilíbrio no funcionamento de qualquer sistema ou atividade são exigidas certas condições básicas. Entretanto, cabe considerar, que este equilíbrio é relativo, posto serem dinâmicos. Assim, interferências externas podem agir negativamente nos sistemas, alterando-os e promovendo a degradação ambiental e humana. Considerando o aumento da população e o modelo de produção, criados e desenvolvidos pela Revolução Industrial, como fatores de desequilíbrio, outros serão agora relacionados, cuja postura também têm contribuído para estes desarranjos.

##### **4.1.5.1. Política Agrícola**

No Brasil, a Revolução Industrial teve seus reflexos mais drásticos no campo, a partir da década de 30. Como consequência da crise de 1929 e a longa depressão que se seguiu, soma-se a Revolução de 1930, que ocasionou a perda da hegemonia política pela burguesia cafeeira em favor da classe industrial ascendente, uma parte do colonato pôde comprar lotes de fazendas colocadas à venda por fazendeiros falidos. Porém, paralelamente, havia formado um imenso excedente populacional, que logo passou a exercer forte pressão para ter acesso à terra. No início da década de 60, ocorre acentuada aceleração desse processo, agravada pelo movimento das ligas camponesas nordestinas e dos movimentos de sem-terra sulistas. Estes lutavam por reforma agrária e contestavam o modelo implementado pela Revolução Verde (de acordo com WEID (1996), também é conhecido como modelo moderno ou agroquímico,

desenvolveu-se na Europa e nos Estados Unidos ao longo do último século, ganhando importância significativa após a Segunda Guerra Mundial). Esses fatos quase levaram o governo de João Goulart a optar pelo modelo familiar (VEIGA, 1995; ALMEIDA, 2003).

Nas décadas de 50 e 60, acentua-se a crise do setor rural, conseqüência do processo de industrialização do País, dentro da estratégia de substituição de importações. O modelo de produção familiar era prejudicado, principalmente, devido (VEIGA, 1995): a) à falta de subsídio e crédito, contrapondo-se ao excesso de privilégios para o setor industrial urbano, para o qual os recursos provenientes da agricultura eram canalizados; b) confisco cambial, câmbio sobrevalorizado e outros impostos indiretos; e c) à queda dos preços dos produtos agrícolas, manipulados intencionalmente para controle das taxas de inflação, refletindo na queda de preços dos produtos da cesta básica; inclusive, perpetuando-se até aos dias atuais, como pode ser observado na Figura 2.

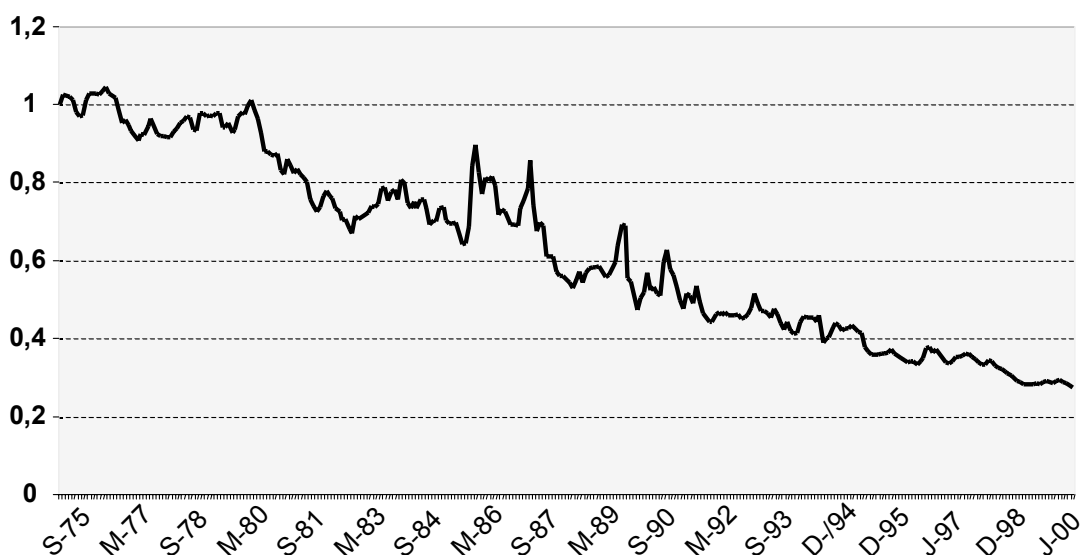


FIGURA 2 - Índices dos preços reais dos produtos da cesta básica - set./1975 a jul./2000. Fonte: ALVES, 2001.

Por esses motivos, a partir da década de 60, os grandes proprietários de terra, passaram a investir na indústria, relegando às atividades agrícolas, um papel secundário. Esse fato pode ser justificado pelo papel imposto ao setor agrícola: fornecer capital e divisas para a expansão do setor industrial. Ao mesmo tempo, ainda predominavam na agricultura brasileira, juntamente com os latifúndios improdutivos, com terras férteis, na mão de um número reduzido de grandes proprietários, as grandes propriedades agrícolas voltadas para a exportação; entretanto, apresentando baixo nível de aproveitamento do solo e de produtividade. Em sua grande maioria, na década de 60, a população rural era formada de lavradores sem-terra, submetidos à relações de trabalho espoliativas. A política agrícola foi, e ainda é, direcionada por grupos de interesses, que dominam os processos de financiamento rural desde a pesquisa à concessão do crédito. A reforma agrária iniciada nesse período não se consolidou, efetivamente, por essa questão principal: os grandes industriais, também eram os donos de

terra (HOMEM DE MELO, 1985; DAHLMAN, 1993; CARMO, 1998; COELHO, 1998; LACERDA et al., 2003).

Assim, verifica-se nesse mesmo período, a exigência de excessivas funções e contribuições pelo Governo, e também pela sociedade, do setor agropecuário brasileiro, particularmente nas décadas de 60 a 80, tais como: a) aumentar a produção e a produtividade; b) ofertar alimentos e matérias-primas a preços decrescentes; c) gerar excedentes para exportação ampliando a disponibilidade de divisas; d) transferir mão-de-obra para outros setores da economia; e) fornecer recursos para esses setores; e f) expandir o mercado interno por meio da compra de produtos e bens industrializados (HOMEM DE MELO, 1985; ALVES e CONTINI, 1987).

Nota-se nessas funções a) o privilégio destinado ao setor industrial; b) a despreocupação com a distribuição demográfica brasileira - privilegiando a metropolização; e c) a ausência de preocupação com as conseqüências ambientais que acompanhariam tais metas. Resumindo, a meta era o desenvolvimento econômico baseado no aumento do Produto Nacional Bruto (PIB), *per capita*, como sinônimo de desenvolvimento econômico, o qual sob esse ponto de vista, raramente contempla a sustentabilidade (RESENDE et al., 1996).

Recentemente, ao meio rural, lhe é imposto uma nova função: auxiliar no processo de exurbanização decorrente dos processos de desengenharia, absorvendo a mão-de-obra excluída dos centros urbanos (SÁNCHEZ, 2001).

O modelo econômico adotado a partir da década de 70, onde os produtos destinados à exportação passaram a receber privilégios, como os subsídios, fez com que os produtos destinados ao mercado interno, como o arroz e o feijão, deixassem de ser prioridade. Dessa forma, o modelo adotado foi o da maximização de divisas e produção em escala, com vistas à substituição de importações, com forte protecionismo e presença estatal marcante. No final da década de 80, estimulados pelo modelo neoliberal do governo Collor de Melo, e pelas crises econômicas consecutivas, advindas do aumento do preço do petróleo no mercado mundial, os incentivos e subsídios foram suprimidos. A partir desse período, passa a dominar como objetivo maior do modelo de produção e de desenvolvimento, a maximização econômica, com o aumento da competitividade por meio da modernização das tecnologias adotadas, entretanto, com um nítido apoio às grandes agroindústrias e empresas rurais, mantendo-se a estrutura fundiária extremamente concentrada (GRAZIANO NETO, 1986; ALVES e CONTINI, 1987).

Por esses motivos, o modelo de produção familiar, ficou desamparado. Como último recurso, a mão-de-obra abandonou o campo buscando emprego nas áreas urbanas. As conseqüências foram o aumento do êxodo rural e dos preços dos produtos da cesta básica, sem que tal aumento fosse em benefício do produtor (ver sub-capítulo 4.1.5.3. O êxodo rural e a urbanização). O direcionamento da pesquisa pública nesse período, também confirma o privilégio ao modelo convencional ou agroquímico (VEIGA, 1995; WEID, 1996).

#### **4.1.5.2. O modelo de pesquisa**

A expansão da agricultura no Brasil no período de 1950 a 1980 ocorreu às custas do avanço contínuo da fronteira agrícola e com a introdução de técnicas de produção intensivas em capital, propostas pelo pacote tecnológico da Revolução Verde, braço da Revolução Industrial no campo. Tinha por objetivo a substituição de formas locais e tradicionais de agricultura, por um modelo dependente de espécies geneticamente melhoradas e bastante exigentes em agroquímicos, irrigação e mecanização. Esse processo simplificado de produção e o domínio desse modelo representaram a imposição de uma cultura sócio-econômica que alterou particularmente as formas de uso e manejo dos recursos naturais utilizados pelas populações tradicionais do campo (ALMEIDA et al., 2001; PÁDUA, 2003).

A área dos estabelecimentos agrícolas praticamente dobrou nesse período, com um aumento de 1,67 milhão de Km<sup>2</sup>. Entretanto, persistiram os problemas de concentração da propriedade, as desigualdades e a ausência de mobilidade social do setor rural. Para exemplificar, embora o número de tratores agrícolas tenha crescido 7.800% no período de 1950 a 1985, apenas 7,20% dos estabelecimentos rurais os dispunham em 1985. Em 1980, três quartos das propriedades rurais brasileiras só dispunham de meios manuais de produção e apenas 22% dessas unidades utilizavam o arado à tração animal. Essas questões são fenômenos que estão na raiz dos problemas econômicos, sociais e ambientais do Brasil. Essa estratégia de modernização significou a afirmação do modelo dos complexos agroindustriais, cujo avanço da ciência possibilitou a aproximação da agricultura à indústria; porém, apenas 26% das propriedades rurais brasileiras utilizavam fertilizantes minerais. Nesse período, consolidou-se o sistema de pesquisas específicas para as condições tropicais, tendo como resultados ganhos significativos de produtividade. Apesar dessa situação, para culturas de mercado interno, como arroz, feijão e mandioca, típicas do modelo de produção familiar, constatou-se a estagnação ou o declínio da produção. Esse processo pode ser explicado, em parte, pelo modelo de pesquisa utilizado no Brasil naquele período (RELATÓRIO...,1991).

#### **Estudo de caso 4.1.5.2. (1) A pesquisa e o modelo de oferta e demanda por inovação de um bem público no Brasil**

O modelo representado na Figura 3 foi desenvolvido para explicar de forma ampla, a geração de tecnologia para o setor agropecuário, direcionado por grupos de interesses, diretamente relacionados e beneficiado por este, utilizando-se tanto da teoria da inovação induzida (defende que haverá uma demanda latente por uma tecnologia de produção de um dado bem, sempre que houver uma expectativa de ganhos positivos, pelos produtores, com a adoção da nova tecnologia), quanto da teoria de grupos de interesses (considera que a produção de um bem público para atender a uma demanda latente, dependerá da pressão exercida pelos diferentes grupos sociais) (DE JANVRI, 1973).

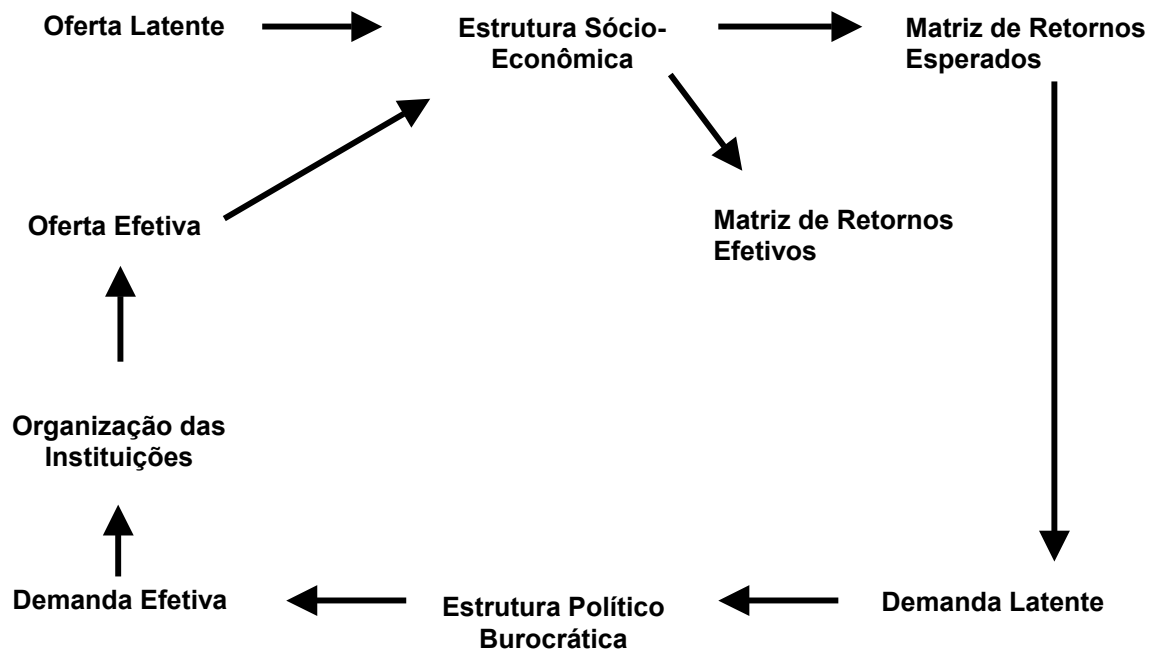


FIGURA 3 - Modelo de oferta e demanda de um bem público. Fonte: DE JANVRI (1973).

Bens públicos são bens coletivos ou de propriedade comum, caracterizado por uma das seguintes propriedades: (GODARD, 1997; GRIFFITH, 2003): a) não-rivalidade de consumo ou de usos; b) impossibilidade técnica ou legal de excluir certos consumidores ou de limitar o acesso aos recursos, uma vez ofertados; e c) obrigação de consumo de uma oferta indivisível. Porém, dependendo do modelo vigente, a produção de um bem público pode favorecer, em graus diferenciados, os diversos grupos sociais. Uma demanda “latente” por este bem, é derivada da matriz de retornos esperados por estes grupos, segundo o que cada um ganharia com a sua produção. A demanda latente é transformada em demanda efetiva por um processo de filtragem por meio da estrutura político-burocrática. O fato de um determinado grupo social ter a sua demanda latente transformada em demanda efetiva por um bem público, depende do funcionamento do sistema político-burocrático e do poder relativo de pressão sobre este sistema, do grupo em pauta. Então, a demanda efetiva é transformada em oferta efetiva, via instituições produtoras do bem público. O efeito da oferta efetiva sobre os componentes da estrutura sócio-econômica resulta em retornos efetivos específicos para cada grupo social. A seguir, o modelo será resumidamente detalhado, para melhor compreensão (DE JANVRI, 1973):

- Oferta latente - é o conjunto de bens públicos, que potencialmente podem ser produzidos sob determinadas condições; porém, dependente da vontade e racionalidade dos grupos de interesse;
- Estrutura sócio-econômica - dadas as suas características, trará benefícios diferenciados aos diversos grupos, sendo dependente da estrutura agrária, da organização dos mercados agrícolas, da estrutura dos mercados consumidores urbanos e de estrutura da

indústria produtora de insumos, da tecnologia agropecuária, do acesso às instituições e da política econômica;

- Grupos de interesses em pesquisa agropecuária - formam-se principalmente por meio de sua condição sócio-econômica, variando de acordo com a atividade e de seu poder econômico;
- Demanda latente - é induzida pela perspectiva de mudança, dependendo principalmente do comportamento dos preços de mercado. Existem variáveis que afetam a demanda latente: instrumentos de política de alimento a menor preço, aversão a risco, custo de pesquisa por unidade de produto e estoque de conhecimento científico;
- Estrutura político-burocrática e ação dos grupos de interesse - têm extrema importância no funcionamento do modelo, sendo afetados pelos sistemas de pressão social, eleitoral, de compensação burocrática e legislativa. As variáveis que podem afetar são: o sistema político, o número de integrantes, o nível de organização, importância econômica e, ou, social do produto, concentração geográfica e o grau de cultura;
- Demanda efetiva - é a manifestação final do processo e tem por motivação fundamental o retorno esperado. Os grupos de interesses são de extrema importância para a sua efetivação;
- Organização das instituições de pesquisa - a produção de conhecimento irá depender do estoque de conhecimento científico, dos recursos humanos, dos equipamentos, da administração, dos contatos, do grau de centralização, do fluxo de recursos, da interação pesquisador-realidade, do intercâmbio entre instituições, das potencialidades do setor agrícola e da extensão;
- Oferta efetiva - é o resultado final e dependerá, principalmente, da ação das instituições e da organização sócio-política.

#### ➤ **Considerações finais**

Em função da organização histórica da agropecuária e plantações florestais brasileiras serem dominadas por grandes empresas e, ou, grupos, que detêm o poder político e econômico, tem-se atualmente, como principais demandantes das tecnologias produzidas pelo setor público voltado para estas atividades, os grandes proprietários agropecuários/florestais e as indústrias produtoras de insumos e processadoras de produtos agropecuários. Para beneficiar os pequenos produtores, como aqueles do modelo de produção familiar, deverão ocorrer mudanças na estrutura política, onde o legislativo tenha maior poder de decisão. Porém, na sociedade capitalista moderna, que é uma sociedade estratificada, essa transformação se dá no contexto dos interesses dos grupos sociais que dirigem uma forma de produção fundamentada no progresso técnico. Assim sendo, tanto o sistema produtivo instituído, como a tecnologia e as adaptações ambientais são orientadas para responder aos fins da acumulação de bens e capital.

A pesquisa pública, representada principalmente pelas Universidades Federais e por diversas instituições, com destaque à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), detentoras de estrutura bem desenvolvida para a produção de pesquisa e equipe técnica qualificada, precisam e devem auxiliar na reversão desse quadro. Para esclarecer os efeitos desse favorecimento ao modelo agroquímico, o sub-capítulo 4.1.5.6. Os modelos de produção agropecuário e florestal evidenciam essa questão. Explícita, de forma objetiva, que as pesquisas destinadas ao modelo familiar, que agride menos o meio ambiente quando bem orientado e conduzido, podendo inclusive, promover a recuperação ambiental e auxiliar no controle do êxodo rural, todavia, recebem poucos recursos e atenção dos órgãos de pesquisa públicos.

#### 4.1.5.3. O êxodo rural e a urbanização

A ausência de definição de uma política agrícola focada no longo prazo, fortalecida pelo direcionamento da pesquisa e pela ausência da extensão na difusão tecnológica, propiciou uma acelerada onda migratória do campo para os meios urbanos durante as décadas 70 e 80. No Brasil, está ligado a duas situações preocupantes e carentes de soluções alternativas (RESENDE et al., 1996):

- a) A grande transferência de recursos humanos do meio rural para as zonas urbanas (Quadro 5); e

QUADRO 5 - Distribuição da população brasileira em 1970, 1980 e 1990

População	Ano					
	1970		1980		1990	
	Milhões de habitantes (%)					
Rural	41,0	(44)	38,6	(32)	37,6	(25)
Urbana	52,1	(56)	80,4	(68)	112,8	(75)
Total	93,1	(100)	119,0	(100)	150,4	(100)

Fonte: Anuários estatísticos do IBGE, em RESENDE et al., 1996.

Do ponto de vista econômico, o principal problema verificado é a péssima distribuição de renda. Apesar do PIB ter-se elevado significativamente, de US\$ 194 bilhões, em 1964, para US\$ 324 bilhões em 1988, esse crescimento não veio acompanhado de desenvolvimento humano (NEDER, 1995).

- b) A grande concentração de renda verificada nas últimas décadas (Quadro 6).

QUADRO 6 - Participação da população na renda nacional em 1960, 1970 e 1980

Camadas da população	1960	1970 (%)	1980
20% mais pobres	3,9	3,4	2,8
50% mais pobres	17,4	14,9	12,6
10% mais ricos	39,6	46,7	50,9
5% mais ricos	28,3	34,1	37,9
1% mais rico	11,9	14,7	16,9

Fonte: Anuários estatísticos do IBGE, em RESENDE et al., 1996.



No século passado, cerca de 65% da população rural brasileira transferiu-se para o setor urbano. O Brasil, tipicamente agrícola, mudou drasticamente num intervalo de tempo relativamente curto, sem que as cidades tivessem tempo de se estruturarem para absorver esta população. Na verdade, os vários projetos de desenvolvimento e suas respectivas políticas econômicas foram implementados no período de 1930 ao final da década de 70, transformando profundamente a estrutura produtiva do país. Ao final da década de 80, cerca de 50 milhões de habitantes, aproximadamente 35% da população, residiam em aglomerados urbanos com mais de 250 mil habitantes (NEDER, 1995; LACERDA et al., 2003). A sociedade brasileira levou menos de 50 anos para transformar-se de um país agrário, exportador de produtos primários, em uma sociedade de base urbano-industrial, em que a exportação de produtos industrializados corresponde a mais da metade das exportações totais (LACERDA et al., 2003).

O efeito indireto foi o aumento do número de consumidores que não são produtores. A grande maioria dos migrantes era produtora de alimentos de subsistência, com um pequeno excedente destinado ao mercado; a agricultura moderna era voltada para a exportação ou produtos agroindustriais não alimentares, tais como álcool de cana, soja e milho para ração animal. Como consequência, houve uma relativa queda na oferta de alimentos com efeitos imediatos no custo de vida. Devido às precárias condições da infra-estrutura básica urbana, proliferaram favelas em beiras de rio, com riscos de alagamento e, nas encostas, com riscos de desabamento, além das condições sanitárias e de habitação subumanas. Outra consequência, a exclusão da mão-de-obra, deixando uma camada de 20 a 30% no desemprego ou subemprego, provocando a redução no consumo de alimentos e o aumento da subnutrição dessa população migrante, aumentando significativamente a criminalidade (HOMEM DE MELO, 1985; GRAZIANO NETO, 1986; WEID, 1996; LACERDA et al., 2003). Estimavam-se, em 1995, cerca de 500.000 casas abandonadas na zona rural (LEITE, 1996). Outro sério problema criado por esse modelo foi o processo de minifundização, como pode ser observado no Quadro 7, que via de regra conduz à pauperização e à degradação, perpetuando-se o ciclo que acelera o êxodo rural e ampliam-se os problemas urbanos.

QUADRO 7 - Processo de minifundização no Brasil no período de 1960 a 1985

<b>Ano</b>	<b>Número de propriedades (milhões)</b>	<b>Área média (hectares)</b>
1960	1,5	4,0
1980	2,6	3,5
1985	3,1	3,1

Fonte: Dados da pesquisa compilados do RELATÓRIO...(1991).

Por esse motivo, entre outros fatores de ordem macroeconômica, associados ao rápido crescimento da agricultura, trouxe ao lado do agravamento das crises sociais, problemas ecológicos e ambientais. Para o RELATÓRIO...(1991), problemas que até então não haviam sido observados.

#### **4.1.5.4. Extensão rural - acesso à informação e ao livre mercado**

A extensão rural tem suas raízes nos Estados Unidos da América quando da passagem de uma estrutura agrícola escravista para uma estrutura mercantil e capitalista. Formalizada pelo governo em 1914 como Serviço Cooperativo de Extensão Rural, tinha por finalidade permitir à população rural americana, ausente das faculdades agrícolas, o acesso a conhecimentos úteis e práticos relacionados à agricultura, pecuária e economia doméstica para a adoção de novos hábitos e atitudes no desenvolvimento de suas atividades produtivas (OLIVEIRA, 1988).

Terminada a Segunda Grande Guerra, o mundo passou a viver um processo de bipolarização político-ideológica, tendo de um lado, o sistema capitalista de produção (representado como principal potência o Estados Unidos), e de outro, o socialismo (com a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas). O contexto de guerra não declarada, com o Brasil estreitando suas relações políticas e comerciais com os Estados Unidos, foi responsável pela implementação de medidas e programas no sentido de não permitir, por todos os meios possíveis, que o país demorando a declarar guerra aos países do Eixo, mudasse seu curso, tornando-se mais independente em relação aos Estados Unidos. Nesse processo de aproximação, surgiram no País as Associações de Crédito e Assistência Rural (ACAR), que faziam extensão rural, ou seja, levavam novas técnicas ao campo, mas não prestavam assistência técnica, que daria suporte às inovações introduzidas (MAGALDI, 2003).

Em Minas Gerais, a ACAR foi fundada em 1948 e, como nos Estados Unidos, apostava na juventude rural para tentar alcançar seus objetivos. O trabalho começou com a conscientização dos jovens agricultores, sustentados por quatro princípios básicos, os 4S: saber, sentir, servir e saúde. Com momentos de favorecimento, a ACAR foi-se desenvolvendo por todo o Estado e, na década de 70, por lei estadual, era criada a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER), que englobaria todos os trabalhos da ACAR, acrescentados os serviços de comercialização e conservação dos recursos naturais, além de serviços sociais. Atualmente, encontra-se presente em 711 dos 853 municípios mineiros, cujo quadro funcional é responsável por levar novas técnicas e adaptá-las às condições nem sempre favoráveis do pequeno produtor rural. Dos mais de 700 mil produtores rurais mineiros, 462 mil são considerados pequenos, sendo que, deste total, a empresa leva assistência a aproximadamente 250 mil (EMATER, 2003b; MAGALDI, 2003).

Na recente ênfase dada ao papel crescente dos mercados, em detrimento aos serviços públicos, alguns países tentaram, sem sucesso, colocar a extensão rural numa base de auto-sustentação. Dados os meios modernos de comunicação, é fácil tornar essas informações disponíveis para todos que as considerem úteis, posto estas serem essenciais para o funcionamento eficiente do mercado (OLIVEIRA, 1998; ALVES, 2001).

Sabe-se que, nas economias em desenvolvimento, essas informações têm pouca probabilidade de serem fornecidas adequadamente por instituições de mercado, principalmente pelo fato destes serem mais informais e caracterizados como bens públicos. Nestes casos,

como no Brasil, principalmente pelos efeitos da globalização, os governos têm um papel fundamental no fornecimento dessas informações, sobre as inovações tecnológicas e a cotações, em busca da qualidade e de produtividade. Nesse sentido, o papel do extensionista de Serviço Público, é cada vez mais importante (HOMEM DE MELO, 1985; GRAZIANO NETO, 1986).

Porém, surgem duas questões que afetam diretamente a EMATER, provocando o seu enfraquecimento: a) a primeira foi a desobrigação da assistência técnica nos projetos de crédito rural, ocorrida em 1982 por medida do Banco Central, que era uma das principais fonte de receita da empresa. Com a redução dos recursos federais, as prefeituras e os governos estaduais passaram a tentar suprir essa deficiência. Em Minas Gerais, atualmente, o governo estadual é responsável por 70% dos recursos destinados à sua sobrevivência; e b) a segunda acontece com a extinção da Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural - EMBRATER, durante o Governo Collor de Melo. Em Minas Gerais, a empresa tinha 3.500 empregados, em 1985, atualmente a estatal possui 1.870, dos quais 1.620 no campo. Essa realidade é lamentável para o produtor rural e toda a economia, pelo fato da empresa atuar como “vetor tecnológico”, em face à sua enorme capilaridade (MAGALDI, 2003; EMATER, 2003b).

#### **4.1.5.5. Difusão de tecnologia e a interinstitucionalidade**

Quando as organizações atuam isoladamente, de maneira geral, não alcançam de forma satisfatória seus objetivos institucionais, particularmente no sentido de atender às demandas das comunidades. Na prática, os técnicos têm promovido a elaboração de iniciativas individuais para suprirem essa dificuldade das ações institucionais, priorizando as relações informais em substituição às relações institucionais, como meio para elaborar e executarem projetos. Como reflexo, pode-se observar sério problema na difusão de tecnologia, muitas vezes não sendo adotada pelos produtores rurais, tendo como o grande culpado a burocratização das instituições, dificultando a interinstitucionalidade. Em muitas situações ocorre o descumprimento dos acordos firmados pelas instituições, prejudicando ou mesmo paralisando determinadas ações, trazendo frustrações ao corpo técnico, tendo como principal motivo o interesse maior pelos recursos financeiros (GIL, 1987; AMOROSO, 1994).

De acordo com GIL (1987), a escolha de um problema de pesquisa implica, geralmente, um certo comprometimento de grupos, instituições, comunidades ou mesmo ideologia com a qual o pesquisador se identifica. A partir de meados da década de 80, quando os recursos financeiros tornaram-se escassos, é que as instituições públicas começaram a desenvolver ações conjuntas, buscando viabilizar a utilização de recursos na realização dos seus objetivos. Esse fato refletia o mau funcionamento da estrutura organizacional até aquele período, quando não trabalhavam em sinergia.

A EMBRAPA, a partir de 1990, tomou a iniciativa de reorientar sua proposta institucional, tendo como referência as tendências em desenvolvimento organizacional do

século XXI. Desse modo, a empresa iniciou mudanças irreversíveis em direção à modernidade, buscando novas estratégias de ação para a área de relacionamento interinstitucional no país e no exterior, adotando nova base conceitual para a sustentação desses relacionamentos, em toda a cadeia, inclusive a agroindústria. O mesmo aconteceu com a EMATER, que vinha sofrendo a perda de seu quadro de funcionários para a iniciativa privada e, a partir de 1991, a empresa deu início a um programa de modernização de sua estrutura, usando a mídia e a informática como ferramentas para aumentar a abrangência e a efetividade dos resultados. Também, houve a descentralização das decisões e o compartilhamento de responsabilidades, no sentido de aproximar-se dos produtores rurais (SOUSA, 1988; EMATER, 2003b).

Outro grande problema que existia era a imagem divergente entre pesquisador, extensionista e difusor (ARAÚJO e BRAGA, 1986). É necessário o esforço permanente para buscar novas ofertas de tecnologia e de um retorno contínuo à pesquisa. Do contrário, rapidamente o serviço de extensão rural não trará mais nada a oferecer aos agricultores, e a pesquisa perderá esse contato importante e fundamental (TAGLIARI, 1994).

A tecnologia, não sendo neutra, implica a necessidade de uma explicação social para o seu desenvolvimento, por trazer conseqüências sociais variadas, como a sua adoção pelo setor produtivo. O relacionamento participativo e crítico entre pesquisa e extensão possibilita a geração de conhecimentos e tecnologias mais apropriadas à realidade concreta da produção, devendo estar afinado com as necessidades do produtor rural (SOUSA, 1988).

Atualmente, é perceptível uma mudança teórica nos modos em que se firmam os acordos de pesquisa entre instituições. Antes, a “articulação” prevalecia; hoje, a “parceria” é tida como referência para estimular as estratégias de ações interinstitucionais. Porém, não raramente, as ações entre as instituições são dificultadas, atrasam ou, simplesmente, não acontecem (CAPORAL, 1991).

#### **4.1.5.5.1. O clima organizacional brasileiro**

“Nenhuma organização é mais sólida do que os homens que a administram e delegam poderes a outros para administrá-las”. Para Alfredo Sloan Jr., *apud* ETZIONI (1967), “as organizações são unidades sociais (ou agrupamentos humanos) intencionalmente construídas e reconstruídas, a fim de atingir objetivos específicos”. Conforme KATZ E KAHN (1987), nenhuma organização social pode sobreviver sem que haja, por parte de seus membros, a habitual aceitação das atividades a serem desenvolvidas, a compreensão e as habilidades necessárias para que sejam desempenhadas satisfatoriamente e a motivação para que se dedique a sua execução. O seu funcionamento será burocrático, desde que o sentido básico do processo decisório seja verticalizado, de cima para baixo. Para MATOS (1980) o estilo brasileiro de administração atual segue a tendência, contra a burocratização vertical, de proporcionar maior liberdade e iniciativa ao indivíduo dentro da organização. Os canais horizontais de comunicação gerados entre os indivíduos abrem espaços para a

descentralização de decisões, embora esse tipo de iniciativa represente sempre um risco para quem a toma.

A tradição paternalista brasileira tem como características a maior dependência moral dos empregados em relação à empresa, maior preocupação (por parte dos dirigentes) com a regularidade e conformidade, baixo estímulo à iniciativas inovadoras e a valorização de processos decisórios grupais. Os elementos históricos ligados à origem desses traços culturais estão presentes no modelo colonial, das casas grandes e senzalas, contendo, ao mesmo tempo, a camaradagem entre os colegas (própria da relação entre iguais) e a relação de subordinação como chefe ou patrão (AIDAR et al., 1995).

Atualmente, este tipo de relação está sendo alterado com o processo de implantação dos programas de qualidade, onde se preconiza uma gestão participativa.

#### **4.1.5.5.2. Relações entre organizações**

O ambiente social exerce ação sobre as organizações, influenciando-as tanto na sua estrutura interna como na sua relação com outras organizações, e vice-versa (LEAVITT, 1967).

FLORES et al. (1994) fazem ver que entre os vários conceitos adotados pela EMBRAPA nos últimos anos, como forma de aumentar a eficiência interna e a eficácia da instituição, está o da articulação institucional pela parceria. A parceria é compreendida como uma ação de respeito mútuo, em que há convergência de interesses entre as instituições, independente do tamanho da organização ou da posição financeira. O comprometimento institucional com objetivos comuns e a flexibilidade prevalecem, para responder aos desafios apresentados pelos parceiros.

AMOROSO (1994) sugere que a mentalidade burocrática tradicional, prevalecente na maioria das organizações, pode dificultar o gerenciamento de um processo de aliança e parceria. Para (CAPORAL, 1991), pode-se entender que se a organização para a qual o indivíduo trabalha, por algum motivo, dificulta que ele atinja essa meta, ele então buscará satisfazê-la por meio das relações interpessoais, dentro do ambiente de trabalho. Associando-se a indivíduos com os mesmos interesses e, ou, necessidades dentro da sua instituição ou entre instituições afins, pode-se, a partir daí, haver formação de grupos para viabilizar projetos e, ou, idéias.

#### **4.1.5.5.3. Difusão de tecnologia efetiva**

Segundo CAPORAL (1991),

(...) qualquer mudança nesta prática (extensionista), dependerá, antes, de mudanças que devem ocorrer nos próprios extensionistas, a partir de sua visão de mundo, dos elementos ideológicos que movem e dirigem a ação. Caso contrário, mesmo mudanças institucionais poderão esbarrar nos limites determinados pelos homens e mulheres responsáveis pela prática da extensão rural.

A partir da Constituição de 1988 e de sua legislação complementar, novos padrões estabeleceram parâmetros inovadores para a ação pública, ampliando a participação dos usuários no acompanhamento e na avaliação dos serviços públicos. Um dos fatores que afetaram a ação da EMBRAPA foi a exigência de mudança do enfoque de “oferta” de tecnologia para o do atendimento preferencial à “demanda” de inovações por parte dos usuários, clientes e beneficiários do sistema (SCHLOTTFELDT, 1991).

Segundo BRESSAN (1995), o conceito de difusão para a EMBRAPA, a partir de 1993, passou a ser considerado como um processo que se preocupa com geração de tecnologia, desempenho nos sistemas reais de produção, retroalimentação da informação sobre o desempenho da tecnologia já incorporada ao sistema produtivo, esforço mútuo entre os grupos de interesse (pesquisadores, extensionistas e produtores), visando à produção e à incorporação da tecnologia no processo produtivo. Para MONTEIRO (1980), um dos maiores equívocos das agências que atuam no meio rural é tomar o produtor como um “objeto de planificação”, em vez de um “sujeito de ação”. Na primeira situação, tende-se a prejudicar o produtor e a pressupor suas ações. Outro problema é a interferência de políticos que procuram direcionar o trabalho a ser desenvolvido.

Nos campos de demonstração são empregadas várias práticas agropecuárias e florestais originadas da pesquisa, podendo tornar-se pontos irradiadores de conhecimentos tecnológicos. Ao mesmo tempo em que levam aos produtores a adoção das práticas recomendadas, orientam os técnicos com referência ao seu desempenho. Entretanto, nessa fase, o método não pode ser confundido com “canteiros experimentais”, pois já não há espaço para dúvidas sobre a validade dos resultados obtidos nas fases de pesquisa. A utilização de visitas, excursões, dias de campo, acompanhados por palestras, orientações técnicas e demonstrações práticas, possibilita que os produtores vejam, ouçam e observem, levando-os à adoção das práticas recomendadas. Um dos problemas que geralmente surge, é que a maioria dos produtores lembra apenas parcialmente das recomendações transmitidas pelos técnicos. Logo, é necessária a distribuição de “folders” e material didático (MOREIRA, 1980).

Para VILELA (2003), é preciso reestruturar assistência técnica no Brasil, para evitar que estratégias hegemônicas sejam praticadas por grandes corporações que exploram o setor agrícola, mas não levam novas opções ao produtor. Para este mesmo autor, isso explica fatos atuais, como diversas culturas que utilizam uma carga excessiva de agrotóxicos, por falta de informação dos produtores. Para VALE (2003), em razão do altíssimo volume de informações produzidas atualmente nas universidades e centros de pesquisa, “instituições como a EMATER são imprescindíveis aos produtores rurais, especialmente, os que trabalham em regime de agricultura familiar”.

A EMATER mineira vem implantando, desde 2003, um programa denominado “Nucleação e Diagnóstico Rural”. Basicamente, consiste num levantamento de informações *in loco*, com participação direta das próprias comunidades rurais. Dessa forma, os dados coletados por meio de debates nas localidades onde os conselhos serão instalados (já existem cerca de 500 conselhos de desenvolvimento rural), irão resultar em planos municipais de

desenvolvimento rural, os quais darão suporte à elaboração da política agrícola do atual governo. Assim, haverá a construção junto com as comunidades, onde serão levantados os problemas e as soluções. Além deste programa, existe também o “Queijo de Minas Artesanal” (para produtores de queijo nos municípios de Araxá, Alto Paranaíba, Canastra e Serro), o “Agrominas” (produtores de café) e uma parceria com a Agência Nacional das Águas (para auxiliar na recuperação de bacias hidrográficas, proteção de nascentes e plantio de matas ciliares) (EMATER, 2003b).

#### **4.1.5.5.4. Adoção da tecnologia**

SCHAUN (1984) define a adoção como um processo pelo qual o indivíduo passa de um primeiro contato com uma novidade até decidir por seu uso completo e contínuo. BRESSAN (1995) observa que difundir não se limita apenas a comunicar ou promover determinado produto, serviço ou tecnologia. O objetivo maior é promover mudanças nas práticas adotadas pelo público atingido, tendo como consequência, por exemplo, a alteração do sistema de produção utilizado e o padrão de consumo (“isomorfismo”, de acordo com NARDELLI, 2001). São várias as razões pelas quais os produtores não adotam tecnologia: a) a tecnologia resulta de um problema mal definido pela pesquisa; b) a prática dos produtores é igual, ou melhor, que a sugerida pelos pesquisadores; c) a tecnologia difundida nem sempre funciona para as condições dos produtores aos quais ela é dirigida; d) o despreparo e desconhecimento sobre o material a ser divulgado; e) a difusão é mal feita; f) a tecnologia difundida exige muitos investimentos; g) a tecnologia, para ser adotada, depende de “fatores sociais”; e h) aversão a risco.

Numa pesquisa com técnicos que trabalharam em parceria num projeto de difusão tecnológica, EMATER/EMBRAPA, estes não foram enfáticos nas suas respostas com relação aos resultados da parceria, e também, da sua eficiência. Porém, percebeu-se que nas instituições em que houve participação de mais de um técnico, ocorreu divergência de percepção entre eles, o que demonstra que não tiveram qualquer preocupação em constatar se houve ou não adoção da tecnologia pelos produtores (CAPORAL, 1991).

Na visão da maioria dos chefes e técnicos entrevistados, o que inviabiliza a relação entre as instituições são, em especial: a) o jogo de interesses das próprias instituições; b) a ambição pessoal de alguns chefes; c) o desinteresse em colaborar; e d) o descaso das chefias para com a própria instituição que representa (AMOROSO, 1994).

De acordo com BRESSAN (1995), um número extremamente reduzido das pesquisas chega efetivamente ao campo. Inclui-se nessa estatística, aquelas da área de recuperação ambiental. Na Zona da Mata Mineira, onde estão localizadas instituições como o Centro Nacional de Pesquisas de Gado de Leite (CNPGL/EMBRAPA), em Coronel Pacheco e a Universidade Federal de Viçosa, existem pesquisas testadas e comprovadas, por exemplo, para recuperação de pastagens em áreas de relevo acidentado, que não vêm sendo adotadas.

#### **Estudo de caso 4.1.5.5. (2) Degradação nas pastagens da Zona da Mata Mineira**

##### ➤ **Objetivo**

Este Estudo de Caso objetiva fornecer um panorama do quadro atual em que se encontram as pastagens da Zona da Mata de Minas Gerais. Objetiva também:

- Discutir sobre a não adoção das diferentes técnicas de manejo e recuperação existentes e viáveis; e
- Analisar o baixo nível tecnológico e econômico na qual se encontram os pequenos produtores da região, causa e consequência da pauperização, responsável pela degradação ambiental em suas propriedades.

##### ➤ **Introdução**

Em todo o mundo, a atividade pecuária pode ser responsabilizada pela origem de inúmeras áreas degradadas. No Brasil, a pecuária é baseada praticamente na utilização de sistemas de criação extensivos, em pastagens constituídas basicamente pela monocultura de gramíneas. Estabelecidas em solos anteriormente de florestas, que foram desmatados e utilizados para agricultura, posteriormente, devido à redução de sua fertilidade, convertidos em áreas de pastejo. Outra situação bastante comum, é a substituição da vegetação nativa, por espécies de gramíneas exóticas mais produtivas. Nestas duas situações, não têm sido realizadas adubações de reposição e correções do solo, além da inobservância aos aspectos relacionados à sua capacidade de suporte. Esse fato, o manejo inadequado para a sua conservação e manutenção, associado à ausência de práticas conservacionistas, têm sido os principais motivos pela origem de inúmeras áreas de pastagens degradadas. Estima-se, que cerca de 50% das pastagens cultivadas no Brasil, dos 105 milhões de ha existentes, encontram-se degradadas ou em processo de degradação (SPAIN e GUALDRÓN, 1991). Como principais consequências: a) prejuízos ambientais, proporcionados pela perda de solo e da matéria orgânica por erosão; redução da disponibilidade de água no solo e para reabastecimento dos lençóis, assoreamento dos cursos d'água e redução da biodiversidade vegetal e animal; e b) prejuízos econômicos, resultantes da redução na produção animal e do aumento nos custos de produção, que em muitas situações, conduzem os produtores à pauperização e ao abandono da atividade. As novas tecnologias para a recuperação dessas pastagens não vêm sendo adotadas e, quando adotadas, na sua grande maioria, com a utilização de procedimentos incorretos.

A Zona da Mata de Minas Gerais possui como características principais, a predominância de topografia acidentada e solos bastante intemperizados, com elevada acidez e baixa fertilidade. Esta região é caracterizada por apresentar relevo forte ondulado e montanhoso, onde predomina a pecuária extensiva sobre pastagem natural ou "naturalizada". A utilização intensiva dessas pastagens após vários anos tem levado a depauperização dos



solos com conseqüente perda de capacidade produtiva culminando na degradação das pastagens, dominadas basicamente por capim-gordura (*Melinis minutiflora* Pal. De Beauv.), com a constante presença de sapé (*Imperata brasiliensis* Trin.) (CARVALHO e ALVIM, 2000).

Este quadro tem sido uma das principais causas do empobrecimento dos pecuaristas na região. Como conseqüência, têm alcançado baixos níveis de produtividade, em leite e carne, produzindo o êxodo rural a taxas elevadas. Além desse prejuízo em seu aspecto sócio-econômico, ocorre também, dano ao meio ambiente. Segundo um grupo de trabalho constituído por professores da Universidade Federal de Viçosa, em parceria com os comitês das Bacias do Leste, observaram que as pastagens degradadas da região foram apontadas como a principal causa da redução na vazão dos recursos hídricos, devido à redução da reserva dos aquíferos, cuja recarga é dependente da cobertura vegetal natural (MARCO JÚNIOR e MARCO, 2000; VALENTE et al., 2002).

Um estudo realizado por CHAGAS et al. (2002), tendo como área piloto escolhida para a avaliação dos níveis de degradação das pastagens, localizada entre as coordenadas 20° 39' 41" e 20° 42' 42" de Latitude Sul e 42° 49' 58" e 42° 46' 32" de Longitude Oeste, englobando parte dos municípios mineiros de Viçosa (maior área), Teixeiras e São Miguel do Anta, perfazendo 3.314ha, confirmam o atual estágio de degradação. A identificação dos níveis de degradação das pastagens foi realizada a partir da análise de imagens ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer), obtida em 05 de abril de 2001. Optou-se pela utilização de 4 níveis de degradação (leve, moderado, forte e muito forte). A imagem foi classificada utilizando-se o algoritmo classificador Mahalanobis Distance do ENVI, e após esta etapa foi verificado, por meio da matriz de erros (coeficiente Kappa), o nível de exatidão ou confiança desta classificação. A interpretação da imagem identificou 2 classes de uso da terra (Mata/Capoeira e Cafezal) e 3 níveis de degradação das pastagens naturalizadas (moderado, forte e muito forte). O resultado obtido com a utilização do estimador de acerto Kappa (matriz de erros) para a classificação realizada foi de 0,83, valor considerado excelente ( $0,8 < K \leq 1$ ). Os resultados podem ser observados no Quadro 8.

QUADRO 8 - Quantificação das classes de uso e cobertura vegetal natural da área estudada

<b>Classes</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
Mata Primária e, ou, Secundária e, ou, Capoeira	958	28,73
Cafezal	51	1,54
Pastagem no nível de degradação moderado	272	8,21
Pastagem no nível de degradação forte	1871	56,46
Pastagem no nível de degradação muito forte	168	5,07
Total	3.314	100

Fonte: CHAGAS et al. (2002).

Observa-se, que a maior parte das pastagens se encontra no nível de degradação forte (56,46%). Para agravar a situação, agricultores da região têm tentado recuperar suas pastagens de maneira equivocada agravando ainda mais esta situação. O Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite CNPGL/EMBRAPA - Coronel Pacheco, MG e a Universidade

Federal de Viçosa, há alguns anos vêm estudando esta situação e propondo algumas soluções práticas de manejo e de recuperação, adaptadas à região e de baixo custo para os produtores.

### ➤ **Análise do Problema**

Na Zona da Mata Mineira, o desmatamento da vegetação de Mata Atlântica visando o estabelecimento de cultivos agrícolas como café, milho e feijão, foi inicialmente bem sucedido graças aos elevados teores de matéria orgânica destes solos. Com o passar do tempo, em função da declividade do terreno e do manejo empregado, ocorreu o seu esgotamento em função da erosão da camada superficial do solo e da excessiva exportação de nutrientes pelas culturas, agravada pela ausência de adubações de reposição. Considerando as suas baixa fertilidade e elevada acidez originais, o tipo de agricultura praticada não era sustentável, levando a perda da produtividade agrícola (CARVALHO, 1998; CARVALHO e ALVIM, 2000).

Com o declínio das culturas agrícolas, esses solos passaram a ser utilizados como pastagens naturalizadas de capim gordura (*Melinis minutiflora* Pal. De Beauv.), gramínea de baixa capacidade de suporte, mas que há tempos tem desempenhado importante papel na conservação dos solos desta região. É considerada uma planta tolerante a baixa fertilidade e a deficiência moderada de água; entretanto, é muito sensível ao pisoteio excessivo, a cortes freqüentes e ao fogo, podendo desaparecer quando este for freqüente. Atualmente, tem sido utilizada a grama batatais (*Paspalum notatum* Flüg), também com baixa capacidade de suporte; e o capim-jaraguá (*Hyparrhenia rufa* (Ness.) Stapf), que apresenta baixa resistência ao pisoteio (PIMENTEL e HARVEY, 1999; CARVALHO, 1998; CARVALHO e ALVIM, 2000).

Em razão do manejo inadequado e o excesso de pastoreio, produzindo como resultado final o total consumo das pastagens e o pisoteio excessivo, grande parte das pastagens encontra-se degradada. Nessas condições, com o solo descoberto e infestado por invasoras, concorrem ainda mais para reduzir a produção animal e a economia das propriedades, culminando na descapitalização dos produtores. Como maneira de contornar esta situação, os produtores têm tentado introduzir gramíneas forrageiras mais agressivas e produtivas, como é o caso das braquiárias (*Brachiaria* sp.), com relativo sucesso nas áreas de menor declividade (COSTA, 2000; CARVALHO e ALVIM, 2000).

Porém, naquelas aonde o declive é mais acentuado, a recuperação tem agravado o problema em função de técnicas inapropriadas para implantação das pastagens, inclusive com a utilização de tratores de esteira trabalhando no sentido longitudinal do declive, favorecendo a remoção de partículas de solo pelo vento e pela chuva. Este tipo de preparo do solo com maquinário excessivamente pesado a) aumenta a compactação do solo, favorecendo o aparecimento de camadas adensadas; b) reduz a porosidade da camada arável; e c) gera enxurradas que levam ao assoreamento dos mananciais e, conseqüentemente, reduz a capacidade de drenagem, impedindo a recarga dos aquíferos (COSTA, 2000; CARVALHO e ALVIM, 2000).

Segundo COSTA (2000), o fato das gramíneas serem consideradas mais resistentes que a maioria das plantas cultivadas, faz com que grande parte dos pecuaristas não considere o pasto como uma cultura, levando-os a adotar práticas de manejo inadequadas para a sua manutenção e conservação. Hoje, neste segmento, uma das principais preocupações refere-se à degradação.

Para a sociedade, o grande prejuízo que o agravamento da degradação das pastagens acarreta, entre outros, é o seu efeito negativo sobre os recursos hídricos. A compactação dos solos pode gerar como impactos ambientais a) a diminuição no número e na vazão das nascentes; b) a perda de volume por sedimentação - ou seja, o assoreamento dos corpos d'água; e c) a eutrofização de lagos, lagoas e represas (CARVALHO e ALVIM, 2000; COSTA, 2000; TUNDISI, 2003).

### ➤ **Causas da degradação**

A degradação do solo tem início quando se interfere na sua cobertura natural, eliminando-a simplesmente ou substituindo-a por uma cultura mal conduzida. No primeiro caso o solo fica exposto à erosão, sendo os efeitos dos agentes erosivos mais ou menos intensos, conforme a resistência do solo à erosão. No segundo caso, a degradação do solo pode ser causada tanto pela erosão, quanto pela deterioração de suas propriedades por uso e manejo indevidos. O solo, desprovido de cobertura vegetal e da ação fixadora das raízes e exposto ao impacto direto da chuva ou do vento, sofre desagregação e remoção de suas partículas. Este efeito é complementado pelo escoamento superficial das águas, ou pela abrasão das partículas transportadas pelo vento (EMBRAPA, 1980).

Dessa forma, pode-se afirmar, que os principais fatores de degradação das pastagens em topografia montanhosa estão relacionados à ocupação irregular das encostas. Para SELBY (1993) e GUERRA (2003), a combinação das características das encostas - declividade e forma, associados à geologia, a redução da cobertura vegetal ou retirada da vegetação que aumentam o deflúvio superficial ("runoff"), a erodibilidade do solo - em conjunto com a ação climática, ao uso e ao manejo do solo com queimadas excessivas e o superpastoreio, nestas superfícies montanhosas, podem causar sérios impactos em termos de erosão, inclusive, por voçorocas e com movimentos de massa.

Para NASCIMENTO JÚNIOR et al. (1994), qualquer critério que seja proposto para avaliar o estágio de degradação do solo deve, necessariamente, considerar fatores como a diminuição da produção e a mudança na composição botânica. A observação na queda da capacidade de suporte, no entanto não tem sido suficiente para conscientizar à adoção de ações de manejo de manutenção, o que tem obrigado posteriormente à utilização de alternativas de recuperação ou renovação mais onerosas e de difícil realização do ponto de vista econômico. Quando a degradação se encontra em grau mais avançado, a estabilidade do solo é uma condição a ser avaliada, por meio de indicadores, tais como: a) condutividade

hidráulica saturada; b) conformação do sistema radicular; c) densidade e porosidade do solo; e d) cobertura do solo.

De acordo com PEREIRA (2004), o processo pode apresentar diferente intensidade em função de diversos elementos componentes do complexo solo/planta/animal. A Figura 4 representa, simplificada, a seqüência de eventos do processo de degradação de uma pastagem cultivada.



FIGURA 4 - Representação simplificada do processo de degradação da pastagem cultivada em suas diferentes etapas no tempo. Fonte: PEREIRA (2004).

Como principais fatores de degradação das pastagens citadas na literatura, além daqueles já comentadas, destacam-se: a) a ausência de cobertura vegetal; b) o manejo inadequado do pastejo (sub ou superpastejo); c) as deficiências nutricionais no solo; e d) a presença de invasoras, pragas e doenças. Como agravante desta situação, as técnicas de manejo e recuperação incorretas, tais como: a) queimadas anuais; b) falta de adubação de reposição; e c) ausência de correção da acidez do solo. Contribuem também, a má organização na estrutura das pastagens, tais como: a) a divisão e localização inadequada de cercas, cochos e bebedouros; b) o tipo de forrageira e seu hábito de crescimento (as que apresentam hábitos de crescimento estolonífero e rizomatoso, pela localização de seus meristemas apicais, que raramente são atingidos pelo pastejo, são mais resistentes), em algumas situações não adaptadas às condições edafoclimáticas local; e c) principalmente, o preparo do solo feito no sentido da maior declividade (COSTA, 1980; MOREIRA, 1980; NASCIMENTO JÚNIOR et al., 1994; EMBRAPA, 2001).

Segundo BARUQUI et al. (1985), áreas com ausência de vegetação surgem nas pastagens e estão localizadas no topo e no terço superior das elevações, incidindo nas partes mais declivosas. A vegetação de topo permite a manutenção de um reservatório de nutrientes que contribuem para o enriquecimento do solo da encosta, com o escoamento superficial da água das chuvas. Com a retirada da vegetação, o solo do topo perde nutrientes, não

conseguindo mais alimentar o da encosta, tornando-se ainda mais deficiente em minerais, que são geralmente acumulados na base vegetada da encosta, como pode ser observado na Figura 5.

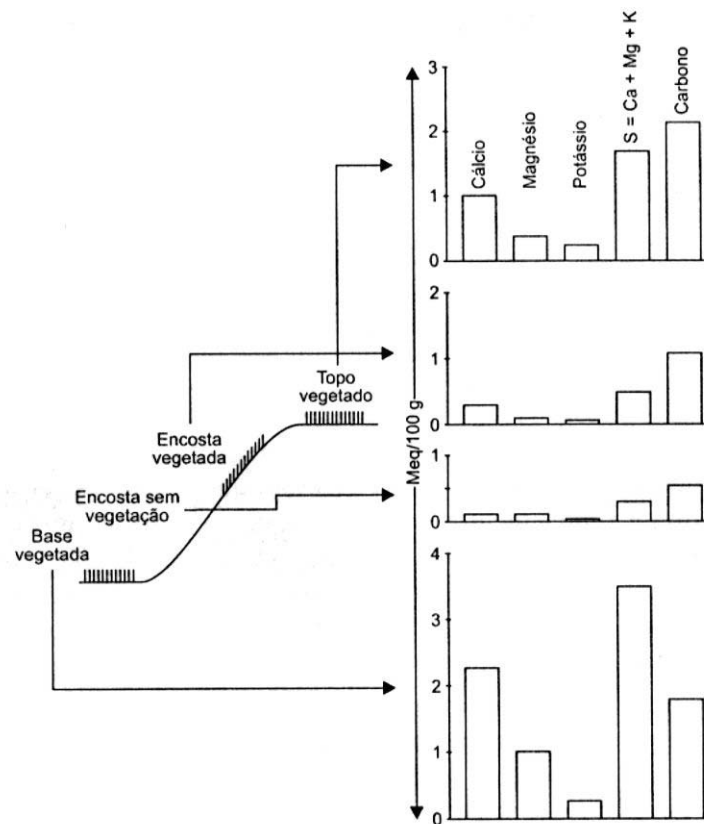


FIGURA 5 - Teores de nutrientes do primeiro centímetro de Latossolo Vermelho-Amarelo Álico (LVa), em diversas posições de uma toposequência. Fonte: BARUQUI et al., 1985.

Além do problema relacionado com a perda de nutrientes, estas áreas retêm pouca água, em comparação com áreas vegetadas, e o fato de se posicionarem em relevo íngreme, acarreta baixa infiltração e percolação, com o aumento do escoamento superficial (“wash”), resultando em maior erosão. A desagregação superficial provocada pelo impacto das gotas de chuva (“splash”), pode provocar selamento superficial do solo, condicionando a redução da porosidade total e da macroporosidade nas camadas superficiais, reduzindo a sua permeabilidade, favorecendo a redução da taxa de infiltração de água. O solo desprotegido de vegetação fica sujeito à erosão e à variações mais bruscas de temperatura (COSTA, 1980). Para RESENDE et al. (1993), essa condição expõe a superfície do solo às radiações solares diretas, propiciando grande aquecimento da superfície durante o dia e maior resfriamento durante a noite, criando ciclos de umedecimento e secagem intensos que provocam a expansão e contração do solo, produzindo o seu fendilhamento e a destruição dos agregados. Essa maior flutuação da temperatura torna a superfície do solo menos adequada à vida da micro e mesofauna, em função da oxidação da matéria orgânica, impondo restrições à germinação das sementes das gramíneas e outras plantas desejáveis. Também, o

desequilíbrio nas relações de temperatura e de umidade entre o solo e as plantas, aumentando a evaporação da água do solo, ocasionam o rebaixamento do lençol subterrâneo e o desaparecimento de nascentes.

➤ **Motivos da adoção incorreta ou da não adoção**

O problema da degradação é bastante antigo e sua reversão tem sido tentada, na maior parte das vezes, empiricamente, pelos produtores brasileiros ao longo de muito tempo. Observa-se, do ponto de vista técnico, que nas áreas de topografia suave, as pastagens recuperadas apresentam-se, geralmente, bem formadas. Entretanto, nas áreas de maior declividade, observa-se a presença de ravinamento no sentido longitudinal do terreno, possivelmente originado pela ação dos sulcos da grade aradora pesada, aumentados por constantes enxurradas. Esta prática de recuperação é tecnicamente condenável, cujas conseqüências negativas são mais perceptíveis nas áreas mais íngremes. Inclusive, observa-se que a maior procura nesta região por trator de esteira para a recuperação de pastagens, que têm sido praticadas no sentido “morro abaixo”, não se justifica economicamente, pois o seu custo é mais elevado. Os produtores tentam justificar o seu uso pela falta de mão-de-obra e pela pouca disponibilidade de equipamentos e animais para tração, dificultando a procura por práticas e técnicas ambientalmente corretas. Observa-se, também, a pressa dos produtores na consecução do trabalho, posto que o tempo requerido por trator de esteira para esse fim, é bem inferior. Os sistemas de plantio em faixas e covas, recomendados para regiões acidentadas, dependem de maior número de horas trabalhadas para a sua conclusão. De forma comprometedora, a grande movimentação do solo promovida por trator de esteira, favorece o crescimento da pastagem implantada no primeiro ano após o plantio. Porém, não é sustentável, posto que a produtividade tenderá a decrescer com o passar do tempo, devido a perda de nutrientes e matéria orgânica pela erosão. Entretanto, essa tem sido a regra, que é uma falsa ilusão para aqueles que adotam este tipo de técnica. Observa-se, também, que os produtores, por precaução ou desinformação, utilizam quantidades superiores àquelas tradicionalmente recomendadas de sementes, excesso que poderia ser substituído pelo uso de corretivos e fertilizantes (EMATER, 2003a).

Dessa forma, as adoções das tecnologias existentes não têm sido adotadas, ou inadequadamente adotadas, principalmente por: a) deficiência quantitativa e, em alguns casos, qualitativa dos técnicos da extensão rural nos procedimentos de difusão tecnológica; b) ausência de monitoramento durante as operações de recuperação; c) capacitação dos produtores, que é fator primordial para que se alcance o uso sustentável das pastagens, não tem sido devidamente realizada. Nitidamente, pode-se observar que não tem sido realizado o manejo do pastoreio adequadamente, pois as pastagens apresentam-se com baixa altura, indicando superpastejo; d) falta de parcerias entre os órgãos de pesquisa e os de extensão; e) uso de metodologias de divulgação de novas tecnologias inadequadas; f) aversão à mudança, que é dependente de fatores sócio-culturais; g) percepção incorreta por parte dos produtores

de que é necessário muito investimento para a recuperação; e h) falta de uma definição da política agrícola regional, por exemplo, ausência de crédito para a recuperação de áreas de pastagens degradadas.

➤ **Consideração final**

A compactação excessiva da camada superficial do solo, posto que a capacidade de suporte das pastagens não é observada, reduzem a infiltrabilidade da água no solo, aumentando o escoamento superficial implicando em uma maior perda de solo por uma variedade de processos erosivos, tais como erosão laminar (“wash”), ravina (“rill”) e voçoroca (“gully”). Ou seja, a ação antropogênica pode dar início a processos geomorfológicos acelerados e com significativa gravidade, resultado do manejo inadequado e sem as devidas observações necessárias de práticas culturais e de manejo. Por exemplo, respeito à reposição dos nutrientes exportados, utilizando-se de práticas de fertilização.

Ao mesmo tempo, as técnicas de recuperação e as práticas de conservação do solo, próprias para áreas montanhosas, não vem sendo bem divulgadas e, ou, assimiladas pelos produtores. Algumas das forrageiras utilizadas não são adaptadas às condições edafoclimáticas predominantes e áreas com declive muito acentuado, que deveriam ser direcionadas como áreas de proteção ou exploração florestal com plano de manejo sustentável, continuam sendo utilizadas como pastagens.

A capacitação dos produtores e o acompanhamento da assistência técnica são fatores primordiais para que haja o uso sustentável das pastagens. Entretanto, essa condição não vem sendo alcançada ou devidamente promovida. Sabe-se, que o uso do solo por meio de manejo adequado, com a utilização de práticas conservacionistas, pode retardar ou mesmo impedir que processos de degradação ocorram.

A degradação de pastagens é um dos principais empecilhos para o bom desempenho da atividade pecuária em regiões de clima tropical e subtropical, causando grandes prejuízos econômicos e ambientais. Assim, o entendimento do fenômeno da degradação de pastagens e as suas causas, é essencial para formular estratégias de recuperação da produtividade dessas áreas, evitando-se casos de pauperização dos produtores, reduzindo a pressão de desmatamento que vise a formação de novas áreas para pastejo. A recuperação de pastagens degradadas, portanto, incentiva o aumento da produtividade pecuária, fixa o homem ao meio rural, sem a necessidade de promover a expansão das áreas de exploração pecuária.

#### **4.1.5.6. Os modelos de produção agropecuário e florestal**

No complexo contexto histórico das atividades agropecuária e florestal brasileiras, com excesso de privilégios a determinados grupos de interesses, particularmente na segunda metade do século XX, o crescimento da urbanização e da industrialização superpôs-se a uma estrutura agrária essencialmente concentrada e desigual. Dessa forma, foi implantada uma

rápida dinâmica de transformação rural, expressa no desenvolvimento de complexos agroindustriais fundamentados na mecanização, na irrigação e no uso crescente de agroquímicos, na maioria das vezes, todos dependentes de energia não biológica. No Brasil, a manifestação dessa dinâmica de transformação, envolveu um conjunto integrado de políticas, em grande parte executadas durante o governo militar, tais como: a) a renovação nos currículos das principais escolas agrônômicas, com grande influência norte-americana; b) a criação do “Sistema Nacional de Crédito” em 1966, intenso até os anos 90, inclusive com subsídios mal administrados, que condicionava o apoio financeiro à aceitação de pacotes de assistência técnica, dos quais constava a compra de sementes e insumos modernos, abrindo espaço para o mercado desses produtos no Brasil; c) o estímulo à transformação da grande propriedade em grande empresa, com o crescimento da mecanização em detrimento da permanência de famílias de baixa renda no campo, seja como parceiros, arrendatários, posseiros ou trabalhadores assalariados; e d) o desinteresse pelo modelo familiar, que ficou praticamente excluído até recentemente, do crédito e da assistência técnica, provocando o abandono de milhares de pequenas propriedades pela incapacidade de competir nesse novo modelo sócio-econômico (PÁDUA, 2003).

A consequência foi o êxodo rural, proveniente principalmente do favorecimento excessivo a algumas regiões específicas, em detrimento de outras. Na atual crise mundial, em que o desemprego estrutural domina os sistemas urbano-industriais, a manutenção da desruralização como estratégia modernizadora constitui uma atitude irracional. Porém, na prática, é o que continua acontecendo, posto que entre 1985 e 1995, cerca de 5,5 milhões de ocupações em atividades agrícolas foram eliminadas (SILVA, 2001; PÁDUA, 2003). De acordo com SANTO (2004), para cada real de renda da agricultura brasileira viabiliza outros 3,5, ativando os setores industrial e de serviços, gerando emprego e renda, impostos e divisas.

Apesar de existirem variações dentro de cada modelo de produção e de desenvolvimento, com inúmeras formas intermediárias entre eles, dois podem caracterizar e analisar as atividades agropecuárias e florestais, em nível mundial (WEID, 1996): a) modelo tradicional ou familiar; e b) modelo convencional ou agroquímico.

#### **4.1.5.6.1. Modelo tradicional ou familiar**

A Agenda 21 Brasileira considera fundamental que se promova a substituição progressiva dos sistemas agropecuários e florestais muito simplificados, como as monoculturas, por sistemas diversificados, sobretudo os rotacionais, que integrem a produção animal e vegetal. Esses sistemas têm demonstrado uma série de vantagens agrônômicas e econômicas e estão em conformidade com os anseios do desenvolvimento sustentável: garantir a segurança alimentar e a conservação dos recursos naturais para as futuras gerações. A crescente concentração da produção em torno de uma única cultura, como no caso da soja, criará problemas econômicos, sociais e ambientais futuros. Por estas questões, a extensão e a pesquisa têm estado voltadas, cada vez mais, para uma dupla preocupação: a)



intensificação do uso do solo nas terras já ocupadas, sobretudo nas de pecuária; e b) desenvolvimento de fontes de geração de renda em sistemas baseados na conservação de recursos naturais, como os sistemas agroflorestais (SAF's). Há sinais, apesar de discretos, que os poderes públicos estaduais e municipais também começam a enxergar na conservação dos recursos naturais como uma fonte para o desenvolvimento das regiões, que resumem uma estratégia de desenvolvimento sustentável mais próxima para o interior (ENA, 2003).

Uma estratégia de desenvolvimento sustentável no Brasil não pode, entretanto, basear-se na continuidade do processo de degradação da riqueza que é a sua biodiversidade. Isso não significa que se menospreze a importância das superfícies já incorporadas à produção agropecuária e florestal. Ao contrário, a recuperação dessas áreas deve ser a base de uma agropecuária e silvicultura sustentáveis. Os investimentos que se fizerem nessa direção devem ser acompanhados de um imenso esforço do governo e da sociedade - sobretudo das populações e dos poderes existentes em cada uma das localidades - para que sejam reduzidos os monocultivos. Estes, pela sua própria extensão, desvinculada das questões ambientais, têm simplificado perigosamente a paisagem e reduzido grande parte da vegetação nativa à condição de ilhas ou fragmentos florestais. Por não possuírem dimensões permanentes, uma vez que o efeito de borda nos mesmos é acentuado, os fragmentos têm a sua capacidade de regeneração reduzida, como também a permanência tanto das plântulas quanto das árvores adultas. Considerando que muitas espécies arbóreas não sobrevivem na ausência de outras espécies, em face de suas relações ecológicas, é mais um fator negativo que contribui para a instabilidade dessa vegetação remanescente (ENA, 2003; BRIGANTE et al., 2003d).

Nesse sentido, os modelos de produção agropecuários e florestais alternativos, tais como a agroecologia, biodinâmica, orgânica, natural e a agrossilvicultura diversificada, como nos sistemas agroflorestais (SAF's), podem ser considerados uma tendência. É necessário o desenvolvimento de um modelo capaz de ser produtivo com respeito aos recursos naturais, capaz de gerar emprego e renda, com equidade social. Na visão de ALTIERI (1989), esse modelo deve ser capaz de otimizar: a) a disponibilidade e o equilíbrio do fluxo de nutrientes; b) a proteção e conservação da superfície do solo; c) a utilização eficiente dos recursos água, luz e solo; d) a manutenção de um nível alto de fitomassa total e residual; e) a exploração de adaptabilidade, diversidade e complementaridade no uso de recursos genéticos animais e vegetais; e f) a preservação e integração da biodiversidade.

Os problemas gerados pela adoção de pacotes tecnológicos, nem sempre apropriados às características do ambiente, têm chamado a atenção para o modelo familiar. Este modelo, conceitualmente, por não dispor destes pacotes, posto que as pesquisas e as tecnologias utilizadas devem estar baseadas na disponibilidade dos recursos locais, a implantação dos modelos alternativos fica facilitada pelo modelo familiar: este é o motivo principal da sua revalorização e reconhecimento por muitos especialistas. Por envolver um caráter artesanal, associa-se mais facilmente à escala da gestão familiar (WEID, 1997). Essa transformação deverá ser realizada em escala apropriada, descentralizada, com a gestão da

terra e dos recursos naturais direcionada por indivíduos inseridos no contexto desse sistema, ou seja, que se sinta parte integrante dele e não apenas como uma empresa que objetiva lucro.

#### **4.1.5.6.2. Modelo convencional ou agroquímico**

Conhecido também como modelo moderno, responsável pela “Revolução Verde”, responde ao anseio milenar do homem de poder controlar a natureza, exercendo sobre ela o máximo domínio e a artificialização do meio ambiente (WEID, 1996). O modelo agroquímico desenvolveu-se na Europa e nos Estados Unidos ao longo do século XX, ganhando importância significativa após a Segunda Guerra Mundial. O seu objetivo seria a assimilação da agricultura à indústria, onde se pretendia exercer o controle sobre todas as variáveis produtivas ambientais.

Neste paradigma, um dos elementos centrais é a eliminação da biodiversidade e a máxima homogeneização do sistema. Dessa forma, o privilégio único seria da espécie a ser cultivada, sendo que todas as demais são consideradas concorrentes: devendo, portanto, ser eliminadas, como também as pragas e doenças. Dentro desse princípio, ocorre uma maior facilidade para lidar com os parâmetros de controle, tais como água, luz e nutrientes. O objetivo final desse modelo encontrava-se na manipulação genética das plantas, predeterminando suas características fisiológicas, permitindo flexibilizar o controle dos fatores ambientais, produzindo plantas que se adaptem a estes (*ibidem*).

O grande problema e restrição desse modelo referem-se à redução da biodiversidade, tornando a produção totalmente dependente de fatores externos ao sistema propriamente dito, tais como: a) as sementes são produzidas em laboratórios; b) os fertilizantes têm origem mineral e são processados industrialmente; c) os defensivos agrícolas também provêm de indústrias químicas; d) a energia utilizada tem origem fóssil; e) alta dependência de equipamentos com elevado consumo energético, necessitando de altos investimentos e tributário de sistemas financeiros (*ibidem*). A Índia, por exemplo, está terminando o processo de substituição de suas 30 mil variedades nativas de arroz, por uma única variedade que liquidará séculos de cultura e de conhecimento botânico (BENYUS, 1997).

Uma outra característica desse modelo é a concentração de propriedades e a eliminação de postos de trabalho no campo. No primeiro mundo, embora não tenha provocado, acompanhou o esvaziamento do campo. Na Europa, houve a adoção de medidas de política pública, em favor da agricultura familiar. O principal sucesso desse modelo foi o significativo aumento na produtividade, tendo como consequência direta a segurança alimentar e a queda dos preços dos produtos agrícolas (ALVES e CONTINI, 1987; WEID, 1996; ALVES, 2001; SANTO, 2004).

Nos ecossistemas tropicais, devido à maior heterogeneidade, ela não conseguiu obter a mesma eficiência que nos ecossistemas temperados (WEID, 1996)

#### 4.1.5.6.3. A importância dos modelos no mundo atual e os desafios para o futuro

O modelo agroquímico é dominante nos países desenvolvidos e emergentes, enquanto o modelo familiar domina os países periféricos, nos quais 1,4 bilhão de pessoas depende desse sistema para a sua sobrevivência. Em outra estimativa, 80% das terras cultivadas em todo o mundo utilizam o sistema tradicional e, dentro dessa realidade, existe alimento suficiente para alimentar a população mundial. De fato, o desequilíbrio existente deve-se ao consumo desproporcional entre os países desenvolvidos e os países subdesenvolvidos. Por esse motivo, a solução deve vir por meio de uma melhor distribuição de renda, principalmente quando a expectativa da população em 2025 é de 3 bilhões de pessoas superior a atual, necessitando de uma produção em dobro daquela hoje existente. Pode-se concluir que a questão de segurança alimentar está mais relacionada a problemas macroeconômicos e sociais do que aos modelos de produção praticados pelos sistemas agropecuários, pelo menos atualmente (WEID, 1996).

O interesse do modelo convencional concentra-se nas áreas de maior fertilidade, as quais praticamente já se encontram ocupadas. Pode ser verificada uma forte desaceleração da velocidade de expansão das áreas plantadas dentro do modelo agroquímico, sem ganhos significativos em produtividade. Vários fatores inibem a otimização da produtividade: a) as condições reais são bastante diferenciadas entre si e em relação às condições controladas em situações de pesquisa; b) os limitantes econômicos têm colocado freios significativos no uso das opções tecnológicas disponíveis; e c) as reações do meio ambiente têm levantado questionamentos quanto à eficiência destas opções (*ibidem*).

A defesa do modelo familiar como caminho à sustentabilidade, não se resume simplesmente à questões conceituais, mas também em indicadores concretos: esse modelo tem demonstrado forte capacidade de resistência, produtividade e eficácia, com potencial de gerar emprego e renda promovendo a equidade social, apesar da falta de apoio à pesquisas e do crédito limitado. Recentemente, foi comprovado que, entre 1989 e 1999, as propriedades rurais com área inferior a 100 ha, apresentaram taxa de crescimento anual médio do rendimento físico da produção, de 5,80% contra 3,29% nas grandes propriedades. Também, a taxa anual média de crescimento da quantidade produzida pelo modelo familiar foi de 3,79% ao ano contra 2,60% no modelo agroquímico. Deve-se considerar, ainda, a importância do modelo familiar na produção de produtos básicos de consumo interno, particularmente aqueles de menor possibilidade de agregação de valores, porém indispensáveis aos nossos hábitos alimentares, principalmente das populações de baixa renda. Para exemplificar, ele foi responsável pela produção de 84% da mandioca, 67% do feijão e 49% do milho. Também, apesar das limitações de área, de crédito e também de assistência técnica, foi responsável pela produção de 32% da soja, 33% do algodão e 25% do café. Por meio de dados coletados no período de 1995/1996, constatou-se que o modelo familiar foi responsável por 37,9% do valor bruto da produção, empregando 13,8 milhões de trabalhadores, apesar de receber apenas 25,3% do financiamento total, cerca de 938 milhões de reais. Com a clareza que esses

dados evidenciam, considerando o universo de 11,6 milhões de pequenos proprietários que possuem em média 30 ha de terra, se apoiados por meio de concessão de crédito e amparados pela assistência técnica, e com uma política agrícola séria e consistente de médio e longo prazo, para que haja segurança na condução da cultura e no processo de comercialização, esse grupo pode constituir o eixo da agropecuária e silvicultura sustentáveis no Brasil (PÁDUA, 2003). Inclusive a reforma agrária, que historicamente tem sido vista como política social compensatória, pode ser pensada como um instrumento estratégico de desenvolvimento regional sustentável (WEID, 1997; HOMEM DE MELO, 2001; PÁDUA, 2003).

#### **4.1.5.6.4. A sustentabilidade do modelo familiar**

Embora também existam impactos ambientais no modelo familiar, devido ao pequeno tamanho das propriedades, os impactos ambientais negativos são bem menores que aqueles do modelo agroquímico. Devido aos baixos custos de produção pela pequena utilização de insumos e baixa remuneração da mão-de-obra, o preço final dos produtos pode ser inferior, além de estar menos vulnerável a bruscas alterações sofridas pelos insumos importados (WEID, 1996).

Uma das principais limitações desse modelo é a baixa produtividade. Porém, caso houvessem pesquisas voltadas para o modelo familiar, na mesma proporção direcionada ao modelo agroquímico, provavelmente soluções já teriam surgido. Apesar destas limitações, baixa produtividade e propensão à pauperização, o modelo familiar obedece a um processo que o aproxima da dinâmica do meio ambiente. A diversificação de culturas promove o aumento da biodiversidade, que é fundamental para a sustentabilidade dos recursos naturais e do ecossistema como um todo (WEID, 1996; ZAMBERLAM e FRONCHETE, 2001).

De acordo com Alves et al. (2001), *apud* SANTO (2004), a renda obtida por produtores deste modelo, tem sido o principal motivo que os obrigam a migrar para os centros urbanos. Estes autores estudaram a situação dos produtores com menos de 100 ha, que representam de 86% a 90% do número total de estabelecimentos (possuindo apenas, aproximadamente, 20% da superfície total declarada), de acordo com os últimos 7 Censos do IBGE, desde 1950. Considerando o critério de Renda Bruta Familiar (refere-se ao valor da produção vendida pelo estabelecimento durante todo o ano mais o consumo da família, deduzidos os gastos com terra, máquinas e equipamentos, benfeitorias, animais e insumos comprados ou fabricados no estabelecimento, trabalho assalariado e mão-de-obra), apenas 36% dos estabelecimentos garantem uma remuneração igual ou superior a dois salários mínimos. Quando o critério é Renda Líquida Familiar (exclui os valores correspondentes ao consumo da família, portanto cobre apenas a produção efetivamente vendida), apenas 16% atendem essa exigência. Nas regiões mais pobres, como nos estados do Nordeste, este problema se agrava ainda de forma mais intensa. No Ceará, 96% dos produtores deste modelo recebem um salário mínimo ou menos.

Mediante a situação atual de degradação ambiental, que esta condição de renda pode incrementar, um novo modelo precisa ser desenvolvido e implementado. Não só para garantir a sustentabilidade, mas também para propiciar condições de recuperação de áreas degradadas, de tal forma a reincorporá-las ao processo produtivo, evitando a abertura de novas fronteiras de exploração, que inevitavelmente, reduzem e agridem os recursos naturais.

A estratégia deverá ser sustentada por um tripé (SILVA, 2001; PÁDUA, 2003): a) geração e difusão de tecnologias apropriadas; b) capacitação de todos os membros das famílias rurais; e c) organização dos produtores. Uma ação sinérgica desses três componentes mínimos poderá alterar a situação atual, na direção da sustentabilidade do modelo familiar. Há que se considerar, também, a necessidade na definição de uma política agrícola consistente e de longo prazo, tais como a liberação de financiamentos, seguro, garantia de preço mínimo que cubra o custo de produção e uso de tecnologias.

Para OLIVEIRA JÚNIOR (2004), a incorporação de tecnologia ao perfil dos produtores do modelo familiar poderá ser realizada de acordo com as características diferenciadas por região, culturas e nicho de mercado onde estes estão inseridos. Isto porque, os principais problemas que atualmente afetam os sistemas produtivos neste segmento, referem-se a falta de recursos financeiros, volume e tempo para produção agrícola, apoio técnico para as atividades dentro da propriedade e a titulação das terras. De acordo com este mesmo autor, no Estado de Roraima, um grupo de produtores foi selecionado para instalação e cultivo protegido, a partir de 2002. Com a adoção de tecnologia subsidiada, promoveu-se um incremento da produção agrícola, voltada para a horticultura, gerando produtos selecionados. Resultados de pesquisas atuais inserem a agricultura familiar como parte da cadeia produtiva e do agronegócio, gerando renda suficiente para o estabelecimento do homem no campo. Embasado nestes resultados, depreende-se que este modelo torna-se rentável, desde que sejam adotadas as tecnologias adequadas e respeitadas as questões ambientais e o aproveitamento racional dos recursos naturais.

#### **4.1.5.6.5. A sustentabilidade do modelo agroquímico**

A sustentabilidade do modelo agroquímico, além das questões já expostas, pode ser questionada por três principais motivos (WEID, 1996): a) a tendência de esgotamento da matriz energética; b) o horizonte reduzido de durabilidade de minerais como o fósforo e o potássio; e c) os altos custos unitários dos insumos de produção. Além desses fatores, há também os impactos ambientais provocados pelo modelo agroquímico, tais como: a) erosão; b) poluição e assoreamento dos corpos d'água; c) desequilíbrio nas cadeias naturais; d) eclosão de novas pragas e doenças; e) chuvas ácidas; f) destruição da camada de ozônio e aumento dos gases de efeito estufa; e f) destruição das florestas e da biodiversidade de espécies da fauna e da flora. Essa perda de diversidade torna o modelo agroquímico cada vez mais vulnerável, logo insustentável no médio e longo prazo (WEID, 1996; AMADOR, 1999). No capítulo II, relativo à

Recuperação Ambiental, os impactos ambientais produzidos serão discutidos mais intensivamente.

Além dos já citados, os principais aspectos que garantem a insustentabilidade desse modelo, são (SILVA, 2001; PÁDUA, 2003):

- Degradação ecológica de grandes áreas, com a perda e a conversão de biomas nativos para a sua incorporação como áreas de exploração agropecuária e florestal;
- Desgaste ecológico das áreas em exploração, particularmente à perdas de solo por processos erosivos, ao desperdício de água e à contaminação por agroquímicos (no Brasil, entre 1964 e 1991, o consumo de agrotóxicos aumentou 276,2%, contra 76% do aumento de área plantada; e
- Riscos de salinização dos solos pelo manejo incorreto da irrigação e depleção dos mananciais (o Mar de Aral, na antiga União Soviética, que vem sofrendo uma intensa redução de sua superfície - 66.900 Km<sup>2</sup> em 1960 para 31.938 Km<sup>2</sup> em 1994 - devido ao intenso uso de suas águas para irrigação e, com a redução do volume d'água, são originadas grandes áreas salinizadas - TUNDISI, 2003).

#### **4.1.5.6.6. O direcionamento da pesquisa**

Várias correntes de modelos inovadores de pesquisa são potencialmente promissores, conhecidos genericamente por modelos alternativos. O ponto comum é a tentativa de harmonizar todos os processos de atividades agropecuárias e florestais com as funções essenciais do meio ambiente (WEID, 1996; ZAMBERLAM e FRONCHETI, 2001).

Entretanto, há que se considerar, que as atuais linhas de pesquisa apresentam insuficiente e inadequado fluxo de recursos financeiros que suportem as demandas necessárias para o estudo mais aprofundado e o aperfeiçoamento destes modelos alternativos. A maioria das técnicas é desenvolvida informalmente, pelos próprios agricultores, faltando pesquisas científicas necessárias à sua certificação, dentro de suas propriedades e dirigidas para o estudo das interações bióticas e abióticas existentes dentro dos sistemas (*ibidem*). A EMATER-MG, recentemente, criou um programa de incentivo à agricultura orgânica, oferecendo cursos, assistência técnica, procurando viabilizar negócios, inclusive com a instalação de feiras em locais públicos, além de estímulos à agroindústria. Porém, os recursos têm sido escassos e o número de pessoal qualificado é reduzido para atender à demanda (EMATER, 2003a).

Estas questões são preocupantes, posto que, de acordo com BORLAUG (2004), 85% do crescimento futuro da produção terão de vir de terras já em produção. O potencial de terras disponíveis é limitado. Deve-se, portanto, investir maciçamente em pesquisas, visando o aumento de produtividade, com sustentabilidade.

Como consequência da necessidade de estabelecer alternativas viáveis às diretrizes estabelecidas na Agenda 21, vários agentes de financiamento tem apoiado e disseminado programas de desenvolvimento inovadores que sejam capazes de atingir os objetivos

esperados. Em especial, a Organização das Nações Unidas (ONU), tem estabelecido vários programas nesse sentido (GUNTER, 1999).

As questões relativas a qual modelo adotar são bastante polêmicas, por interesses diversos. Porém, nos países desenvolvidos, o combate à degradação do meio ambiente vem sendo praticado há algum tempo. No Brasil, recentemente, a idéia conservacionista tem crescido significativamente, amparada nas Constituições Federal e Estaduais, no Código Florestal Brasileiro e nas Leis Estaduais. Tais medidas, respaldadas na justiça, mostram a preocupação legislativa e popular em disciplinar o uso dos recursos naturais, visando assegurar a conservação da qualidade do meio ambiente, para todos os modelos de produção.

No Quadro 9, estão resumidas as principais características que diferem o modelo familiar do agroquímico, justificando as atenções da necessidade e da importância da pesquisa ao modelo familiar.

QUADRO 9 - Principais diferenças entre os modelos familiar e agroquímico

Aspectos	Modelo familiar	Modelo agroquímico
Tecnológicos	<p>Adapta-se às diferentes condições regionais, aproveitando ao máximo os recursos locais.</p> <p>Práticas de convivência com limitações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atua considerando o agrossistema como um todo, procurando antever as possíveis conseqüências da adoção das técnicas; e</li> <li>• O manejo do solo visa movimentação física mínima, conservando a fauna e a flora.</li> </ul>	<p>Desconsideram-se as condições locais, impondo pacotes tecnológicos.</p> <p>Práticas de redução de limitações:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Atua intensivamente sobre os fatores produtivos, visando somente o aumento da produção e da produtividade.</li> <li>• O manejo do solo, com intensa movimentação, desconsidera sua atividade orgânica e biológica.</li> </ul>
Ecológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande diversificação. Policultura e, ou, culturas em rotação.</li> <li>• Integra, sustenta e intensifica as interações biológicas.</li> <li>• Associação da produção animal à vegetal.</li> <li>• Agrossistemas formados por espécies de potencial produtivo alto ou médio e com relativa resistência às variações das condições ambientais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pouca diversificação. Predominância de monoculturas.</li> <li>• Reduz e simplifica as interações biológicas.</li> <li>• Sistemas pouco estáveis, com grandes possibilidades de desequilíbrios.</li> <li>• Formado por indivíduos com alto potencial produtivo, que necessitam de condições especiais para produzir e são altamente suscetíveis às variações ambientais.</li> </ul>
Sócio-econômicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retorno econômico a médio e longo prazo, com elevado objetivo social.</li> <li>• Baixa relação capital/homem</li> <li>• Alta eficiência energética. Grande parte da energia introduzida e produzida é reciclada.</li> <li>• Alimento de alto valor biológico e sem resíduos químicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rápido retorno econômico, com pouca consideração para redistribuição de renda.</li> <li>• Maior relação capital/homem.</li> <li>• A maior parte da energia gasta no processo produtivo é proveniente de fora do sistema, sendo em grande parte, dissipada em seu interior, aumentando a sua entropia.</li> <li>• Alimentos de menor valor biológico e com resíduos químicos.</li> </ul>

Fonte: SCHAEFER et al., 2000.

#### 4.1.6. Impactos Ambientais

A perpetuação dos casos de degradação persiste, principalmente, em face da priorização que o homem destina aos benefícios imediatos de suas ações, privilegiando os lucros e o crescimento econômico a custos elevados e relegando, como fosse uma questão secundária, a capacidade de recuperação dos ecossistemas (Godoi Filho, 1992 *apud* SILVA, 1998).

Assim, para COELHO (2001), os impactos ambientais são temporais e espaciais, incidindo de forma diferenciada em cada ecossistema, alterando as estruturas das classes sociais e reestruturando o espaço. Para BERNARDES e FERREIRA (2003), dentro dos atuais modelos de produção que exploram as riquezas da Terra (seus recursos naturais), afetam diretamente o meio ambiente, muitas vezes sofrendo impactos negativos irreversíveis ou de difícil recuperação. Segundo COELHO (2001), para a melhor compreensão de impactos ambientais como processo, é necessário que seja compreendida a história sistêmica de sua produção, o modelo de desenvolvimento adotado e os padrões internos de diferenciação social.

Ao que tudo indica, existe uma correlação negativa entre a taxa de crescimento de uma população humana e a sua qualidade de vida. Dessa forma, as questões macroeconômicas de distribuição de riqueza, recursos e tecnologia, devem caminhar como prioridade no plano das preocupações mundiais. Cabe considerar, entretanto, que as questões religiosas e éticas, bem como as disputas territoriais, devem ser valorizadas. Dessa forma, a relação ser humano-meio ambiente, deve ser considerada uma questão preocupante e central. Observa-se, que algumas mudanças têm sido propostas, visando minimizar esses impactos negativos (LIMA-E-SILVA et al., 1999; PNUD, 2003).

Dentro desse contexto, em praticamente todas as partes do mundo, surgiu a preocupação de promover mudança de comportamento do homem em relação à natureza, a fim de harmonizar interesses econômicos e conservacionistas, com reflexos positivos junto à qualidade de vida de todos (Milano, 1990, *apud* SILVA, 1998). Inicia-se, na década de 60, um movimento internacional que se contrapunha a essa situação, evidenciando um início de preocupação com as questões ambientais. Por força de movimentos ambientalistas, em 1969, nos Estados Unidos, o Congresso americano editou a "National Environmental Policy Act" - NEPA, uma Lei de Política Ambiental aprovada em janeiro de 1970, donde surgiu a avaliação de impactos ambientais (AIA). Esta lei foi criada em face à necessidade de se adequar novos métodos de avaliação de projetos que considerassem, além dos custos e benefícios sociais, a proteção ao meio ambiente e o uso racional dos recursos naturais (ANDREAZZI e MILWARD-DE-ANDRADE, 1990; SILVA, 1998).

Segundo LIMA (1997), a década de 70 figura como um marco de emergência de questionamentos e manifestações ecológicas, em nível mundial. Nesse período, a sociedade, as instituições e os governos, passam a defender a inclusão dos problemas ambientais na agenda do desenvolvimento das nações e das relações internacionais como um todo. Tais



preocupações “refletem a percepção de um conflito crescente entre a expansão do modelo de crescimento econômico, de base industrial, e o volume de efeitos desagregadores sobre os ecossistemas naturais”. O conjunto de impactos ambientais, até então percebidos como resíduos inofensivos do progresso e da expansão capitalista, passa a assumir uma nova dimensão, e a despertar atenção, interesse e novas leituras.

Dessa forma, a avaliação de impactos ambientais, dada a relevância do fator antrópico como causador de degradação, deve considerar e avaliar os aspectos sócio-econômicos e culturais, além dos aspectos biológicos, envolvidos e afetados por esses processos, em face à sua indivisibilidade.

#### **4.1.6.1. Aspectos sócio-econômicos**

Os serviços biológicos prestados pela natureza, que fluem diretamente para a sociedade a partir do estoque de capital natural, têm valor estimado em torno de 36 trilhões de dólares anuais. Tal cifra se aproxima muito do PIB mundial, de cerca de 39 trilhões de dólares, o que nos dá uma medida impressionante do valor do capital natural na economia (HAWKEN et al., 1999). Em outra estimativa, CONSTANZA (1999) afirma que o valor aproximado de “serviços” promovidos anualmente por rios, lagos e represas, apresentou-se como  $1,7 \times 10^{12}$  dólares por ano, ou seja, três vezes o valor total do PIB mundial. Para BELLIA (1996), uma sociedade somente será progressiva (subtendendo-se desenvolvimento) caso ela poupe parte de suas rendas para reposição do capital desgastado na produção, devendo ainda fazê-lo crescer como o investimento da parte da parcela poupada. Porém os conceitos somente são válidos se, concomitantemente, contabilizarmos os dois tipos de capital: o capital feito pelo homem (KM) e o capital natural (KN).

Um dos grandes problemas existentes, historicamente, refere-se aos benefícios dos investimentos ambientais terem sido extremamente subestimados (também, os custos ambientais dos investimentos em produtos tangíveis - recursos minerais, água, energia, relevo, etc.), produzindo deformação nas análises econômicas. Dessa forma, a maximização do valor presente, se bem feita, ou seja, incorporando os custos e benefícios ambientais, será consistente com a sustentabilidade (WORLD BANK, 1992).

Para BELLIA (1996), e também para a maioria dos ambientalistas, é necessário conservar o estoque de capital natural (EKN) como sendo uma condição de sustentabilidade. Na impossibilidade, para os economistas, quando um recurso tender à exaustão, como o petróleo, deve ser compensado por outros investimentos que gerem a mesma renda líquida. Esse procedimento permitiria que o conceito de sustentabilidade fosse ampliado, estabelecendo-se o requisito de que o estoque de capital total ( $EK = EKM + EKN$ ) seja crescente ou, no mínimo, constante ao longo do tempo.

Porém, a interferência do homem no ambiente é cada vez maior em razão da expansão, entre outras, das atividades agropecuárias e florestais, que requerem novas fronteiras, produzindo alterações nos diversos ecossistemas. Esse problema é agravado em

países mais pobres, onde a economia é basicamente rural, está estagnada ou em queda, sendo que os principais motivos são a degradação do solo e as mudanças climáticas. Em função do crescimento acelerado da população, aumentou a desflorestação e a escassez de água (PNUD, 2003). Aspectos sociais influenciam diretamente no manejo que será aplicado ao solo. No manejo onde práticas conservacionistas são reduzidas, características àqueles praticados pelos pequenos produtores que utilizam técnicas rudimentares e extrativistas, e ainda fazem uso do fogo, existe um grande risco de degradação. Nos sistemas produtivos onde são introduzidas novas tecnologias, caso bem manejados, principalmente com relação à reposição da fertilidade do solo, de sua proteção a processos erosivos e cuidados na utilização dos agrotóxicos, os impactos ambientais negativos podem ser reduzidos. Porém, a implantação de monoculturas e o uso abusivo de agroquímicos, trazem sérios problemas ao meio ambiente e ao homem. Pode ocorrer, em algumas situações, a melhoria das condições químicas dos solos, como no Cerrado, após práticas intensivas de fertilização; porém, o mesmo não ocorre com as propriedades físicas, apresentando a sua deterioração com o uso (GOEDERT e LOBATO, 1986). Uma solução para questões que proporcionam alterações químicas e físicas do solo, produzindo o afastamento de suas condições naturais, deve ser a utilização de práticas eficientes de manejo, otimizando a produção e minimizando a degradação (RESENDE et al., 1996).

#### **4.1.6.2. Aspectos culturais**

Define-se cultura, de acordo com COTRIM (1997), como o conjunto de conhecimentos e realizações que o ser humano, vivendo em sociedade, cria, desenvolve e compartilha com seu grupo social. São características da cultura: a) a própria criação dos seres humanos; b) as criações materiais e não-materiais; c) ser adquirida pela educação; e d) ser dinâmica, evoluindo ao longo da história. A sua transmissão dá-se por meio da educação sistemática (planejada, intencional, ministrada nas escolas) e da educação assistemática (ministrada de forma espontânea, na família, no trabalho, etc.). Porém, dentro do conceito de classe social, os grupos que as compõe, desempenham determinada função econômica no processo de produção, como também visão de mundo (valores, consciência, modo de vida) compatível com sua posição sócio-econômica. Dessa forma, a cultura não só varia com as sociedades, mas também com as classes sociais. De modo geral, as idéias, as normas e os valores das classes dominantes tendem a ser impostos, mediante os mecanismos de poder, como a cultura dominante da sociedade (COTRIM, 1987).

Para CARVALHO (2000), o período histórico-cultural reflete diretamente sobre o comportamento atual, por exemplo, sobre a educação ambiental. Está de forma irremediável relacionado com uma grande diversidade de interesses e projetos sociais, dando origem a diferentes interpretações sobre as questões ambientais. Descrição semelhante é fornecida por PEET (1986), dizendo que “as culturas regionais e locais representam a soma total das experiências passadas, numa vasta gama de condições ambientais”. Dessa forma, para

GUIMARÃES (2000) a educação ambiental atual não deve estar baseada em uma visão liberal, que apregoa que a transformação da sociedade é consequência da transformação de cada indivíduo, ou seja, por si só seria capaz de resolver todos os problemas da sociedade. Para esse mesmo autor, em uma concepção crítica de Educação Ambiental, “acredita-se que a transformação da sociedade é causa e consequência (relação dialética) da transformação de cada indivíduo, havendo reciprocidade dos processos no qual propicia a transformação de ambos. Nessa visão, educando e educador são agentes sociais que atuam no processo das transformações sociais”.

Por esse motivo, o desenvolvimento sustentável destaca a autoconfiança das populações locais e a sua diversidade cultural. A cultura impõe seus valores e conceitos em um processo de adaptação às mudanças do meio. Observa-se, em muitos casos, que algumas comunidades agridem o meio ambiente, provocando impactos ambientais negativos, por desinformação, deseducação e desconhecimento, ou seja, não existe a intenção e o planejamento dessas pessoas para a realização de tais atitudes. Culturalmente, a preocupação principal está voltada à sobrevivência e só uma mudança no campo da cultura organizacional, aonde seja valorizada a transformação de cada indivíduo, poderá reverter processos de degradação ambiental, exigindo, portanto, modificações estruturais (SENAC, 2000). Nessa visão, a comunidade e os educadores devem funcionar como agentes que atuam no processo de transformações sociais, por meio do ensino, visualizando seus problemas sociais e ambientais, a partir do desenvolvimento de uma visão compartilhada. Dessa forma, a compreensão e atuação sobre as relações de poder que permeiam a sociedade são priorizadas, significando uma Educação Política (GUIMARÃES, 2001).

Portanto, as explicações relativas ao desenvolvimento das sociedades encontram-se nos processos nelas gerados. O espaço modificado é um dos produtos desses processos e pode-se afirmar que toda diferenciação social precede e predetermina toda diferenciação ecológica (BERNARDES e FERREIRA, 2003). De acordo com PNUD (2003), muitos problemas ambientais vêm da pobreza, contribuindo muitas vezes para uma espiral descendente em que a pobreza exacerba a degradação ambiental e esta, exacerba a pobreza: fato que tem sido freqüentemente observado nos dias atuais.

#### **4.1.6.3. Aspectos biológicos**

Toda essa pressão sobre os recursos naturais, não condizentes com o princípio da escassez, contrasta com a reduzida interferência que anteriormente mantinha nos ecossistemas. O sistema social quando analisado de maneira abrangente e considerando um horizonte em longo prazo, verifica-se que age de forma aparentemente insustentável: a) os estoques de poluentes são crescentes; b) a taxa de conversão de terras em seu estado natural em pastagens e plantações, agrícolas e florestais também é crescente; e c) o crescimento exponencial da população de baixa renda. Deste modo, são relativamente comuns, atualmente, a contaminação das coleções d'água, a poluição atmosférica e a substituição indiscriminada da

cobertura vegetal nativa, com a conseqüente redução dos habitats silvestres, entre outras formas de agressão à natureza, gerando fortes impactos socioambientais (SILVA, 1994a; 1998; LIMA-E-SILVA et al., 1999).

As atividades antrópicas criam gradientes de interferência nos macrocompartimentos da biosfera, provocando alterações: a) nos sistemas climáticos (provocando mudanças micro, meso e macroclimáticas); b) nos sistemas aquáticos (alterando o ciclo hidrológico e as coleções hídricas, ambientes dulcícolas e marinhos); c) nos sistemas terrestres (provocando movimentos de massa, subsidiência da terra, ciclagem de nutrientes minerais, erosão do solo, salinização e dessalinização); e d) nos sistemas biológicos (BASTOS e FREITAS, 1999).

Como reflexo direto dessas interferências, o principal dano biológico é a perda da biodiversidade decorrente da degradação ambiental, tendo como conseqüência a redução do potencial de sustentabilidade dos sistemas, comprometendo a existência de espécies vegetais e animais, que não conseguem se adaptar à nova condição ambiental. São três os principais fatores que reduzem a biodiversidade (*ibidem*):

- a) Impactos climáticos do desmatamento - evidências demonstram que desmatamentos extensivos provocam mudanças climáticas na região, as quais vêm aumentando significativamente nos países pobres. Algumas das principais atividades ligadas a esse processo, são: pecuária extensiva, extração de madeira, implantação de culturas perenes, culturas anuais, produção de carvão vegetal, construção de grandes reservatórios destinados a usinas hidrelétricas, mineração e crescimento urbano;
- b) Alteração de habitats e extinção de espécies - está ligada diretamente à exploração econômica, à destruição de habitats ou à incapacidade de adaptação a nova condição ambiental. Dificuldade maior resulta do desconhecimento sobre o número de espécies vegetais existentes e da grande complexidade estrutural das comunidades biológicas e da distribuição geográfica de grupos de organismos distintos. Estima-se uma perda entre 2% a 7% das espécies nos próximos 25 anos (20 a 75 espécies por dia). Isso demonstra as dificuldades inerentes à avaliação dos impactos do desmatamento sobre a biodiversidade. Consideram-se três níveis distintos para mostrar a biodiversidade: variedade genética, diversidade de espécies e de ecossistemas; e
- c) Perda de reserva de genes - a perda afeta diretamente as atividades econômicas, sendo, inclusive, um forte argumento para sua preservação e conservação, acrescidos da defesa dos princípios éticos, estéticos e científicos. A biodiversidade, com sua variedade genética, tem favorecido a produtividade na agricultura, na indústria e na medicina, o que resulta em bilhões de dólares anuais.

Por estas questões, é imprescindível que sejam realizados estudos coordenados e concomitantes relacionados aos aspectos ambientais, econômicos e técnicos, para que as soluções e alternativas adotadas efetivamente tenham em si incorporadas medidas de redução dos impactos negativos sobre o meio ambiente (SILVA, 1986; 2002).

## ➤ Ação da poluição nos sistemas ambientais

Com as transformações ocorridas pela intensa interferência antrópica, os sistemas ambientais vêm sofrendo transformações, originado por causa e natureza diversas. Esse fenômeno é denominado poluição, ou seja, é o resultado indesejável das ações de transformação das características naturais de um ambiente, atribuindo um caráter nocivo a qualquer utilização que se faça do mesmo. A Lei Federal n. 6.938/81 define poluição como “toda alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas que possa constituir prejuízo à saúde, à segurança e ao bem-estar das populações e, ainda, possa comprometer a biota e a utilização dos recursos para fins comerciais, industriais e recreativos” (BASTOS e FREITAS, 1999). De acordo com a Figura 6, pode-se observar várias fontes de poluição do solo e da água.

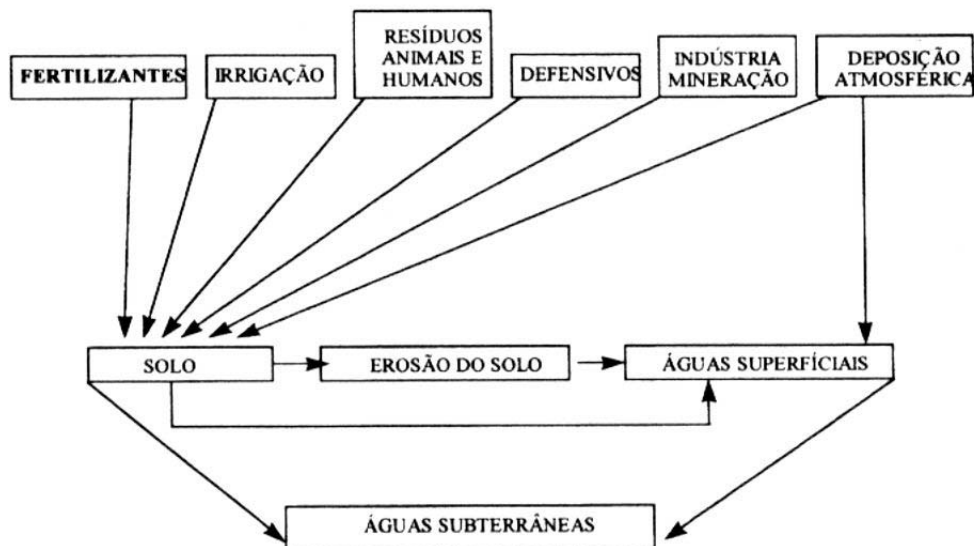


FIGURA 6 - Diagrama representativo das várias fontes de poluição do solo e da água. Fonte: SINGH e STEINNES (1994).

A maior ênfase, neste trabalho, será sobre a poluição antrópica. Porém, para KREINER e MUNASINGHE (1991), existem ligações causais entre a degradação/poluição ambiental e a vulnerabilidade aos desastres.

- a) Poluição natural - os principais fatores de ordem natural causadores de poluição natural, são (BASTOS e FREITAS, 1999):
- Cinzas provenientes de materiais vulcânicos que se apresentam como lava ou material piroclástico com a emissão de gases;
  - Combustão natural relacionada às queimadas que ocorrem nas matas;
  - Poeiras extraterrestres que se originam de partículas de meteoritos;

- Brumas e nevoeiros provenientes dos oceanos contendo cristais de sais;
  - Alergênicos inalantes provenientes de substâncias de origem vegetal; e
  - Toxinas produzidas por algas e outros microorganismos, em especial os fungos, com participação ativa na contaminação ambiental.
- b) Poluição antrópica - em função da grande atividade industrial, agropecuária e florestal, entre outros, um grande número de substâncias químicas têm sido usadas e expostas atualmente, definidas como tóxicos ambientais, provocando doenças, morte e extinção de espécies. A sua concentração está condicionada pelas características sócio-econômicas e biogeoquímicas de cada região terrestre onde estejam disseminadas, sendo hoje conhecidos cerca de 100.000 tipos desses tóxicos ambientais. Dos mais estudados internacionalmente, por sua importância sanitária, serão descritos a seguir (*ibidem*):
- Contaminantes atmosféricos - podem existir na forma de partículas sólidas e, ou, líquidos ou ainda na forma de gás ou vapor. As substâncias emitidas para o ar atmosférico espalham-se, o que se chama de transmissão, e podem atingir o homem, os animais e as plantas (imissão). Entre a emissão e a imissão, decorre um período de tempo, no qual se processa a propagação do contaminante, fazendo com que a concentração ativa da substância nociva no local da imissão, seja menor que no local da emissão. O fato de uma substância nociva se tornar ativa a curto ou em longo prazo, depende, entre outros fatores, de sua atividade fisiológica, a qual deve ser considerada. A resistência frente a componentes isolados da poluição atmosférica varia de forma considerável, de organismo para organismo. Os principais materiais particulados são: aerossol, cinza, fumaça, fumo, nevoeiro e poeira. Os gases e vapores, orgânicos e inorgânicos, são resultantes das emissões industriais e dos processos de combustão, contribuindo significativamente para a contaminação atmosférica, destacando-se: os compostos de enxofre, de nitrogênio, halogêneos e seus derivados, oxidantes (ozônio), compostos de carbono, compostos de metais pesados, compostos orgânicos (hidrocarbonetos, aldeídos e ácidos orgânicos) e os contaminantes radioativos, decorrentes da utilização de energia atômica;
  - Material particulado em meio aquático (lodos) - dos agentes poluentes sólidos, lançados no meio aquático, os lodos podem ser destacados e, quanto à origem, são divididos em: lodos de dragagem portuária, lodos residuais e lodos industriais. Quando derramados regularmente e em quantidades substanciais e, por serem sempre ricos em diversas argilas, alteram a natureza do substrato. Inundam fundos rochosos, alteram a granulometria de fundos macios, sempre no sentido de incrementar a fração fina de pó e colóide. Em função do aumento da turbidez das águas, diminui a penetração da luz e a espessura da camada onde ocorre a produção primária, comprometendo os ecossistemas das áreas aquáticas consideradas. Também, são ricos em matéria orgânica, reduzindo as concentrações de oxigênio, especialmente nos períodos de estiagem. Nos ecossistemas marinhos, dependendo da sua composição química, os lodos que inclusive podem conter

metais pesados, têm grande importância na modificação de habitats dos organismos da comunidade bentônica e suas consequências na cadeia trófica local;

- Metais pesados - o grupo de metais pesados compreende 40 elementos químicos com características toxicológicas e efeitos específicos para cada um deles. Provocam contaminação aérea, terrestre e aquática, provocando sérios problemas na saúde humana, inclusive danos reprodutivos. Além da contaminação direta pela ingestão de água contaminada, pode ocorrer o fenômeno da biomagnificação, que consiste no acúmulo de um contaminante que se transfere através da cadeia alimentar. Novamente, os efeitos da concentração de metais pesados, nos sucessivos níveis da cadeia trófica, afetam o homem por meio do pescado contaminado;
- Fertilizantes - os agentes contaminantes geradores de maiores impactos aos corpos d'água com capacidade fertilizante eutrofizantes, são provenientes: a) da pecuária; b) da armazenagem de forragem; c) dos silos de fertilizantes inorgânicos; e d) dos defensivos agrícolas. Na decomposição desses compostos protéicos, forma-se o gás sulfúrico, que quando em elevadas concentrações é letal à fauna aquática, podendo ser revertida por meio da oxidação do gás a enxofre e ácido sulfúrico. A amônia, bastante solúvel na água, é bastante tóxica para a biota aquática e para os animais terrestres;
- Agrotóxicos - o seu uso contínuo, principalmente aqueles de prolongada atividade (compostos de mercúrio (Hg) e organoclorados), pode ocasionar o seu acúmulo no solo, podendo eventualmente afetar, ou mesmo exterminar, organismos ecologicamente importantes no equilíbrio dos ambientes atingidos. A chuva e o excesso de água de irrigação, também podem carrear os agrotóxicos, produzindo degradação e contaminação ambiental;
- Substâncias tensoativas - o agente tensoativo está caracterizado pelo poder de molhar, fazer espuma, emulsionar e solubilizar, tendo como resultado a ação detergente. Devido a estas propriedades, poderá acumular-se em todos os materiais transportados pelas águas e, ou, permanecer em solução. Os detergentes catiônicos são os mais tóxicos, seguidos dos iônicos, sendo os aniônicos os menos tóxicos. Interferem nos intercâmbios celulares, ao nível de membranas, produzindo alterações da atividade respiratória da fauna aquática e bloqueios na sensibilidade quimiorreceptora de moluscos, crustáceos e peixes. Em situações agudas de poluição, todos os agentes tensoativos comprometem, de forma significativa, ovos e fases juvenis de diversos invertebrados e peixes;
- Hidrocarbonetos - a sua fonte significativa está ligada às atividades antrópicas poluidoras. O petróleo bruto é composto por um grande número de hidrocarbonetos saturados e insaturados, usados para a produção de uma grande quantidade de produtos. Por ter um caráter hidrófobo, o petróleo se espalha sobre a superfície da água, formando uma película que impede a troca de gases entre a água e o ar, eliminando toda a fauna e a flora da superfície das águas contaminadas. Os hidrocarbonetos lançados à atmosfera constituem um dos agentes químicos para a formação do "smog", reagem na presença da luz solar e

de NO<sub>2</sub>, produzindo oxidantes na atmosfera, que causam irritação nos olhos e problemas respiratórios diversos ao ser humano;

- Resíduos sólidos - quando o lixo não é coletado, transportado e tratado adequadamente, pode trazer problemas para a população. No Brasil, o serviço de coleta de lixo urbano não atinge 25% da população, sendo jogado nas ruas, nas encostas dos morros e em terrenos baldios, provocando desabamentos em favelas na época das chuvas, causando entupimentos na rede de escoamento, acarretando inundações e o perigo de contaminação da população por doenças de veiculação hídrica. A decomposição do lixo a céu aberto (lixões), produz o metano – gás altamente poluente e prejudicial à saúde. Atualmente, a prática de reciclagem tem sido intensificada, sendo bastante adequada do ponto de vista ambiental.
- Poluição térmica - a indústria pesada, responsável pelo aporte de matérias-primas por via marítima, como fábricas de aço, refinarias, indústrias petroquímicas, tem sido a principal responsável pela poluição térmica, porém, de proporções mínimas, posto que o volume de água usado, por cada indústria, pode ser medido em alguns metros cúbicos. As centrais elétricas instaladas em regiões costeiras que utilizam refrigeração por circuito de água do mar para condensar os vapores. Depois de acionadas as turbinas, usam de 32 a 35 m<sup>3</sup>/s para 1.000Mw para uma central térmica a diesel, e na ordem de 50 m<sup>3</sup>/s para centrais nucleares atuais de igual potência, causando um aumento de 10°C, na temperatura da água. No limite das temperaturas toleradas por uma determinada espécie, o aumento da temperatura implica um aumento da intensidade metabólica. O fitoplâncton parece ser bastante sensível à elevação da temperatura; dessa forma a produção primária diminui notadamente desde que se aproximem ou ultrapassem as temperaturas máximas anuais das águas da região impactada. No caso de energia hidroelétrica, que supre 85% da energia necessária ao Brasil, requer para a produção de 1kW de eletricidade 16.000 litros de água.

Por estas questões, pode-se afirmar que a qualidade do meio ambiente está diretamente relacionada aos fenômenos e processos naturais e pelas ações antrópicas na paisagem. Quando alterados ou mal manejados, podem causar poluição/degradação. Com relação às fontes naturais, como as lavas, gases e cinzas de um vulcão, pouco ou nada pode ser feito. BOCKRIS (1977) diz que o homem é o poluente básico e original, pois durante o longo período de existência do planeta e dos animais, sempre houve um desenvolvimento ecológico harmonioso, perturbado no curto período de existência humana. Como na utilização de agrotóxicos, no mínimo, deve ser exigido um correto manejo em sua aplicação, para que sejam minimizados os seus efeitos indesejáveis, reduzindo ao mínimo e a níveis aceitáveis, os riscos de poluição e toxidez (ver Estudo de Caso 4.4.1. Recuperação ambiental de áreas contaminadas por agroquímicos e metais pesados). Uma definição simplificada de poluição seria a presença de um elemento, uma substância ou um material fora do seu local de origem ou presente em concentrações acima das condições naturais, inclusive uma substância não-tóxica, podendo apresentar efeitos adversos a um determinado organismo, inclusive ao homem



e ao meio ambiente. Mediante essa definição, os agroquímicos e as operações utilizadas no seu manuseio e aplicação, podem ser classificados como indicado no Quadro 10.

QUADRO 10 - Classificação dos poluentes e os elementos de impacto na paisagem

Tipos de poluentes	Exemplos	Elementos de impacto na paisagem			
		Solo	Água lençol superficial	Ar	
Nutrientes	Nitrogênio e fósforo em fertilizantes comerciais, adubos, lodos de esgoto, resíduos sólidos urbanos	X	X	X	–
Agrotóxicos	Inseticidas, herbicidas e fungicidas	X	X	X	–
Substâncias orgânicas perigosas	Combustíveis, solventes, componentes orgânicos voláteis	X	X	X	X
Acidificação	Chuva ácida, drenagem ácida de mineração	X	X	X	X
Salinidade e sodicidade	Água salina de irrigação	X	X	X	–
Elemento-traço	Metais catiônicos, ânions, microelementos normalmente presentes em pequena concentração em solos e plantas	X	X	X	–
Sedimentos detríticos e químicos	Perda de solo devido à erosão	–	–	X	X
Partículas	Dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, clorofluorcarbono	–	–	–	X
Emissão de gases/ componentes da fumaça	Ozônio, produtos secundários da combustão	–	–	–	X

Fonte: SCHAEFER et al., 2000.

#### 4.1.6.4. Avaliação de Impactos Ambientais (AIA)

O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o artigo 48 do Decreto n. 88.351, de 01 de junho de 1983, para efetivo exercício das responsabilidades que lhe são atribuídas pelo artigo 18 do mesmo decreto, em seu Artigo 1º - para efeito de Resolução, considera como impacto ambiental

qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a) a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) as atividades sociais e econômicas; c) a biota; d) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e e) a qualidade dos recursos ambientais.

Segundo SILVA (1998), é importante compreender que este conceito de impacto ambiental abrange apenas os efeitos da ação humana sobre o meio ambiente, como também o efeito deve repercutir no homem e em suas atividades, demonstrando a forte conotação antropocêntrica dessa definição. Entretanto, para o Glossário de Ecologia da ACIESP (1987), impacto ambiental “é toda ação ou atividade, natural ou antrópica, que produz alterações

bruscas em todo meio ambiente ou apenas em alguns de seus componentes. Conforme o tipo de interferência, poderia ser classificada de ecológica, social ou econômica”.

A avaliação ambiental objetiva, essencialmente, fundamentar e otimizar processos decisórios envolvendo atividades transformadoras, antrópicas ou não (TAUK et al., 1995). Quando se fala em avaliação, automaticamente pensa-se em um direcionamento para que se atribua um valor numérico tendo como referência um modelo padrão. No entanto, a avaliação relacionada a fatores ambientais está fundamentada no que certas atividades econômicas podem estar promovendo, como alterações positivas ou negativas para o meio ambiente. Neste sentido é fundamental que saiba avaliar se é mais importante implantar esta atividade que promoverá alteração ambiental, ou não realizá-la e optar pela permanência do ambiente saudável, evitando soluções onerosas para esses problemas que surgiriam.

Segundo MOREIRA (1985), a avaliação de impactos ambientais (AIA)

é um instrumento de política ambiental formado por um conjunto de procedimentos capaz de assegurar, desde o início do processo, que se faça um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta (projeto, programa, plano ou política) e de suas alternativas, e que os resultados sejam apresentados de forma adequada ao público e aos responsáveis pela tomada de decisão, e por eles devidamente considerados.

Isto significa conhecer os componentes ambientais e suas interações, caracterizando, assim, a situação ambiental dessas áreas antes da implantação do projeto. O mais importante, é que estes resultados servirão de base à execução das demais atividades (CUNHA e GUERRA, 1999). Convém ressaltar, que nas definições de AIA, algumas dão ênfase aos componentes políticos e de gestão ambiental.

Para BISWAS e GEPENG (1987), dentre os objetivos da AIA, podem ser destacados:

- Identificar os problemas ambientais adversos que podem ser esperados;
- Incorporar, nas ações de desenvolvimento, medidas mitigadoras apropriadas;
- Identificar os benefícios e prejuízos do projeto, bem como sua aceitabilidade pela comunidade;
- Identificar problemas críticos que requerem estudos ou monitoramento posteriores (auxiliando, dessa forma, nos procedimentos de monitoramento da recuperação ambiental);
- Examinar e selecionar alternativas ótimas para várias opções viáveis (evita o surgimento de novas áreas degradadas);
- Envolver o público no processo de tomada de decisões relativas às questões ambientais, para entender seu papel, suas responsabilidades e as relações existentes entre estas.

A execução de uma AIA segue, de acordo com CUNHA e GUERRA (1999), de maneira geral, as seguintes etapas:

- Desenvolvimento de um completo entendimento da ação proposta;
- Aquisição do conhecimento técnico do ambiente a ser afetado;

- Determinação dos possíveis impactos sobre as características ambientais, quantificando, quando possível, as mudanças; e
- Apresentação dos resultados da análise de maneira tal que a ação proposta possa ser utilizada em um processo de decisão.

#### **4.1.6.4.1. Atributos principais dos impactos ambientais**

Segundo ALMEIDA (1994) os atributos de impacto, com suas escalas nominais (atribuindo qualificações, por exemplo, alto, médio e baixo) e ordinal (atribuindo uma ordenação hierarquizadora - por exemplo, primeiro, segundo e terceiro grau), possibilitam uma melhora da análise quantitativa, como se destaca a seguir.

##### **➤ Classificação quantitativa dos impactos ambientais (ALMEIDA, 1994)**

- a) Tipo de ação - primária, secundária e enésima; definidas respectivamente como uma simples relação de causa e efeito;
- b) Ignição - imediata, médio prazo e longo prazo;
- c) Sinergia e criticidade - alta, média e baixa; definidas como o nível de interatividade entre os fatores, de modo a aumentar o poder de modificação do impacto;
- d) Extensão - maior, igual ou menor do que a bacia hidrográfica;
- e) Periodicidade - permanente, variável e temporária;
- f) Intensidade - alta, média e baixa.

Os estados nominais e ordinais dos atributos são utilizados para determinação da magnitude e importância dos impactos. Segundo MOREIRA (1985), a magnitude e a importância constituem os atributos principais dos impactos ambientais, uma vez que informam sobre a significância dos mesmos:

- a) Magnitude - é a grandeza de um impacto em termos absolutos, podendo ser definida como a medida de alteração no valor de um fator ou parâmetro ambiental, em termos quantitativos ou qualitativos. Para o cálculo da magnitude devem ser considerados o grau de intensidade, a periodicidade e a amplitude temporal do impacto, conforme o caso. Permitirá o uso de modelos que permitam a mitigação dos impactos; e
- b) Importância - é a ponderação do grau de significância de um impacto em relação ao fator ambiental afetado e a outros impactos. Pode ocorrer que um certo impacto, embora de magnitude elevada, não seja importante quando comparado com outros, no contexto de uma dada avaliação de impactos ambientais.

➤ **Classificação qualitativa dos impactos ambientais** (SILVA, 1994b)

- a) Critério de valor - o impacto pode ser positivo, ou benéfico, quando uma ação causa melhoria da qualidade de um fator ambiental; e negativo, ou adverso, quando uma ação causa uma redução da qualidade de um fator ambiental;
- b) Critério de ordem - impacto direto, primário ou de primeira ordem, quando resulta de uma simples relação de causa e efeito; e impacto indireto, secundário ou de enésima ordem, quando é uma reação secundária, em relação à ação, ou quando é parte de uma cadeia de reações;
- c) Critério de espaço - impacto local, quando a ação fica restrita ao próprio sítio e às suas imediações; impacto regional, quando o efeito se propaga por uma área além das imediações do sítio onde se dá a reação; e impacto estratégico, quando é afetado um componente ambiental de importância coletiva, nacional ou internacional;
- d) Critério de tempo - impacto a curto, médio e longo prazo, quando o efeito surge, respectivamente, a curto, médio e longo prazo;
- e) Critério de dinâmica - impacto temporário, quando o efeito permanece por um tempo determinado, após a ação; impacto cíclico, quando o efeito se faz sentir em ciclos, constantes ou não; e impacto permanente, quando cessada a ação, os efeitos não cessam num horizonte de tempo conhecido; e
- f) Critério de plástica - impacto reversível, quando cessada a ação, o fator ambiental retorna às suas condições originais; e impacto irreversível, quando cessada a ação, o fator ambiental não retorna às suas condições originais, num horizonte de tempo conhecido.

**4.1.6.4.2. Métodos de Avaliação de Impactos Ambientais**

Os métodos de avaliação de impactos ambientais são instrumentos utilizados para “coletar, analisar, avaliar, comparar e organizar informações qualitativas e quantitativas sobre os impactos ambientais, originados por uma determinada atividade modificadora do meio ambiente” (SILVA, 1994a).

São vários os métodos de avaliação de impactos ambientais existentes; porém, todos apresentam potencialidades e limitações. A escolha de um determinado método dependerá fundamentalmente da disponibilidade de dados e do tipo de empreendimento. Na maioria dos casos, a utilização conjunta de mais de um método, permitirá obter um melhor resultado quando comparado à utilização de um único método. Entre os diferentes métodos de avaliação de impactos ambientais existentes na literatura, destacam-se os seguintes (SILVA, 1994b; 1998; CUNHA e GUERRA, 1999):

- a) “Ad hoc” (metodologias espontâneas) - é um método que utiliza a prática de reunião entre especialistas de diversas áreas, para se obterem dados e informações, em tempo reduzido, imprescindíveis à conclusão dos estudos;

- b) Método da listagem de controle - as listagens de controle foram os primeiros métodos de avaliação de impactos ambientais, em virtude, principalmente, de sua facilidade de aplicação;
- c) Sobreposição de cartas - é um método associado à técnica de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), uma vez que deve ser assistido por computador, permitindo a aquisição, o armazenamento, a análise e a representação de dados ambientais, permitindo projetar e simular situações ideais e potenciais. A essência desse método é a elaboração e a posterior sobreposição de cartas temáticas, interpretadas de acordo com o uso previsto (solo, categoria de declividade, vegetação, etc.) de uma determinada área, onde são estabelecidas as cartas de aptidão e restrição de uso do solo. Uma de suas grandes vantagens é a possibilidade de constante atualização das informações geoambientais utilizadas;
- d) Modelos de simulação - representa o que há de mais moderno em termos de métodos de avaliação de impactos ambientais, apesar de ter sido desenvolvido no final da década de 70. Funciona como modelos matemáticos (simulação, regressão, probabilidade, multivariado, etc.), permitindo simular a estrutura e o funcionamento dos sistemas ambientais, postos considerarem todas as relações biofísicas e antrópicas possíveis de serem compreendidas no fenômeno estudado;
- e) Matrizes de interação - constitui um tipo de método que utiliza uma figura para relacionar os impactos de cada ação com o fator ambiental a ser considerado, a partir de quadrículas definidas pela interseção de linhas e colunas. Funcionam como listagens de controle bidimensionais, uma vez que as linhas podem representar as ações impactantes e as colunas, os fatores ambientais impactados;
- f) Redes de interação - é um método que permite estabelecer a seqüência dos impactos ambientais desencadeados por uma ação ambiental como, por exemplo, a aplicação aérea de herbicidas. O modo de representar essa cadeia de impactos pode ser a mais diversa possível, mas comumente são utilizados fluxogramas e gráficos;
- g) Metodologias quantitativas - os métodos quantitativos pretendem associar valores às considerações qualitativas que possam ser formuladas quando da avaliação de impactos de um projeto. O método utiliza, basicamente, indicadores de qualidade ambiental expressos por gráficos que relacionam o estado de determinados compartimentos ou segmentos ambientais a um estado de qualidade variando de 0 a 1;
- h) Projeção de cenários - baseia-se na análise de situações ambientais prováveis em termos da evolução de um ambiente (cada situação corresponde a um cenário) e, ou, de situações hipotéticas, referentes a situações diferenciadas geradas por proposição de alternativas de projetos e programas. Tem por objetivo orientar as autoridades governamentais no cumprimento de suas metas de longo prazo, por meio de indicadores de tendências prováveis.

#### 4.1.6.4.3. Estudo de Impacto Ambiental (EIA)

No Brasil, por exigências do Banco Mundial para a concessão de financiamentos, os estudos de impactos ambientais passaram a ser elaborados a partir da década de 70; porém, restritos a alguns grandes projetos de construções de usinas hidrelétricas (ANDREAZZI e MILWARD-DE-ANDRADE, 1990). Em nível federal, o primeiro Diploma legal que fez referência ao Estudo de Impacto Ambiental foi a Lei 6.803, de 03 de julho de 1980. Em seguida, o primeiro dispositivo legal relevante relacionado à área de Avaliação de Impactos Ambientais, foi a Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, tratou do EIA no seu art. 9º, inciso III, que estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente e definiu a AIA como um de seus instrumentos, criando para a sua execução, o SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente, regulamentado pelo Decreto Lei Federal n. 88.351, de 01 de junho de 1983. Com isso, percebe-se que houve um “vácuo ambiental”, uma vez que qualquer dispositivo legal necessita ser regulamentado para que possa ser efetivamente cumprido. O principal aspecto ligado a esse Decreto foi a instituição dos três tipos de licenciamento ambiental, ou seja, do Licenciamento Prévio (LP), cuja licença é expedida durante a fase de planejamento da atividade ou projeto; Licenciamento de Instalação (LI), cuja licença é expedida previamente à implantação; e Licenciamento de Operação (LO), cuja licença é expedida previamente à operação do projeto (SILVA, 1998).

Apesar da referida regulamentação, foi somente com a edição da Resolução n.1 do CONAMA, de 23 de janeiro de 1986, que ficaram estabelecidas as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impactos Ambientais como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Para a elaboração de Estudos de Impactos Ambientais (EIA), que é um instrumento de caráter técnico-científico que subsidia uma das etapas da AIA, além da necessidade da observância dos aspectos legais, existe, também, a necessidade de uma visão ecológica, econômica e ética (SILVA, 1998).

Normalmente, em estudos de impactos ambientais, é usada uma abordagem segmentada tendo como base três diferentes meios, subdivididos em sete compartimentos: meio físico (solo, água e ar); meio biótico (flora, fauna e microorganismos) e meio antrópico (o homem) (*ibidem*).

O Estudo de Impacto Ambiental tem as seguintes características: a) é prévio à licença ambiental; b) seu resultado vincula o órgão ambiental; c) é participativo, na medida em que está aberto ao envolvimento da comunidade; d) é formal, sem ser rígido; e) é técnico (CONAMA 01/86).

A CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (1994), qualifica e define Estudos Ambientais como

todos e quaisquer estudos relativos aos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentado como subsídio para a análise de licença requerida, tais como: relatório ambiental, plano e projeto de controle ambiental, relatório ambiental preliminar,

diagnóstico ambiental, plano de manejo, plano de recuperação de área degradada e análise preliminar de risco.

A Resolução n. 001/86 do CONAMA definiu os tipos de empreendimentos sujeitos à AIA e o conteúdo mínimo do EIA e do RIMA (Relatório de Impacto Ambiental) necessário ao licenciamento das atividades consideradas impactantes. Dessa forma, estabeleceu quatro atividades técnicas a serem abordadas nos EIAs (MOREIRA, 1985; MACHADO, 1987):

- Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto (meios físico, biótico e antrópico);
- Análise dos impactos ambientais do projeto, contemplando as alternativas tecnológicas e de localização do projeto, confrontando-as com a hipótese da não-execução do projeto;
- Definição das medidas mitigadoras dos impactos negativos ou potencializadoras dos impactos positivos, avaliando a eficiência de cada uma delas; e
- A elaboração de programas de acompanhamento e de monitoramento de impactos positivos e negativos, incluindo os parâmetros a serem considerados.

Durante o processo de elaboração dos Estudos de Impactos Ambientais, alguns passos devem ser observados (MACHADO, 1987; SILVA, 1998):

- Informações gerais - nome do empreendimento; identificação da empresa responsável; histórico do empreendimento; tipo de atividade e porte do empreendimento; síntese dos objetivos do empreendimento, sua justificativa e a análise de custo-benefício; levantamento da legislação federal, estadual e municipal incidente sobre o empreendimento em qualquer de suas fases; entre outros;
- Descrição do empreendimento - apresentar a descrição do empreendimento nas fases de planejamento, de implantação, de operação e, se for o caso, de desativação;
- Área de influência - apresentar os limites da área geográfica a ser afetada direta ou indiretamente pelos impactos, denominada área de influência do projeto;
- Diagnóstico ambiental da área de influência - descrição e análise dos fatores ambientais e suas interações, caracterizando a situação ambiental da área de influência, antes da implantação do empreendimento. No caso de degradação, com necessidade de recuperação ambiental, este cenário pré-degradação será de extrema importância;
- Fatores ambientais - deve ser feita a caracterização dos meios físico, biótico e sócio-econômico;
- Qualidade ambiental - em um quadro sintético, expor as interações dos fatores ambientais físicos, biológicos e sócio-econômicos;
- Análise dos impactos ambientais - apresentação da análise (identificação, valoração e interpretação) dos prováveis impactos ambientais nas fases de planejamento, de implantação, de operação e, se for o caso, de desativação do empreendimento;
- Proposição de medidas mitigadoras - explicitar as medidas que visam minimizar os impactos adversos identificados e quantificados no item anterior. Devem ser classificados quanto:
  - a) À sua natureza - preventiva ou corretiva;

- b) À fase do empreendimento que deverá ser adotada - planejamento, implantação, operação, desativação e para o caso de acidentes;
  - c) Ao fator ambiental a que se destina - físico, biótico ou sócio-econômico;
  - d) Ao prazo de permanência de sua aplicação - curto, médio ou longo;
  - e) À responsabilidade por sua implementação - empreendedor, poder público ou outros; e
  - f) À avaliação de custos das medidas mitigadoras.
- Programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos ambientais - deverão ser apresentados os programas de acompanhamento da evolução dos impactos ambientais positivos e negativos causados pelo empreendimento, considerando-se as fases de planejamento, de implantação, de operação e de desativação, se for o caso, e de acidentes;
  - Detalhamento dos fatores ambientais - o grau de detalhamento em cada EIA, dependerá da natureza do empreendimento, da relevância dos fatores em face de sua localização e dos critérios adotados pela equipe responsável pela elaboração do Estudo:
    - a) Meio físico - 1) clima e condições meteorológicas; precipitação total média; delimitação do período seco e chuvoso; entre outros; 2) qualidade do ar; 3) ruído; 4) geologia; 5) geomorfologia; 6) solos; 7) recursos hídricos; 8) hidrogeologia; e 9) qualidade das águas;
    - b) Meio biótico - 1) flora e vegetação; e 2) fauna;
    - c) Meio sócio-econômico - caracterizar: 1) a dinâmica populacional; 2) uso e ocupação do solo; 3) uso da água; 4) patrimônio natural e cultural; 5) nível de vida; 6) estrutura produtiva e de serviços; e 7) organização social.

O EIA pode ser considerado como uma ferramenta de planejamento que auxilia o executor, inclusive os responsáveis por projetos de recuperação ambiental, na antecipação dos impactos das atividades das alternativas de desenvolvimento, ambas benéficas ou adversas. Fornece uma visão para selecionar a alternativa ótima na qual potencialize os efeitos benéficos e mitigue os impactos adversos ao ambiente (BISWAS e GEPING, 1987). Porém, para que se torne efetivamente um instrumento de auxílio à tomada de decisão, precisa estar inserido de forma articulada ao processo de planejamento, em todos os sentidos: a) horizontalmente, articulada às esferas política, tecnológica e econômica; e b) verticalmente, associada às diferentes etapas do processo de planejamento, devendo ser efetuada antes do início de um empreendimento, paralelamente à avaliação técnico-econômica (MAGRINI, 1989).

De acordo com BITAR et al. (1996), a realização de EIAs no Brasil tem acumulado ao longo dos anos vários problemas relacionados à abordagem do meio físico, tais como: a) predomínio de abordagens na caracterização do meio físico; b) escassez de dados obtidos em levantamentos ou inspeções de campo; c) inadequação entre a dimensão das obras propostas e as escalas das cartas do meio físico apresentadas; d) cartas do meio físico desprovidas de conteúdos representativos da dinâmica atuante; e) ausência de identificação de importantes impactos decorrentes de modificações impostas ao meio físicos; e f) ausência de indicadores do meio físico.



#### 4.1.6.4.4. Relatório de Impacto Ambiental (RIMA)

Refletirá as conclusões do EIA. As informações técnicas devem ser nele expressas em linguagem acessível ao público geral, ilustrada por mapas em escalas adequadas, quadros, gráficos, ou outras técnicas de comunicação visual, de modo que se possam entender claramente as possíveis conseqüências ambientais do projeto e de suas alternativas, comparando as vantagens e desvantagens de cada uma delas (SILVA, 1998).

O RIMA deverá conter, basicamente: a) os objetivos e justificativas do projeto; b) a descrição do projeto e de suas alternativas tecnológicas e locacionais; c) a síntese dos resultados dos estudos sobre o diagnóstico ambiental da área de influência do projeto; d) a descrição dos impactos ambientais analisados; e) a caracterização da qualidade ambiental futura da área de influência; f) a descrição do efeito esperado das medidas mitigadoras previstas em relação aos impactos negativos, mencionando aqueles que não puderem ser evitados e o grau de alteração esperado; g) o programa de acompanhamento e monitoramento dos impactos; e h) recomendação quanto à alternativa mais favorável (conclusões e comentários de ordem geral) (*ibidem*).

O RIMA deverá indicar a composição da equipe técnica autora dos trabalhos, devendo conter, além do nome de cada profissional, seu título, número de registro na respectiva entidade de classe e indicação dos itens de sua responsabilidade técnica (*ibidem*).

##### ➤ **Publicidade**

O sistema jurídico-ambiental nacional prevê a ampla publicidade dos estudos de impacto ambiental. Entretanto, fica resguardado o sigilo industrial propriamente dito. Nesses casos, mediante requerimento e demonstração do interessado, os elementos e documentos referentes aos aspectos envolvendo o sigilo industrial devem ser autuados em processo apenso. Excluída a hipótese de sigilo, o RIMA será acessível ao público. Suas cópias permanecerão à disposição dos interessados para livre consulta, inclusive no período de análise técnica. Os órgãos públicos que demonstrarem interesse ou tiverem relação direta com o projeto receberão cópia do RIMA, para conhecimento e manifestação (CONAMA 01/86, art. 11).

##### ➤ **Audiência pública (CONAMA 09/87)**

A audiência pública tem por finalidade expor aos interessados o EIA e seu respectivo RIMA, a fim de dirimir dúvidas e recolher críticas e sugestões.

Não sem razão, a Declaração do Rio de Janeiro, firmada em 1992, dispõe que a melhor maneira de tratar as questões ambientais é assegurar a participação, no nível apropriado, de todos os cidadãos interessados. Cada indivíduo deve ter acesso adequado a informações relativas ao meio ambiente de que dispõem as autoridades públicas, inclusive

sobre materiais e atividades perigosas em suas comunidades, assim como a oportunidade de participar em processos de tomada de decisões. Os Estados devem facilitar e estimular a conscientização e a participação pública, colocando as informações à disposição de todos. Deve-se propiciar acesso efetivo a mecanismos judiciais e administrativos, inclusive no que diz respeito à compensação e reparação de danos.

A instalação de audiências públicas é facultativa, de acordo com a percepção que o órgão originariamente competente tenha do projeto. Será obrigatória se requisitada pelo Ministério Público, por entidade civil, ou por cinquenta ou mais cidadãos.

Recebendo o RIMA, o órgão ambiental anunciará pela imprensa o prazo mínimo 45 dias para a solicitação de audiência pública. Em função da localização geográfica do empreendimento e da complexidade do tema, poderá haver mais de uma audiência pública para avaliar o mesmo projeto e respectivo RIMA. Não terá validade a licença concedida a empreendimento para o qual o pedido de audiência pública regularmente formalizado não tenha sido atendido.

Pelo art. 5º da Resolução CONAMA n. 09, de 03 de dezembro de 1987, a ata da audiência pública e seus anexos servirão de base, juntamente com o RIMA, para análise e parecer final do licenciador, quanto à aprovação ou não do projeto. É necessário que se dê ao proponente do estudo ambiental oportunidade para se manifestar sobre as críticas recebidas na audiência. Dependendo da relevância delas, o empreendedor deverá ter prazo razoável para se manifestar, inclusive por escrito, sobre o assunto abordado, sob pena de configurar cerceamento ao seu direito.

#### **4.1.6.4.5. Necessidade de Estudo de Impacto Ambiental (EIA)**

A Constituição de 1988 (BRASIL, 1988), em seu artigo 225, parágrafo 1º, inciso IV, dispõe que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e que, para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público exigir estudo prévio de impacto ambiental para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente.

Do preceito Maior se extrai que o estudo de impacto ambiental está destinado a assegurar a efetividade desse direito, podendo-se entender o vocábulo efetividade, como indicação de praticidade e afastamento de questões teóricas ou distanciadas da realidade nacional.

Decorre do mesmo texto que o estudo de impacto ambiental será obrigatório para as obras ou atividades potencialmente causadoras de significativo impacto ambiental. Daí estar de conformidade com a Constituição as legislações ambientais que dispensam o estudo ambiental na fase de pesquisa para determinados empreendimentos minerais.

O estudo de impacto ambiental deve ser prévio. As exceções são aquelas atividades iniciadas anteriormente à Resolução CONAMA 01/86, que dependem do licenciamento correto.

Artigo 2º (CONAMA) - Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental (EIA) e respectivo relatório de impacto ambiental (RIMA), a serem submetidos à aprovação do órgão estadual competente, e da Secretaria de Meio Ambiente (SEMA) em caráter supletivo, o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, tais como: estradas de rodagem com duas ou mais faixas de rolamento; ferrovias; portos e terminais de minério, petróleo e produtos químicos; aeroportos; oleodutos, gasodutos, minerodutos, troncos coletores e emissários de esgotos sanitários; linhas de transmissão de energia elétrica, acima de 230 Kv; obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, tais como: barragens para fins hidrelétricos, acima de 10 MW, de saneamento ou de irrigação, abertura de barras e embocaduras, transposição de bacias, diques; extração de combustível fóssil (petróleo, xisto, carvão); extração de minérios; aterros sanitários, processamento e destino final de resíduos tóxicos ou perigosos; usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte de energia primária, acima de 10 MW; complexo e unidades industriais e agroindustriais (petroquímicos, siderúrgicos, cloroquímicos, destilarias de álcool, hulha, extração e cultivo de recursos hídricos; distritos industriais e zonas estritamente industriais; exploração econômica de madeira ou lenha, em áreas acima de 100 ha ou menores, quando atingir áreas significativas em termos percentuais ou de importância do ponto de vista ambiental; projetos urbanísticos, acima de 100 ha ou em áreas consideradas de relevante interesse ambiental, a critério da SEMA e dos órgãos municipais e estaduais competentes; qualquer atividade que utilizar carvão vegetal, derivados ou produtos similares, em quantidade superior a dez toneladas por dia; projetos agropecuários que contemplem áreas acima de 1.000 ha ou menores, nesse caso, quando se tratar de áreas significativas em termos percentuais ou de importância do ponto de vista ambiental, inclusive nas áreas de proteção ambiental.

#### **4.1.6.4.6. Medidas preventivas e ações estratégicas cabíveis para evitar impactos ambientais, segundo ALMEIDA e GUERRA (2001)**

Em determinadas situações, as instituições públicas federais, estaduais e municipais, são responsáveis por processos de degradação ambiental. São verificadas, nos meios urbanos e rurais, obras que produzirão impactos ambientais realizados por prefeituras, pelo Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), entre outros. A não-observância da susceptibilidade à erosão dos solos, tem gerado sérios problemas nas encostas, podendo-se observar que não são feitos estudos sobre a dinâmica ambiental para a ocupação destas áreas. Para estes mesmos autores, as análises ambientais geram informações que devem seguir de base para as políticas públicas (programas, projetos e planos), “existentes nas diversas instituições e agências governamentais, nos centros de ensino e pesquisa, no setor privado e nas organizações da sociedade civil”.

Para estes mesmos autores, um mapa com detalhamento dos solos da área em que será implantado um sítio urbano, deve ser considerado um instrumento mínimo para que sejam evitados futuros impactos ambientais. Também, é ideal que se tenha mapas da declividade,

geomorfológico, geológico, que possibilitarão o cruzamento de informações por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), obtendo-se uma idéia precisa da susceptibilidade do meio físico à erosão e, ou, movimentos de massa. Relacionados aos aspectos jurídicos e políticos, em 13 de janeiro de 1988 “tramitou em plenário da Câmara dos Deputados uma emenda que teve por objetivo introduzir, entre as competências da União, a de elaborar e executar planos de ordenação do território”, revelando preocupação com a distribuição da população e de suas atividades,

com a observância de uma criteriosa e racional utilização dos recursos naturais decorrente de uma política de Estado que objetiva harmonizar o desenvolvimento econômico com a ocupação do território, abrangendo uma gama de fatores urbanos, rurais, de localização industrial, reforma agrária, conservação e proteção do meio ambiente, entre outros.

Duas estratégias têm sido desenvolvidas: a) Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE); e b) o Zoneamento Geográfico das Unidades Ambientais (ZGUA).

#### ➤ **Zoneamento Ecológico-Econômico**

O disposto no Decreto Federal 99.540, de 21 de setembro de 1990, entre outros, diz “que o ZEE deve ser concebido como o resultado de uma ação de identificação, no qual se determinam zonas caracterizadas pelos componentes físicos e bióticos e pelas formas de ocupação resultantes da ação antrópica”, considerando-o indispensável à ordenação do território. Nesse sentido, a comunidade técnica e científica ligada a Geografia, têm concentrado esforços para desenvolver métodos de fazer o ZEE, em diferentes locais e com diversificado grau de profundidade e abrangência, promovendo debates e discussões nos variados segmentos da sociedade, na busca de entendimento único sobre a metodologia de zoneamento. A crítica a esse modelo, apesar de considerar úteis os levantamentos e inventários de recursos naturais, sociais e econômicos, como processo de elaboração de diagnósticos, para esses mesmos autores, refere-se nos termos ecológico/econômico, pois já demonstram uma “certa apropriação do território pela via econômica”, posto que o interesse social com a devida proteção do meio ambiente é o que deve justificar o uso racional dos recursos.

#### ➤ **Zoneamento Geográfico das Unidades Ambientais**

Tem sido bastante defendido ultimamente, em substituição às ZEE, para fins de uso e conservação da natureza. Esta concepção metodológica visa um zoneamento que ressalte os processos geográficos, porém, como eles, seja dinâmico e mutável. Espera-se, dessa forma, que o monitoramento seja facilitado, devendo inserir o mais recente conhecimento técnico-científico disponível, com condições de mitigar ou evitar problemas de degradação ambiental

pelas cidades. Por esse motivo, definiu-se ZGUA “como delimitação de um espaço geográfico, tendo por base as características dos fatores físicos e bióticos dos geossistemas e suas interações entre si e com o meio sócio-econômico, evidenciando e antevendo os impactos sobre o sistema antrópico”.

Dessa forma, o ZGUA pode apresentar recomendações de uso futuro (prognósticos) para os geossistemas, de acordo com a “alocação natural e o grau de sustentabilidade ambiental claramente definidos e avaliados”. Para esses mesmos autores, também é possível no ZGUA a definição de espaços geoeconômicos, considerando os elementos relacionados com: sistema de manejo florestal e agroflorestal compatíveis com os ambientes naturais, a exploração mineral (incluindo a garimpagem) e a proteção ambiental. Assim, para esses mesmos autores, o ZGUA pode ser definido “mediante a agregação de conhecimentos interdisciplinares, relacionados com as ciências biofísicas e sócio-econômicas sob o enfoque holístico-sistêmico”.

Por esse motivo, recomenda-se um ZGUA como condição básica para um desenvolvimento auto-sustentável. Para isso, “as análises das tendências espaciais e temporais constituirão os impulsos para a montagem do cenário sócio-econômico, o qual, agregado aos dados das análises de potencialidade e sustentabilidade ambientais, conformará o cenário socioambiental”.

#### **4.1.6.4.6. Considerações finais**

Todos os procedimentos envolvidos na AIA constituem um importante componente das decisões referentes aos programas dos mais diversos setores que envolvem as atividades potencialmente capazes de provocar impactos ambientais. Considerando a urgência de controlar os processos já instalados de degradação e, principalmente, prevenir novos riscos de depauperamento de todos os compartimentos e componentes envolvidos, a AIA constitui uma importante ferramenta.

Assim, problemas que surgiriam ao longo do processo produtivo podem ser evitados ou mitigados. Entretanto, para que os resultados sejam efetivos, as análises de impactos ambientais não devem se restringir apenas à listagem dos problemas ambientais devendo avaliar profundamente as transformações espaciais, sociais, política e cultural, dada a sua importância nas alterações físicas, biológicas e químicas do ambiente. Uma das opções é a utilização do método comparativo, utilizando-se de mapas e relatórios de diferentes épocas, possibilitando identificar a evolução, a distribuição e a interpretação dos processos ambientais.

A ordenação do território por meio de estratégias como o ZEE e o ZGUA podem ser um forte aliado. Realizada dessa forma, mais investigadora, a AIA pode ser considerada um importante instrumento de execução da política e de gestão ambiental, portanto, de recuperação ambiental. Para isso, entretanto, deverá ser procedida com o adequado licenciamento ambiental.

#### 4.1.7. Classificação das fontes antrópicas de degradação ambiental

De acordo com DIAS (2003b),

partindo-se da abordagem não segmentada de um sistema, qualquer intervenção que altere os fluxos de energia, nutrientes e água e que resulte em redução de sua capacidade suporte e aumento de entropia, promove a degradação do ambiente. Atividades antrópicas e não antrópicas de diferentes intensidades e duração podem promover a degradação ambiental.

Para esse mesmo autor, não existem dúvidas de que a pecuária e a agricultura são as principais fontes de degradação de solos em termos de extensão de terras degradadas.

##### 4.1.7.1. Classificação temporal

Existem três categorias principais de uso da terra que conduzem à formação de processos de degradação capazes de reduzir, ou mesmo suprimir, a habilidade de manter um ecossistema auto-sustentado: a) uso extrativista temporário; b) uso extrativista permanente; e c) redução do ecossistema (HARRIS et al., 1996). Essas três formas de utilização da terra estão interligadas por alterações na entropia e na biodiversidade, como pode ser visto no Quadro 11.

QUADRO 11 - Classificação, características, magnitude e importância dos impactos ambientais e fontes de degradação

Classificação	Característica	Magnitude e importância do impacto	Fonte de degradação
Uso extrativista temporário	Engloba atividades com um uso definido e programado da terra.	Normalmente são elaborados projetos que, pelo menos teoricamente, contemplam um programa de recuperação do ambiente após o uso. Caso efetuado, pode apresentar baixa magnitude, porém de significativa importância.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mineração a céu aberto</li><li>• Pedreiras</li><li>• Obras de engenharia civil</li><li>• Botas fora</li><li>• Aterros sanitários</li><li>• Depósitos de rejeito</li></ul>
Uso extrativista permanente	Engloba atividades em que não existe uma intenção, no longo prazo, de retorno da área a um sistema auto-sustentado.	Não existem mecanismos econômicos intrínsecos que garantam a recuperação ambiental. Apresentam elevada magnitude e importância.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Sistemas agroflorestais</li><li>• Obras de engenharia civil</li></ul>
Redução do ecossistema	Engloba atividades que, aparentemente, apresentam-se pouco impactantes, quando comparadas às duas categorias anteriores.	Causam redução na capacidade de suporte e biodiversidade do ambiente. Trata-se da maior ameaça de quebra da auto-sustentabilidade dos sistemas em muitas partes do mundo.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Recreação não controlada</li><li>• Caça descontrolada da vida selvagem</li><li>• Retirada de recursos genéticos</li><li>• Poluição externa (chuva ácida, p.ex.)</li></ul>

Fonte: Adaptado de DIAS, 2003a.

Embora possam existir divergências com relação à classificação temporal de prazos de exploração, ela serve como um referencial básico para orientar a adoção de medidas preventivas de controle durante a fase de planejamento e elaboração dos estudos de impactos ambientais. Funciona, também, como auxílio nos projetos de implantação de programas de recuperação e de gestão ambiental.

#### **4.1.7.2. Classificação quanto à atividade**

A degradação de áreas agrícolas e pecuárias, em todo o mundo, tem causado significativos casos de impactos ambientais, com sérias conseqüências aos ecossistemas. A princípio, qualquer atividade que não se preocupe com um manejo eficiente e responsável, onde durante a fase de planejamento sejam respeitados os requisitos mínimos relacionados à prevenção ou mitigação de impactos ambientais, é potencialmente degradadora. Porém, algumas são mais facilmente perceptíveis, como as atividades abaixo relacionadas:

- Agricultura - em diversas regiões do Brasil, em tempos anteriores ao da era industrial, a agricultura caracterizava-se por ser nômade. As pessoas utilizavam uma determinada área por dois a três anos e posteriormente o solo era abandonado. Dessa forma, a natureza sozinha era capaz de regenerá-lo. Atualmente, ocupa grandes extensões e sua utilização de maneira intensiva e sem a observação da capacidade de uso do solo, vêm provocando o surgimento de inúmeras áreas degradadas. De acordo com KOBAYAMA et al. (2001), entre os fatores ligados à agricultura, capazes de causar a degradação do solo, da água, do ar, dos organismos e da topografia, destacam-se: a inaptidão do ambiente, a compactação, o inadequado preparo de solo, o monocultivo, a inadequada irrigação e a insuficiente cobertura de solo;
- Construção Civil - a forte pressão da expansão urbana pode combinar-se com a escassez de terrenos adequados, para criar uma demanda elevada de novos locais para construção de edificações, quase sempre em locais susceptíveis ao favorecimento do surgimento de áreas degradadas, como as encostas. De acordo com GUERRA (2003), “a intervenção humana sobre o relevo terrestre, quer seja em áreas urbanas ou rurais, demanda a ocupação e a transformação da superfície do terreno”. Dependendo do tamanho dessa intervenção, das práticas conservacionistas utilizadas e dos riscos geomorfológicos envolvidos, os impactos ambientais associados poderão causar grandes prejuízos ao meio físico e aos seres humanos.
- Construção de barragens - em função do modelo de produção de energia elétrica do País, tem sido proporcionado problemas a milhares de pessoas expulsas de suas propriedades e atividades, perda de terras férteis e produtivas, florestas destruídas,

povos indígenas ameaçados de extinção, tradições e monumentos culturais desrespeitados. Dessa forma, vidas são alteradas e destruídas, culturas são condenadas ao esquecimento e o meio ambiente degradado (MOVIMENTO..., 2002?).

- Construção de rodovias e ferrovias - principalmente devido à ausência do restabelecimento da drenagem natural e sua posterior manutenção e, também, por falhas nos procedimentos de revegetação dos taludes. Caso o relevo seja mais montanhoso, com a denudação e a produção de encostas artificiais, tornam-se susceptíveis à processos erosivos, inclusive sujeitas a movimentos de massa, com impacto direto no uso da terra e, em casos extremos, podem constituir riscos à vida humana e às construções. Além disso, de acordo com o RELATÓRIO...(1991), a implantação acelerada de rodovias, desacompanhada de uma efetiva política de ordenação territorial de ampla escala, contribui para o aprofundamento de fenômenos sociais tais como: migrações regionais e inter-regionais; devastação de áreas onde se instalam os projetos de assentamento, a extração de madeira e a agropecuária, como na rodovia Transamazônica; esvaziamento de cidades e regiões; concentração econômica e populacional; queda da qualidade de vida nos grandes centros; e aumento da dependência de energia externa, como o petróleo.
- Exploração Florestal - as florestas plantadas fazem parte do elenco de atividades antrópicas há um tempo bastante remoto, seja na forma de florestamento ou reflorestamento. A história relata que as primeiras tentativas de formação de povoamentos florestais foram feitas em áreas restritas e com a utilização de espécies locais, o que gerou um quadro insignificante de impactos junto ao meio ambiente (PÁDUA, 1983). No entanto, com a crescente demanda de madeira e seus subprodutos por toda a sociedade, essa prática passou a se dar em escala comercial, por meio de um modelo que necessita incorporar grandes áreas ao processo produtivo e utilizar técnicas intensivas para garantir o sucesso do empreendimento, com a agravante dos plantios serem monocultivos e apresentarem tendência a uma grande uniformidade genética (CORREIA e ANDRADE, 1999). Com a redução da idade de corte ou com o aumento do nível de utilização de componentes da árvore, não permite a completa ciclagem de nutrientes com o fechamento do ciclo biogeoquímico, quando a retranslocação interna de nutrientes na planta é mais intensa e o retorno do nutriente via serapilheira constitui a entrada mais importante, prejudicando a produtividade das rotações futuras (LADEIRA, 1999). Contribuem, também, para a redução da biodiversidade e, em alguns casos, conflitos de posse e uso da terra.
- Industrialização - como todas as atividades humanas de produção, desde a Revolução Industrial, passou por sucessivas transformações e foram marcadas por um vertiginoso desenvolvimento tecnológico e com aceleração contínua. Paralelamente, as economias



modernas impuseram um enorme aumento no ritmo de consumo de bens e serviços, aumentando ainda mais essa expansão. Com o processo de globalização, há emergência de novos setores industriais e declínio relativo de outros, dando origem a “cinturões de ferrugem” e fonte de poluição, além de produzirem um enorme passivo ambiental. O problema caracteriza-se com relação à qualidade do solo, limitando novos usos e eventuais necessidades de executar trabalhos de descontaminação (SÁNCHEZ, 2001).

- Mineração - a mineração é, por si só, uma atividade impactante, uma vez que promove a alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio onde está inserida. Seu reflexo pode expandir-se além da área diretamente afetada, apresentando um grau de impacto ambiental de alta magnitude, como nos casos onde há contaminação por metais pesados ou a ocorrência de drenagem ácida, atingindo os corpos d'água, causando danos à fauna e à flora.
- Pecuária - particularmente a extensiva, por não utilizar princípios básicos de conservação. Como prática de manejo, utilizam o fogo para a renovação de pastagens, afetando o solo e a biodiversidade. Em regiões de campos nativos, como nos pampas gaúchos, com solos arenosos e extremamente frágeis, desenvolve-se uma vegetação natural que não suporta atividades agropecuárias intensivas. Nessa região, está ocorrendo sério problema de desertificação, principalmente devido à introdução de espécies forrageiras menos adaptadas à região e, com o pisoteio, que favorecem o revolvimento da camada superficial do solo, causam sua desagregação. Essas áreas descobertas favorecem a ocorrência de erosão eólica, que irá desenfrear o processo de desertificação (KOBAYAMA et al., 2001).
- Urbanização - associada à construção civil e, principalmente, pelos inúmeros loteamentos clandestinos, situados muitas vezes em áreas de encostas e sem infraestrutura básica como redes de esgoto e canais de drenagem, constituem um dos principais impactos produzidos no ciclo hidrológico, com inúmeros efeitos diretos e indiretos: 1) assoreamento (devido à alterações da drenagem) e a poluição (pelo acúmulo de resíduos) dos corpos d'água, tendo como consequência o aumento dos casos de enchentes, deslizamentos e desastres provocados pelo desequilíbrio no escoamento das águas; 2) destruição de ecossistemas fundamentais à vida marinha (manguezais e restingas); 3) destruição de áreas naturais, entre outros. De acordo com RELATÓRIO...(1991), a ótica populacional implica em duas dimensões analíticas, relacionadas ao espaço: 1) concentração progressiva da população brasileira em cidades, produzindo problemas ambientais; e 2) reflete a distribuição espacial desigual, tanto dos recursos naturais quanto das atividades econômicas empreendidas pelo ser humano.

➤ **Principais atividades agropecuárias e florestais com potencial degradador**

Algumas atividades agropecuárias e florestais geram focos de poluição e degradação. Sinteticamente, podem ser relacionados suas características, seus principais impactos ambientais e as medidas mitigadoras e, ou, recuperadoras, representadas no Quadro 12.

QUADRO 12 - Principais atividades agrícolas, pecuárias e florestais com potencial de degradação (1- Culturas intensivas e projetos agroindustriais; 2- Horticultura e fruticultura; 3- Reflorestamento; 4- Bovinocultura; 5- Avicultura; e 6- Suinocultura (nessa atividade, é necessário obter licenciamento técnico-ambiental de acordo com a norma deliberativa do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM)).

<b>Atividades</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Problema comum</b>						
• Grandes áreas de cultivo	X	X	X	X		
• Uso indiscriminado de medicamentos e, ou, agroquímicos	X	X	X	X	X	X
• Implantação de grandes maciços florestais			X			
• Sistemas exploratórios concentrados e, ou intensivos	X	X	X	X	X	X
<b>Característica</b>						
• Uso intensivo de agroquímicos e, ou, insumos florestais	X	X	X	X		
• Uso intensivo de medicamentos e, ou, insumos	X	X	X	X	X	X
• Grande produção de dejetos e, ou, resíduos agroindustriais	X	X	X	X	X	X
• Demanda por água de irrigação	X	X				
<b>Principais Impactos</b>						
• Contaminação ambiental da água e do solo	X	X	X	X	X	X
• Contaminação de alimentos	X	X			X	X
• Fator de risco à saúde animal e humana	X	X			X	X
• Aumento do consumo de água, causando conflitos com usos antrópicos e com o ambiente	X	X	X		X	X
• Carreamento sazonal de agrotóxicos, contaminando o solo, água e lençol	X	X	X	X		
• Rebaixamento do nível do lençol freático, dos rios e dos reservatórios						
<b>Medidas Mitigadoras e, ou, recuperadoras</b>						
• Tratar dos resíduos por meio de tanques de decantação	X	X	X	X	X	X
• Racionalizar o uso de medicamentos e, ou, insumos	X	X	X	X	X	X
• Racionalizar o consumo de água, visando diminuir a produção de volume de resíduos e, ou, dejetos	X	X	X	X	X	X
• Associar o uso de dejetos à palhadas de culturas para a produção de composto orgânico.	X	X		X	X	X
• Usar dejetos associados ou não a palhadas em substituição a fertilizantes minerais	X	X	X	X		
• Usar técnicas de manejo integrado de pragas e doenças	X	X	X	X		
• Dar destino adequado aos resíduos agroindustriais	X	X	X	X	X	X
• Manter a vegetação nativa nas áreas de recarga dos lençóis e respeitar as matas ciliares.	X	X			X	X
• Adotar tecnologias de baixo consumo de água	X	X	X	X	X	X
• Usar técnicas de conservação de água e solo	X	X	X	X		
• Racionalizar o uso de agrotóxicos por meio de receituário agrônomo	X	X	X	X		

Fonte: compilados de SCHAEFER et al., 2000.

A importância em identificar os principais problemas e características dessas atividades e as possíveis medidas mitigadoras, amparadas atualmente pela legislação ambiental e pela obrigatoriedade da avaliação de impactos ambientais, é permitir que sejam

reduzidos os impactos ambientais negativos. Por meio da utilização de ferramentas, tais como o licenciamento ambiental e a implantação de sistemas de gestão ambiental (ver sub-capítulos 4.3.9 e 4.3.10), têm favorecido tais procedimentos. Cabe ainda considerar, que a utilização de medidas preventivas visam a utilização dos recursos naturais de forma racional, com vistas aos princípios e anseios do desenvolvimento sustentável.

#### **4.1.8. Considerações finais**

Atualmente, sabe-se que o meio ambiente possui capacidade limitada em absorver os impactos negativos gerados pelas atividades antrópicas. Por este motivo, existe a possibilidade de esgotamento dos seus recursos naturais, pela exaustão ou pela poluição, caso persistam os atuais modelos de desenvolvimento e produção que privilegiem a concentração e o crescimento econômico, ligados a uma expansão desordenada e acelerada dos meios urbano e rural, em detrimento à conservação da natureza.

Identificaram-se os principais fatores que têm contribuído para o agravamento dessa situação de desequilíbrio. Considera-se que a mitigação ou mesmo a solução definitiva de tais problemas, possibilitando que a recuperação ambiental seja efetiva e duradoura, promovendo o desenvolvimento sustentável, é preciso que sejam trabalhadas essas condições que a originaram. Dependerá da adoção de políticas públicas responsáveis com esse direcionamento. Deve-se promover modificações profundas de cunho político, organizacional e social. Dessa forma, é necessário que haja alterações da atual escala de valores dos diversos setores produtivos e da sociedade envolvidos, onde devem ser repensados os modelos de desenvolvimento, de produção, de consumo e de gestão ambiental.

A grande concentração populacional e as atividades humanas nos meios urbanos, quase sempre afetam a qualidade do ar, do solo, da água e dos alimentos. As perdas advindas do transporte e transferência dos alimentos do campo para a cidade são consideráveis, como também em seu armazenamento, processamento e distribuição. Pode-se afirmar, atualmente, que o consumismo desenfreado associado ao desperdício são anticonservacionistas, posto ser necessário uma grande quantidade de recursos naturais em suas diferentes formas, para a sua manutenção. O grande consumo de alimentos e outros bens requerem uma grande quantidade de energia nas diversas fases de produção, como também produzirão resíduos em sua fase final, aumentando a entropia dos sistemas. Atualmente, influenciadas pelos meios de comunicação que criam situações que geram necessidades crescentes diárias, as necessidades humanas tornaram-se praticamente infinitas. São sustentadas por conhecimentos científicos que manipulam o consumidor e o envolve nesse processo. Sabe-se, entretanto, que as reais necessidades humanas básicas podem ser significativamente reduzidas.

No campo, nas pequenas propriedades rurais da agricultura de subsistência, além dos diversos problemas discutidos referente ao modelo de produção familiar, como o seu baixo nível tecnológico, soma-se o reduzido tamanho de suas áreas. Dessa forma, tem havido a

utilização acima da sua capacidade de suporte, tendo como consequência a erosão e o risco de abandono da atividade ou degradação das condições de vida e do meio ambiente. Deve-se, portanto, introduzir modificações no uso e manejo do solo, além da utilização de práticas conservacionistas, como medidas de caráter vegetativo que incentivem o consórcio e a rotação de culturas para a redução da perda do solo. Talvez, a solução provável para essa situação, fosse a utilização dessas áreas para a condução de culturas alternativas direcionadas à agroindústria, possibilitando a geração de produtos com maior valor agregado. Depende assim, da participação intensiva da extensão rural para a difusão tecnológica e a assistência, além do apoio logístico.

É necessário legitimar as demandas da sociedade relativas à obtenção de informações completas sobre a tecnologia a ser utilizada num processo produtivo ou de serviços, bem como os riscos associados à saúde, à segurança e ao meio ambiente que elas acarretam. Há que se fortalecer a base legal necessária ao manejo e aproveitamento dos recursos naturais, em especial ao uso do solo e das águas e a conservação dos mananciais. Para isso é preciso que sejam estabelecidos horizontes de tempo: a) no curto prazo, são necessárias ações que busquem uma melhoria do processo de vigilância, em especial no que se refere aos métodos utilizados e aos procedimentos técnicos de controle e monitoramento; b) no médio prazo, é necessário estabelecer uma melhoria sensível na capacitação dos Recursos Humanos para que se tenha competência técnica capaz de minimizar os riscos da tecnologia, possibilitando o autocontrole e a certificação dos processos, com a construção de bancos de dados capazes de garantir a confiabilidade das operações; e c) no longo prazo, é necessário que sejam estruturadas medidas que dêem suporte à condição de sustentabilidade. Estas, apesar de seus efeitos surgirem no longo prazo, deverão ser tomadas o mais breve possível, como o fortalecimento da educação ambiental nas escolas e universidades, públicas e privadas, tendo por objetivo a formação política dos agentes indutores e realizadores do futuro, fundamentada na ética e na justiça social. Tal medida deverá ser mantida por prazo indeterminado, cabendo considerar que deverá ser constantemente revista e atualizada.

Para isso, as políticas públicas e organizacionais devem estimular a criação de alternativas educacionais, bem como a disponibilidade de acesso a sistemas de banco de dados e informações, como a relação das empresas que possuem certificação de qualidade e sistemas de gestão ambiental implantados, tornando mais seguras as tecnologias utilizadas. Dessa forma, existirá maior harmonia entre os ciclos produtivos e os ciclos naturais. As questões sociais devem ser revistas, considerando a relação existente entre pauperização/degradação, exigindo uma distribuição mais equitativa na alocação dos recursos e dos investimentos, para que sejam reduzidos os níveis de pobreza. Considerando nosso planeta como um ativo do qual se pode apenas utilizar os benefícios de seu “bom manejo”, sem comprometer as oportunidades para as gerações futuras, pode tornar-se possível o desenvolvimento sustentável. Encontrar soluções tecnológicas e metodologias capazes de produzir desta forma, sem a geração de degradação, é o grande desafio das empresas e da

sociedade como um todo. Para isso, é necessário que seja desenvolvido um novo modelo de gestão dos recursos, compartilhado por toda a sociedade.

A pesquisa, particularmente a pública, não deve estar voltada exclusivamente para os interesses da iniciativa privada. Vale lembrar, que grandes projetos que originaram focos de degradação, ocorreram com o assessoramento de pesquisadores de universidades e órgãos públicos; sob a fiscalização de órgãos estaduais e, ou, federais; e com o financiamento de agências e bancos estatais, federais e, ou, estaduais. Dessa forma, fica caracterizada uma dose de convivência dessas instituições com o atual modelo predominante de produção, onde são favorecidos apenas alguns grupos de interesses, não sendo respeitados os apelos dos produtores rurais que deveriam ser trazidos pela extensão, limitados pelos diversos fatores discutidos. É necessária uma reestruturação do atual modelo de desenvolvimento, para atender às demandas efetivas da classe rural, e não ofertar resultados de pesquisas impostos pelo modelo capitalista e político convencionais.

Uma abordagem inovadora e criativa às principais questões ambientais e de desenvolvimento que o mundo vem atravessando, pode perfeitamente ser compatível com estratégias de promoção de investimentos. O certo é que se as indústrias, a agropecuária e as empresas florestais de todo o mundo continuarem a praticar as suas atividades nos moldes atuais, a sociedade não atingirá seu objetivo: o desenvolvimento econômico, social e ambientalmente justo e sustentável para todos. Contudo, se a informação gerada pela pesquisa se tornar amplamente disponível e integrada em um modelo sistêmico, precisando nesse ponto da atitude firme e precisa: a) da pesquisa, no direcionamento; b) da extensão, na difusão tecnológica; e c) da fiscalização e da certificação, no monitoramento, posto que leis existem, será possível converter novas idéias e conceitos em ação. A recuperação ambiental, nesse momento, deve ser prioridade.

## CAPÍTULO II

### 4.2. A Recuperação Ambiental

#### 4.2.1. Objetivo

O objetivo desse capítulo é analisar o início dos procedimentos de recuperação ambiental no Brasil e a sua evolução até aos dias atuais. Dessa forma, pretende-se justificar a sua necessidade e os principais passos que deverão ser observados para o seu sucesso. Objetiva também:

- Conhecer metodologias para a identificação dos estádios de degradação e ferramentas para o seu diagnóstico e monitoramento;
- Verificar a interligação e a interdependência entre os recursos naturais e os aspectos sócio-econômicos nos procedimentos de recuperação;
- Identificar a importância de alguns procedimentos, como a revegetação, para a sustentabilidade da recuperação;
- Visualizar a importância da interdisciplinaridade nas pesquisas relacionadas à recuperação ambiental; e
- Sugerir áreas prioritárias carentes de pesquisas.

#### 4.2.2. Introdução

Atualmente, existe a opinião nos meios científico, empresarial e na sociedade, advertindo que o Planeta está caminhando a um desastre ecológico sem precedentes. Tais opiniões procedem, quando considerado o desarranjo volumoso nos sistemas naturais da Terra, dos quais a nossa civilização depende. Entretanto, existem opiniões que, complacentemente, afirmam que a situação não é tão drástica, inclusive afirmando, que o atual momento mundial é o melhor de todos os tempos. Ainda, existe um menor, mas crescente coro discutindo que ambas destas percepções são verdadeiras, pelo menos em parte (SCHLEV e LAUR, 1998).

Uma maneira para conciliar estes contraditórios pontos de vista, consiste em perceber que se está vivendo num tempo de grandes oportunidades, com a chance de construir um novo caminho para a busca do desenvolvimento sustentável. Porém, deverá ser significativamente diferente do aparecimento da indústria nos séculos XIX e XX. Para construir o caminho nessa direção, exigirá maior conhecimento por parte dos indivíduos, organizações, empresas e da sociedade em geral. Os conhecimentos atuais ainda são tênues em relação à necessidade de se desenvolver uma nova ordem, para sobreviver e prosperar no século XXI. As notícias ruins são que os problemas com os ecossistemas da Terra, tanto hoje como no futuro, são enormes. O espírito empreendedor humano realmente desenvolveu um risco considerável para o planeta. As boas notícias são que as oportunidades atuais são

imensamente maiores. Para desenvolvê-las e colhê-las, precisa-se propor mudanças importantes nos modelos de educação, de produção e de gestão (*ibidem*).

De acordo com CASTELLS (1999), as grandes empresas passaram a incluir as questões ambientais como um componente rotineiro do seu negócio. Porém, adverte: a maioria dos problemas ambientais persiste, posto que seu tratamento requer uma transformação nos meios de produção e de consumo, bem como de nossa organização social e de nossas vidas pessoais.

Para BERNARDES e FERREIRA (2003), vale ressaltar alguns eventos internacionais que envolvem a política ambiental e a tomada de consciência sobre a importância deste assunto em nível global. O desastre ocorrido na Baía de Minamata, no Japão, detonou a solicitação sueca para uma reunião mundial com vistas ao modelo de desenvolvimento e às questões ambientais. Foi realizada em Estocolmo, em 1972, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, que teve como ponto marcante a contestação às propostas do Clube de Roma sobre o crescimento zero para os países em desenvolvimento. Porém, ficou reconhecido por toda a comunidade internacional, em função de comprovações científicas, a vinculação entre desenvolvimento e meio ambiente, sendo aceita a consideração que é responsabilidade majoritária dos países desenvolvidos a contaminação do planeta. Foram criados programas e comissões importantes tais como o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMMAD), estabelecendo o assunto definitivamente na agenda e nas discussões da ONU. A mais importante reunião, depois de Estocolmo, foi a Conferência de Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO 92), que promoveu definitivamente a internacionalização da proteção ambiental e das questões ligadas ao desenvolvimento, como também a necessidade de recuperação de áreas degradadas.

Dessa forma, em vista de novos níveis de prosperidade - que podem ser sustentados econômica, ecológica e socialmente - conquista-se crescentemente maior número de pessoas em seu serviço. Entretanto, para atingir tais objetivos, faz-se necessário a) assumir novas estratégias; b) estabelecer compromissos mais fortes; e c) investir em trabalhos que evidentemente são difíceis, como intensificar as pesquisas para aprender mais sobre recuperação ambiental.

Percebe-se, ao longo dos últimos 30 anos, nos países desenvolvidos e no Brasil, que a qualidade e quantidade de áreas degradadas recuperadas têm sido significativamente aperfeiçoadas. A sociedade expressa sua determinação exigindo e fiscalizando o fim de práticas industriais e de uso do solo e da água que causem degradação ambiental em longo prazo, por meio de numerosos regulamentos federais, estaduais e locais. A indústria, aos poucos, vem aceitando a responsabilidade para a mitigação dos impactos negativos e a recuperar danos causados aos sistemas ambientais. Resultados bem sucedidos de recuperação estão sendo divulgados mensalmente em jornais, revistas, TV e pela "internet". Infelizmente, algumas concepções erradas ainda persistem, relativas a abusos ambientais

praticados por alguns setores das atividades produtivas, baseadas em hábitos do passado (TOY e DANIELS, 1998; TOY et al., 2002; GRIFFITH, 2002).

Além das exigências legais, da cobrança da sociedade civil organizada e do acúmulo de pesquisas e resultados de experiências, a melhoria dos procedimentos de recuperação pode ser responsabilizada por avanços em: 1) métodos de avaliação de impactos ambientais; 2) planejamento da recuperação; 3) projeto de equipamentos; e 4) materiais disponíveis, incluindo produtos de controle de erosão, variedade de sementes e técnicas de revegetação. A avaliação de impactos ambientais e o planejamento da recuperação têm beneficiado a expansão de bancos de dados e refinamentos de modelos hidrológicos, geomórficos e de engenharia. A evolução da computação facilitou a eficiência destes modelos e a acessibilidade a banco de dados. Emergiu um mercado para equipamento especializado, com o fato do tema recuperação ter-se tornado operação padrão nos negócios rotineiros de várias indústrias. A inovação de produtos para controle de erosão, por exemplo, eram desenvolvidos exclusivamente para circunstâncias especiais. Também, a variedade e quantidade de sementes disponíveis para revegetação aumentaram, especialmente para espécies nativas (MEYER e RENARD, 1991; TOY e DANIELS, 1998; TOY et al., 2002).

A partir da crescente mobilização mundial por um novo modelo de desenvolvimento, fez com que as novas políticas ambientais trouxessem um significativo apoio às pesquisas na área de recuperação ambiental. Atualmente, vários grupos têm contribuído nesse sentido, em nível internacional, tais como: a) as seguradoras, em função dos crescentes prejuízos financeiros decorrentes de alterações climáticas em todo o mundo, têm funcionado como um forte aliado exercendo o papel de um grupo de interesse voltado para os procedimentos de recuperação; b) organismos internacionais, como a Organização das Nações Unidas (ONU), o Banco Mundial (BIRD) e o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), além de funcionarem como agentes econômicos e de política burocrática, vêm funcionando, também, como grupos de interesse em pesquisa; nesse caso, de forma construtivista; e c) as Organizações Não-Governamentais (ONGs).

Porém, para que ocorra o sucesso da recuperação ambiental de forma eficiente e duradoura, esta não pode ser assumida como um fato isolado, valendo-se de soluções bem-intencionadas, mas que na verdade visem auferir lucro ou apenas resposta imediata para atender o desejo do empreendedor e satisfazerem às exigências do órgão ambiental fiscalizador. O pensamento sistêmico, teoria que mostra um novo tipo de pensar e de relações que se interagem e integram-se, mostra que a adoção de soluções sintomáticas gera outros efeitos adversos não considerados anteriormente. Dessa forma, observa-se que o processo de recuperação ambiental é complexo, exigindo tempo, recursos e conhecimento dos diversos fatores que compõem ou podem interferir na área a ser recuperada. Devem ser incluídos os diversos atores sociais afetados ou envolvidos na área direta e indiretamente afetada, considerando seus valores e interesses. Assim, a etapa inicial do planejamento do projeto de recuperação ambiental, permitirá que seja conhecida a amplitude do problema ambiental para o qual este projeto será destinado. Neste ponto, deverá ser traçado o plano de recuperação



com os objetivos de médio e longo prazo, bem definido e coerente com a realidade. Deve-se considerar as externalidades e a totalidade das relações físicas, biológicas, políticas, sócio-econômicas, tecnológicas e culturais da área na qual o projeto está inserido (NARDELLI e NASCIMENTO, 2000).

#### **4.2.3. Histórico**

GRIFFITH (2002) destaca que o marco do processo atual de recuperação ambiental no Brasil foi o protesto público em Belo Horizonte, em 1977, contra a mineração na Serra do Curral, MG. A partir desse evento, a atuação da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e outras universidades no movimento de recuperação ambiental, tem sido constante. Já em 1978, foi elaborado um relatório contendo recomendações para a recuperação de superfícies mineradas de bauxita, convênio UFV/Alcominas, em Poços de Caldas, MG. Em 1980 foi produzido o Boletim Técnico Recuperação Conservacionista de Superfícies Mineradas: uma revisão de literatura, pela Sociedade de Investigação Florestal da UFV (SIF/UFV). A partir dessa data, vários cursos de controle de poluição pela mineração e avaliações da recuperação de áreas mineradas foram implementados. Em 1987 iniciam-se pesquisas no Centro Nacional de Pesquisas Ambientais da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPAB/EMBRAPA) sobre espécies fixadoras de nitrogênio para revegetar áreas degradadas.

Em 1988 a nova Constituição do Brasil exige a recuperação de áreas degradadas e em 1989, por meio do Decreto n. 97.632/89, passou a ser exigida a elaboração de um Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) para áreas de mineração. Em 1990 o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA, 1990) publica um manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração. Em 1991 é firmado um convênio entre a Universidade Federal de Lavras (UFLA) e a Centrais Elétricas de Minas Gerais (CEMIG) para estudar a recuperação de matas ciliares. Em 1992 acontece o I Simpósio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas (RAD) em Curitiba, PR. Outro passo importante para a afirmação da necessidade de recuperação ambiental (RA), foi à criação em 1997 da Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas (SOBRADE). Em 1998 a Companhia Geral de Minas (Poços de Caldas, MG) e a Samarco Mineração S.A. (Mariana, MG) obtiveram a Certificação ISO 14001 para mineração (GRIFFITH, 2002).

Entretanto, paradoxalmente, aconteceu nesse período uma enorme devastação, apesar da enorme quantidade de leis e decretos dispendo sobre meio ambiente e recursos naturais. Os danos da mata de encosta atlântica, a destruição do Cerrado e o avanço sobre a Amazônia, permitiram que estados com cobertura florestal em quase toda a sua extensão, fossem destruídas em poucos anos. De acordo com PÁDUA (1983), o desmatamento sem critérios sob as mais diversas circunstâncias e o mau manejo dos solos, foram os responsáveis pela perda das terras agrícolas, assoreamentos dos rios, entupimento dos vales, processos erosivos, agravamento do quadro de enchentes poluindo rios e lagos, salinizando terras férteis e dando início a processos de desertificação. Esse fato acontece em plena vigência do Código

Florestal, o qual mesmo não sendo perfeito, caso cumprido, não haveriam tantas áreas degradadas. Impõe-se, atualmente, como prioridade, recuperá-las.

Contudo, observa-se, e há que se considerar, que leis podem ser inócuas caso não seja trabalhada a educação ambiental nas comunidades com respeito às suas diversidades culturais; além da efetiva conscientização dos dirigentes, na tomada de decisão para novas políticas públicas, que devem exigir, entre outros: a) o licenciamento ambiental para a implantação de qualquer atividade passível de produzir poluição/degradação; b) maior rigor na fiscalização; c) ampliação no monitoramento das atividades produtivas; d) a educação ambiental; e e) a implantação de sistemas de gestão ambiental integrada com a comunidade.

#### **4.2.4. Definições e objetivos da recuperação ambiental**

Defini-se área degradada ou ecossistema degradado, como aquele que, após distúrbio, teve a) eliminados juntamente com a vegetação nativa, os seus meios de regeneração biótica como banco de sementes, banco de plântulas, chuva de sementes e órgãos ou partes que possibilitem a rebrota, inclusive com a perda da camada fértil do solo; b) a fauna destruída, removida ou expulsa; e c) a qualidade e regime de vazão do sistema hídrico alterados. Nessas condições, por apresentar baixa resiliência, ocorre a degradação ambiental devido a perda de adaptação às características físicas, químicas e biológicas. Nesse caso, o seu retorno ao estado anterior pode não ocorrer ou ser extremamente lento, tornando necessária a ação antrópica para a recuperação desses ecossistemas e possibilitar o restabelecimento do desenvolvimento sócio-econômico. Ecossistema perturbado é aquele que sofreu distúrbio, mas manteve meios de regeneração biótica. A ação humana não é obrigatória, sendo necessário somente auxiliar na recuperação do ecossistema perturbado, pois a natureza pode se encarregar da tarefa. Em ecossistemas degradados, a ação antrópica para a recuperação quase sempre é necessária (CARPANEZZI et al., 1990; IBAMA, 1990).

Considerando que esses sistemas possuem energia armazenada, pode-se considerar que o ambiente degradado apresenta a perda dessa energia. BLUM (1998), identifica e sugere três tipos de energia envolvidos nesses compartimentos:

- a) Gravitacional - é a energia que controla a maior parte de movimentos dos sólidos, líquidos e gases, sendo determinante para alguns fenômenos, tais como erosão e sedimentação;
- b) Conservada - é a energia existente e presente no material de origem, sendo proveniente das forças internas da Terra, tais como pressão e temperatura; e
- c) Solar - é a energia de maior importância para o crescimento e desenvolvimento das espécies vegetais. Por meio do processo de fotossíntese, os vegetais transformam o gás carbônico atmosférico em componentes orgânicos que são transferidos ao solo.

Considerando-se esse conceito, no qual as funções e uso do solo têm como base a sua energia armazenada, implica em dizer, que degradação do solo significa a perda de suas funções e usos. Dessa forma, a degradação ambiental pode ser definida nas formas específicas de energia. Assim, todas as atitudes a serem definidas na recuperação ou no uso

de áreas degradadas, devem considerar o nível de energia no sistema (KOBİYAMA et al., 2001).

Observa-se, entretanto, na maioria dos conceitos relacionados à área degradada, a priorização em relacioná-la ao fator solo ou terra. Sabe-se, porém, que ela engloba não apenas o solo, mas também a água, o ar e os organismos. Sob esta visão, KOBİYAMA et al. (1993) definiram degradação, como “processos e fenômenos do meio ambiente, naturais ou antropogênicos, que prejudicam as atividades de um ou mais organismos”. A partir dessa definição, conceituaram área degradada considerando a sua entropia (S), que pode ser definida como a divisão entre calor (Q) e temperatura (T), ou seja,  $dS = dQ/T$ . Entendem, assim, que entropia representa a “sujeira” no sistema, resultando na desarmonia dos processos envolvidos. Dentro dessa visão, área degradada é aquela que apresenta maior entropia do que um ambiente equilibrado.

Para ODUM (1988), entropia é a medida da energia não disponível que resulta das transformações, como nos processos de dispersão, havendo queda de qualidade, posto não ocorrer tais processos, mesmo espontâneos, sem a ocorrência de perdas. Então, quanto menor a entropia (relação percentual entre a energia dissipada sem aproveitamento e a total utilizada), maior é a eficiência do processo de transformação.

Tratando-se da recuperação propriamente dita, é comum a citação de termos como recuperação, reabilitação e restauração como se fossem um único processo. TOY e DANIELS (1998) definem três categorias de tratamento de recuperação de solo:

- **Reabilitação** - o solo é retornado à forma e produtividade em conformidade com a sua capacidade de uso, incluindo sua estabilidade e equilíbrio ecológico, que não contribua substancialmente para a deterioração ambiental e com os valores estéticos circundantes;
- **Recuperação** - o local é novamente hospitaleiro para organismos que eram originalmente presentes ou outros que se aproximam das populações originais; e
- **Restauração** - a condição do local no momento da perturbação é reproduzida depois da ação.

Estes mesmos autores comentam que os termos reabilitação, recuperação e restauração não foram uniformemente usados, sendo que outras denominações variaram ao longo dos anos. As leis e regulamentos pertinentes foram interpretados e cumpridos de diferentes modos, variando de acordo com o tempo e com o lugar. Atualmente, o termo “recuperação” é o que vem sendo mais utilizado no Brasil, mas com o entendimento que possibilidades alternativas de usos do solo, devem permanecer.

A definição proposta pelo IBAMA (1990), uma referência pela sua importância nos procedimentos ambientais e pela sua abrangência nacional, para recuperação de área degradada, resume:

recuperação significa que o local degradado será retornado a uma forma de utilização de acordo com o plano preestabelecido para o uso do solo. Implica que uma condição estável será obtida em conformidade com os valores ambientais, econômicos, estéticos e sociais da circunvizinhança. Significa, também, que o sítio degradado

terá condições mínimas de estabelecer um novo equilíbrio dinâmico, desenvolvendo um novo solo e uma nova paisagem.

De acordo com GRIFFITH et al. (2000),

a recuperação de áreas degradadas (RAD), ou recuperação ambiental (RA), é um conjunto de ações planejadas e executadas por especialistas de diferentes áreas do conhecimento humano, que visam proporcionar o restabelecimento da auto-sustentabilidade e do equilíbrio paisagístico semelhantes aos anteriormente existentes, em um sistema natural que perdeu essas características. As pesquisas em recuperação ambiental têm focado tanto os problemas decorrentes das atividades agropecuárias, florestais, minerárias, construção civil, urbanização e industrialização, como aqueles decorrentes de processos naturais, tais como enchentes, incêndios, secas, dilúvios e atividades sísmicas.

Neste trabalho, recuperação é definida como o tratamento de áreas perturbadas para criar pedopaisagens estáveis e condições edáficas para se sustentarem, mediante uso do solo em sua condição predeterminante, exigindo condições mínimas de manutenção. Além disso, as comunidades existentes no local recuperado, deverão conviver com essa nova paisagem em harmonia, dentro de uma nova realidade sócio-econômica, onde haja uma maior equidade social: ou seja, propõe-se uma recuperação sócio-ambiental.

#### **4.2.5. A justificativa da necessidade de recuperação ambiental**

Pelas estimativas da ONU, *apud* DIAS (1998), cerca de 15% do solo mundial encontra-se degradado: 5% na América do Norte, 12% na Oceania, 14% na América do Sul, 17% na África, 18% na Ásia, 21% na América Central e 23% na Europa. Citam, que no Brasil, não existem avaliações exatas sobre a extensão de áreas degradadas, mas todas as estimativas apontam o desmatamento e as atividades agropecuárias como os principais fatores de degradação de nossos solos.

Em outra estimativa, cerca de 30% da superfície do planeta já se encontra desertificada, o que significa menos terra agricultável disponível (LEMOS e BATMANIAN, 2000). Aproximadamente 6 milhões de hectares de terras produtivas sofrem anualmente processos de desertificação, sendo que a maior parte delas ocorrem nas regiões mais pobres do continente africano (BERNARDES e FERREIRA, 2003).

Essas áreas são caracterizadas por solos empobrecidos e erodidos, apresentando instabilidade hidrográfica, produtividade primária e diversidade biológica reduzidas, baixas resistência e resiliência, resultando em sociedades pauperizadas, uma vez que os recursos naturais são finitos (PARROTA, 1992).

Contudo, deve-se estar ciente, que para a efetividade e o sucesso dos procedimentos de recuperação tornarem-se duradouros, deverão existir mudanças dos modelos produtivos e no comportamento diário da população. De acordo com LOUREIRO et al. (2000),

as causas de degradação ambiental e da crise na relação sociedade/natureza não emergem apenas de fatores conjunturais ou do instinto perverso da humanidade, e as conseqüências de tal degradação não são provenientes apenas do uso indevido dos recursos naturais; são, sim, de um conjunto de variáveis interconexas, derivadas das categorias: capitalismo, modernidade, industrialismo, urbanização e tecnocracia. Logo, a desejada sociedade sustentável supõe a crítica às relações sociais e de produção, tanto quanto ao valor conferido à dimensão da natureza.

Mediante essa situação, com sérias implicações sócio-econômicas e em face de uma emergente consciência ambiental, além das exigências legais, existe a pressão da sociedade para que sejam recuperadas áreas degradadas com vistas à sua reabilitação ao processo produtivo. Entretanto, a recuperação de um ecossistema não deve ser confundida com ações superficialmente similares que visem outros fins, como a produção florestal em terrenos profundamente alterados. Devem ser trabalhados tanto seus componentes (plantas, animais, fatores bióticos) como seus serviços ou funções (papéis hidrológico, estético, etc.) (GRIFFITH, 2002). Para TUNDISI (2003), a questão dos “serviços” dos ecossistemas deve ser considerada ponto fundamental em qualquer projeto de conservação ou recuperação.

Portanto, para que esses procedimentos sejam duradouros, os objetivos de um projeto de recuperação ambiental, a partir de um amplo levantamento, devem considerar além dos aspectos técnicos e legais, também, os aspectos ambientais, sociais, culturais, econômicos e éticos. A partir dessa análise, o ambiente passa a ser avaliado de tal forma que possam ser geradas informações a respeito de suas características anteriores ao processo de degradação - cenário pré-degradação, as quais poderão fornecer importantes informações sobre o potencial de recuperação do ambiente, no cenário pós-degradação (NASCIMENTO, 2001).

Também, deve-se considerar a avaliação temporal, posta tratar-se de uma das premissas básicas para a elaboração de programas de recuperação e manejo de ecossistemas. Nela, busca-se identificar os principais fatores impactantes, as conseqüências e a magnitude, onde seja possível diagnosticar e traçar um modelo preditivo (ver modelo página 280). No entanto, de acordo com ESPÍNDOLA e BRIGANTE (2003), o período da maioria dos estudos ainda é limitado em poucos anos, sendo reduzidos os ecossistemas, terrestres e aquáticos, que apresentam monitoramento contínuo em longo prazo; ou seja, estudos de longa duração, como propagado pelo Programa de Estudos de Longa Duração (PELD), apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), desde 1997. Para estes mesmos autores, a primeira barreira consiste na própria compilação de dados preexistentes e, também, nas diferenças metodológicas (incluindo análises e pontos de amostragem), as quais, na maioria dos casos, não permite análise comparativa mais adequada dos resultados disponibilizados. Afirmam também, que a maioria dos estudos eram regionais, existindo poucos estudos desenvolvidos considerando a escala espacial, ou seja, em nível de bacia hidrográfica.

Devido à ausência de banco de dados e às diferenças metodológicas que permitissem uma comparação temporal e espacial, entre outras limitações, GRIFFITH (2001) cita que no início das atividades de recuperação o custo era alto e o sucesso aparentemente difícil de ser alcançado, além de que muitos a consideravam desnecessária. Talvez pelo fato, na maioria dessas áreas, restasse condições ecológicas tão adversas que muitos produtores achavam que não havia a mínima condição de serem recuperadas. Houve muita experimentação e criatividade multidisciplinar, existindo atualmente técnicas bem desenvolvidas.

Para GRIFFITH (2001), o passo inicial deve ser o estabelecimento do grau de degradação no qual a área se encontra, que ajudarão a definir quais são as possibilidades de uso futuro e quais as expectativas a serem alcançadas.

#### **4.2.6. Abordagens para a caracterização de área degradada**

A degradação atinge o meio físico, biótico e antrópico. O solo, pela sua importância nos processos produtivos, talvez seja, entre todos os compartimentos, o mais investigado. Apesar disso, caracterizá-lo num processo inicial de degradação, não é tarefa de fácil visualização. Solos agrícolas ou de pastagens, podem estar sofrendo erosão laminar, com remoção de camadas delgadas de solo dos horizontes superficiais (O + A) onde estão concentrados os teores mais altos de matéria orgânica, micro e mesofauna do solo, além dos nutrientes minerais; contudo, sem apresentar significativa perda de produtividade, posto que esta vai diminuindo progressivamente, não permitindo, muitas vezes, efeitos visuais perceptíveis. Considerando a possibilidade desse processo ocorrer em ambientes montanhosos, de elevada declividade e, ou, em grandes lançantes, poderá reduzir a cobertura do solo a uma mera camada superficial. Caso esse processo não seja interrompido por constantes intervenções, poderá evoluir para erosão em sulcos, ravina e, finalmente, voçorocas de grandes dimensões, com freqüentes desmoronamentos e de difícil recuperação, particularmente onde o material é muito friável. Para facilitar a compreensão desse processo, a ciência do solo tem procurado associar características peculiares de qualidade do solo, de tal forma que a partir do momento que surjam alterações, seja caracterizado o processo de sua degradação. Porém, uma das dificuldades, é a de estabelecer quais são essas características e o padrão de referência, para que se possa definir e quantificar a qualidade do solo, para então proceder a sua caracterização (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990; IBAMA, 1990; DIAS e GRIFFITH, 1998).

Inicialmente, deve-se considerar a destinação pretendida a um determinado solo, para que se possa inferir sobre sua qualidade, posto que exigências e requerimentos, por exemplo, para agricultura ou para a construção civil, são diferenciados. Solos que apresentam alta densidade podem apresentar como característica a compactação, que é favorável à edificações, porém indevida para práticas agropecuárias e florestais. Logo, observa-se uma certa relatividade no conceito de qualidade do solo (DIAS, 2003a).

A caracterização de diferentes componentes de um sistema degradado, requer a realização de análises físicas, químicas e biológicas, as quais exigem cuidados e procedimentos específicos, que devem ser considerados em função de variações qualitativas e quantitativas destes componentes (*ibidem*).

Sabe-se que as causas que originam problemas de degradação são diversas, tais como desflorestamento para abertura de novas fronteiras agrícolas, uso inadequado do solo ou mudanças sócio-econômicas, na maioria das vezes, promovendo alta incidência de impactos ambientais. GRIFFITH (2001) considera que os processos que envolvem o restabelecimento destas áreas degradadas baseiam-se na intervenção de componentes do ambiente (substrato, vegetação, fauna, etc.) corrigindo ou acrescentando aqueles que foram identificados a partir de um amplo estudo de caracterização da área.

A etapa inicial do planejamento deve permitir o conhecimento da amplitude do problema ambiental no qual o projeto de recuperação está inserido. Assim, o ambiente degradado permite diferentes abordagens para a sua caracterização (DIAS, 2003a): a) abordagem restritiva ou segmentada - analisa-se cada componente, facilitando a visualização e a sua quantificação; e b) abordagem ampla ou não segmentada - a partir de conceitos de ecologia, visualizando o ambiente como um conjunto de componentes que se encontram em equilíbrio ou, para COELHO (2001), em estado de relativa estabilidade, posto ser temporal, onde a energia erosiva permanece relativamente estabilizada.

#### **4.2.6.1. Abordagem segmentada**

Baseia-se na quantificação de indicadores de qualidade dos diversos compartimentos do ambiente. Um sistema é formado por inúmeros componentes em cada um dos compartimentos ambientais, que em situação de equilíbrio, realizam trocas necessárias para a sua manutenção, tais como gases, água e nutrientes. Na visão segmentada, cada uma das variáveis desses componentes, deve ser tomada e referenciada a padrões que permitam caracterizá-los qualitativamente (DIAS e GRIFFITH, 1998; DIAS, 2003a).

##### **4.2.6.1.1. Caracterização segmentada de área degradada considerando o componente solo**

Solos são corpos naturais não consolidados na superfície da terra, organizados com características próprias adquiridas por meio da ação dos “fatores” e “processos” de formação sobre as rochas existentes na camada superficial da crosta terrestre, que evoluem durante os estágios de gênese e maturação. Tridimensionais, são constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, possuindo intenso dinamismo em sua composição mineral e orgânica, em equilíbrio com o seu desenvolvimento, contendo matéria viva que dá suporte à vida animal, vegetal e outras atividades biológicas, num ambiente natural (VIEIRA, 1975; VIEIRA et al., 1988; LIMA, 2002; RESENDE et al., 2002).

RESENDE et al. (2002) relatam as vantagens em aprender sempre mais a respeito do solo, posto que ele ocupa uma posição peculiar ligada às várias esferas que afetam a vida humana. É, além disso, o substrato principal da produção de alimentos e uma das principais fontes de nutrientes e sedimentos que vão para os rios, lagos e mares. Existe uma enormidade de conhecimentos e generalizações a respeito de solos e seu comportamento, quando integrados no quadro sócio-econômico, ainda longe de serem sistematizados, fazendo-se necessário ainda muita pesquisa e observações no sentido de entendê-lo melhor.

Para conhecer os solos, é necessário fazer levantamentos, nos quais serão reconhecidos seus atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos. O levantamento inclui a classificação dos solos, que irá estabelecer e situar diferenças entre unidades, correlacionar e prever a adaptabilidade dos solos para diversas espécies florestais, seu comportamento e produtividade sob diferentes sistemas de manejo e as colheitas das espécies adaptadas sob conjuntos de práticas de manejo (CASTRO FILHO e MUZILLI, 2002).

Essas informações são de extrema importância, fornecendo uma base geral para facilitar a compreensão de alguns fenômenos de fácil percepção no campo (como a relação clima, solo e biota) e estimular novas observações que facilitarão as tomadas de decisões nos processos de recuperação ambiental.

O solo é constituído de compostos sólidos provindos das rochas e da matéria orgânica, de líquidos e de gases. A presença desse material orgânico possibilita que as partículas sólidas mais finas, resultado final da ação do intemperismo sobre a rocha, possam formar agregados que se estruturam em uma forma definida, inclusive formando horizontes distintos ao longo do perfil. Essa estrutura, que possui esses espaços vazios, denominados poros (macro e microporos), tem a capacidade de armazenamento de líquidos e gases. Quanto maior for o equilíbrio entre essas três fases, propiciarão uma maior atividade biológica e o estabelecimento do processo de ciclagem biogeoquímica, favorecendo o estabelecimento e o desenvolvimento da vegetação (VIEIRA et al., 1988).

As proporções destas partículas, podendo ser observadas no Quadro 13, determinam a textura do solo. O arranjo das diversas partículas juntamente com os efeitos cimentantes de materiais orgânicos e inorgânicos, determinam a estrutura do solo.

QUADRO 13 - Tamanho das partículas do solo

<b>Partículas</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>
Matacões	> 200
Calhaus	200-20
Cascalhos	20-2
Areia grossa	2-0,20
Areia fina	0,20-0,05
Silte	0,05-0,002
Argila	< 0,002

Fonte: RESENDE et al., 2002.

A parte sólida é principalmente mineral, sendo essa fração constituída por minerais primários não intemperizados, classificados de acordo com o tamanho de suas partículas, nas frações cascalho, areia ou silte; e minerais secundários na fração argila. Especialmente, as



partículas do tamanho argila (menor que 0,002 mm) afetam as características físicas e químicas do solo, pois exibem comportamento coloidal, apresentando cargas de superfície e grande área específica, sendo a fração que garante a atividade do solo. Os materiais orgânicos são constituídos de resíduos vegetais e animais, parte dos quais são vivos e, aqueles restantes, apresentando diversos estágios de decomposição (VIEIRA, 1975; VIEIRA et al., 1988).

A parte líquida constitui-se essencialmente de água, contendo minerais dissolvidos e materiais orgânicos. Ocupa parte ou quase todo o espaço vazio entre as partículas sólidas, dependendo da umidade do solo. Essa água pode ser absorvida pelas raízes das plantas, evaporada para a atmosfera, drenada ao longo do perfil ou retida na matriz do solo (RESENDE et al., 2002).

A parte gasosa ocupa os espaços vazios não ocupados pela água. É uma porção importante do sistema solo, pois a maioria das plantas exige certa aeração do sistema radicular (*ibidem*).

As proporções relativas das três fases variam continuamente e dependem de variáveis como clima, vegetação e manejo. Existe uma correlação com as características físicas e químicas do solo, que determinam a sua qualidade. As propriedades físicas, tais como a densidade aparente e a textura, influenciam na aeração, na permeabilidade, na infiltrabilidade e na capacidade de retenção de água. As propriedades químicas são as concentrações de componentes orgânicos e inorgânicos que determinam características, tais como a fertilidade do solo e a salinidade, sendo quantificáveis. Tais propriedades, físicas e químicas, exercerão influência sobre a atividade biológica (SCHAEFER et al., 2000).

Portanto, o solo é o local onde ocorre a interação das esferas hidrológicas, biológicas, atmosféricas e geológicas. Dada essa importância, pode ser usado como base para classificação de área degradada e para definir o grau de depauperamento da sua potencialidade.

#### **4.2.6.1.2. Indicadores de qualidade do solo**

Quando ocorre intervenção por atividades antrópicas em uma determinada área, pode propiciar a sua degradação, podendo ser dividida em três categorias, as quais após a identificação e quantificação, poderão ser utilizadas funcionando como indicadores de qualidade do solo (DORAN e PARKIN, 1994; REINERT, 1998):

- a) Degradação física - estão relacionadas às alterações das condições estruturais do solo, ou seja, refere-se à perdas de condições ligadas: 1) à forma, tais como densidade, porosidade, infiltração e aeração; e 2) à estabilidade, tais como a coesão e a resistência dos agregados. Alto grau de compactação, reduzida aeração, alta friabilidade, susceptibilidade à erosão, baixa retenção de água e alteração topográfica do terreno, como o selamento, indicam o declínio das condições estruturais do solo e sua degradação física.

Principais indicadores: textura, estrutura, profundidade do solo, do horizonte superficial e das raízes, densidade do solo, taxa de infiltração e capacidade de retenção de água;

- b) Degradação biológica - caracterizada, principalmente, pela perda da biodiversidade do solo e pela redução do teor de matéria orgânica, tendo como principal consequência a baixa ou nula atividade da micro (menor de 0,2 mm em tamanho), meso (de 0,2 a 2 mm) e macrofauna (de 2 a 20 mm) e flora do solo. A existência de atividade biológica estabelece o processo de ciclagem biogeoquímica, que permite a sustentabilidade do sistema. Principais indicadores: C e N contidos na biomassa microbiana; N potencialmente mineralizável e taxa de respiração do solo; e
- c) Degradação química - reflete os insumos, como a adição desregulada de agroquímicos ao solo; e as saídas, como os nutrientes exportados pela produção agrícola ou pela madeira dos plantios florestais (“drenos florestais”), que reduzem a fertilidade do solo. Processos de acidificação e salinização são exemplos de degradação química do solo. Principais indicadores: carbono orgânico total, matéria orgânica do solo, N total; pH; condutividade elétrica; e N, P e K disponíveis.

Dessa forma, pode-se concluir que solos degradados, entre outros, caracterizam-se por apresentar (SÁNCHEZ, 2001):

- Perda de matéria orgânica devido à erosão ou a movimentos de massa;
- Acúmulo de material alóctone recobrando o solo;
- Alteração negativa de suas propriedades físicas, tais como sua estrutura ou grau de compactação;
- Alteração de características químicas, devido a processos como salinização, lixiviação, deposição ácida e concentração de poluentes; e
- Morte ou alteração das comunidades de organismos vivos do solo.

Dentro dessa realidade, o modelo de produção agroquímico, devido à grande quantidade de energia artificial incompatíveis com o sistema natural, produzindo um volume significativo de resíduos, apresenta maior entropia em relação ao modelo de produção familiar, como lavouras conduzidas sob manejo orgânico. O aumento da energia pode ocorrer de forma lenta e gradual, como nos processos naturais de formação dos solos; ou de forma mais rápida, produzida por meio da interferência antrópica, em função da adição de energia nos sistemas, sejam agrícolas, pecuários, florestais, urbanos ou industriais (KOBAYAMA et al., 2001).

Para DIAS e GRIFFITH (1998), o uso adequado desses indicadores depende de uma visão holística que os integre de forma harmônica a um determinado ecossistema que esteja sendo avaliado. Para isso, é fundamental que sejam definidos valores de referência para a avaliação dos estágios de degradação e, que não sejam padrões fixos, mas sim valores obtidos de áreas próximas, que ainda não tenham sofrido ação antrópica. Um maior número de pesquisas é necessário para a avaliação dos solos sob o enfoque de degradação, para que rotinas possam ser estabelecidas, de tal forma que o monitoramento e o diagnóstico contemplem o binômio agilidade e facilidade de realização. No Estudo de caso 4.4.3. (Os

sistemas agroflorestais (SAF's) e a recuperação ambiental como gerador de externalidades benéficas), esse aspecto receberá um maior detalhamento.

#### **4.2.6.1.2. Abordagem não segmentada**

Baseia-se na interpretação e quantificação de características ecológicas que determinam a resiliência e a sustentabilidade do ambiente. Qualquer intervenção que possa promover a alteração dos fluxos de energia, na ciclagem de nutrientes e na quantidade e na qualidade da água, resultará em redução da capacidade de suporte e aumento da entropia, promovendo alterações do ciclo biogeoquímico; não cessando o distúrbio, poderá ocorrer a degradação do ambiente. Para que um determinado sistema seja auto-sustentável, é necessário que haja um equilíbrio entre os grupos metabólicos (DIAS, 2003a):

- a) Produtores primários - são os organismos capazes de absorverem as radiações solares, fixando-as em moléculas orgânicas por meio da fotossíntese;
- b) Consumidores - são os organismos que utilizam os produtores primários como fonte de alimentação, consumindo os tecidos vegetais, tanto acima da superfície do solo, como também nas camadas inferiores. Para a manutenção da diversidade, possuem a importante função da dispersão de propágulos das plantas e matéria orgânica, além de promoverem o retorno do carbono para a atmosfera, na forma de dióxido de carbono. Dentre os organismos que compõem essa cadeia, os animais que comem plantas são consumidores primários; aqueles que comem os consumidores primários são consumidores secundários, como por exemplo, muitos pássaros predadores, peixes e insetos. Os consumidores terciários comem os secundários, como por exemplo, os carnívoros.
- c) Decompositores - são os organismos responsáveis pela quebra dos compostos orgânicos dos produtores primários e dos consumidores mortos, possibilitando o retorno dos elementos para a sua forma mineral, sendo reutilizados por meio da reciclagem. A sua grande importância está relacionada ao fato de evitarem o acúmulo de matéria orgânica, o que conduziria à exaustão do carbono da atmosfera. Como função secundária, também de significativa importância, a de desenvolvimento e manutenção da estabilidade da estrutura do solo, favorecendo a formação de agregados. Consistem basicamente de bactérias, fungos e protozoários (DIAS, 2003a). Os microorganismos que contribuem à agregação do solo são todos heterótrofos que necessitam de matéria orgânica como fonte de energia. Os actinomicetos são considerados os mais poderosos agregadores do solo, especialmente por serem os formadores mais eficazes de substâncias húmicas (PRIMAVESI, 1987).

Dessa forma, a estabilidade de um sistema depende de uma interação complexa entre produção, consumo e ciclagem de gases, solutos e líquidos. Em um sistema natural, duas características são particularmente importantes para a avaliação de um processo de degradação - a capacidade de suporte e a biodiversidade (DIAS, 2003a):

- a) Capacidade de suporte - pode ser definida como a densidade máxima teórica que um determinado sistema é capaz de sustentar, considerando tanto o número de espécies como o volume de biomassa. A biomassa está diretamente relacionada ao total de carbono orgânico existente, representando o limite superior do sistema. A magnitude da capacidade suporte está diretamente influenciada e dependente por uma combinação de fatores, tais como regime hídrico, temperatura, radiação solar, solo e topografia. De acordo com ODUM (1988), à medida que aumentam o tamanho e a complexidade de um sistema, o custo energético de manutenção tende a aumentar proporcionalmente; assim, caso o tamanho de um sistema seja dobrado, geralmente torna-se necessário mais que o dobro da quantidade de energia que deve ser desviada para reduzir o aumento na entropia; e
- b) Biodiversidade - pode ser definida como o número e a abundância relativa de espécies existentes. Em um conceito mais amplo, pode-se dizer que é o conjunto das variações de base genética que ocorre em todos os níveis de vida, desde as variações dentro de uma única população, até as variações existentes em todas as comunidades de todos os ecossistemas do mundo. Engloba as plantas, os animais, os microorganismos, os ecossistemas e os processos ecológicos em uma unidade funcional. A diversidade de espécies apresenta dois componentes: 1) a riqueza - definida como o número de espécies presentes; e 2) a uniformidade ou equitabilidade - reflete a abundância relativa ou a forma como os indivíduos encontram-se distribuídos, em número, entre as diferentes espécies existentes. Segundo ODUM (1988), a capacidade de resiliência está relacionada à diversidade biológica.

Quanto maior for o tamanho e a complexidade estrutural do ecossistema, a tendência é que maior seja a sua biodiversidade. Após a ocorrência de estresse em um determinado ecossistema, quanto maior for a sua base de informações genéticas, maior será a sua chance da manutenção da estrutura anterior e do funcionamento do sistema de maneira igual ou semelhante à pré-degradação, principalmente devido à sua capacidade de produção de biomassa (retornos crescentes com a escala ou economia de escala), mesmo tendo havido aumento da entropia. Este volume de informações que a biodiversidade carrega, representam a resiliência do sistema. Em um sistema natural, existe um equilíbrio entre a produção e o consumo de energia: quando ocorrem perturbações, caso elas não cessem, haverá desequilíbrio, podendo chegar a um colapso catastrófico (retornos decrescentes com a escala ou deseconomia de escala) resultante do maior custo necessário para se livrar da desordem. Ou seja, quando os limites são ultrapassados e a entropia excede a capacidade do ecossistema de dissipar, haverá a redução de seu tamanho e perda de biodiversidade. Com o fim do estresse, a resiliência do sistema permitirá o restabelecimento da capacidade de suporte aos níveis iniciais, ou próximos àqueles, o mesmo acontecendo à entropia. O tempo necessário para que isto ocorra, está diretamente relacionado com características de cada sistema e a frequência e intensidade de novos estresses. Portanto, a manutenção da biomassa vegetal passa a ter um papel fundamental na sua manutenção, permitindo a fixação de carbono e ao mesmo tempo transformando-se num agente de ciclagem de nutrientes, mantendo no

sistema um determinado “status” de nutrientes que resulta nas suas estabilidade ou sustentabilidade (ODUM, 1988; BARROS e NOVAIS, 1990; DIAS, 2003a).

Portanto, quanto maior for a complexidade de um sistema, tanto maior será a sua capacidade de auto-regulação. Entretanto, há que se considerar: a medida que um ecossistema torna-se maior e mais complexo, uma maior parte da sua produção será utilizada para a sua sustentação, diminuindo, proporcionalmente, a parcela da produção bruta que poderia ser destinada ao crescimento. Quando o equilíbrio entre as entradas e saídas é atingido, o tamanho desse ecossistema não poderá mais aumentar, ou seja, será atingida a sua “capacidade máxima de suporte”. Para que esta seja sustentável ao longo do tempo, frente às incertezas ambientais, deve ser calculada considerando valores inferiores: empiricamente, é calculada em torno de 50% da capacidade máxima teórica de suporte (ODUM, 1988).

Esse fato pode ser confirmado, por exemplo, nos processos de retirada de madeira sem o devido manejo ou ausência de práticas conservacionistas. Por esse motivo, a devastação decorrente da exploração extrativa de madeira das matas brasileiras de forma predatória, caracterizada pelo nível reduzido de investimento e pela utilização de tecnologia rudimentar, vem ocasionando a extinção de espécies florestais de conhecido valor comercial e, principalmente, ecológico. Em decorrência desse fato, sem que seja considerada a freqüência de regeneração para cada espécie, ocorre o comprometimento do seu potencial genético, principalmente pelo fato de que nenhum exemplar adulto é conservado na área em questão (LESCURE et al., 1997). Esse desmatamento descontrolado tem provocado a ocorrência de inúmeras áreas degradadas e até mesmo, ecossistemas inteiros, principalmente em solos relativamente pobres, como pode ser observado na Figura 7.

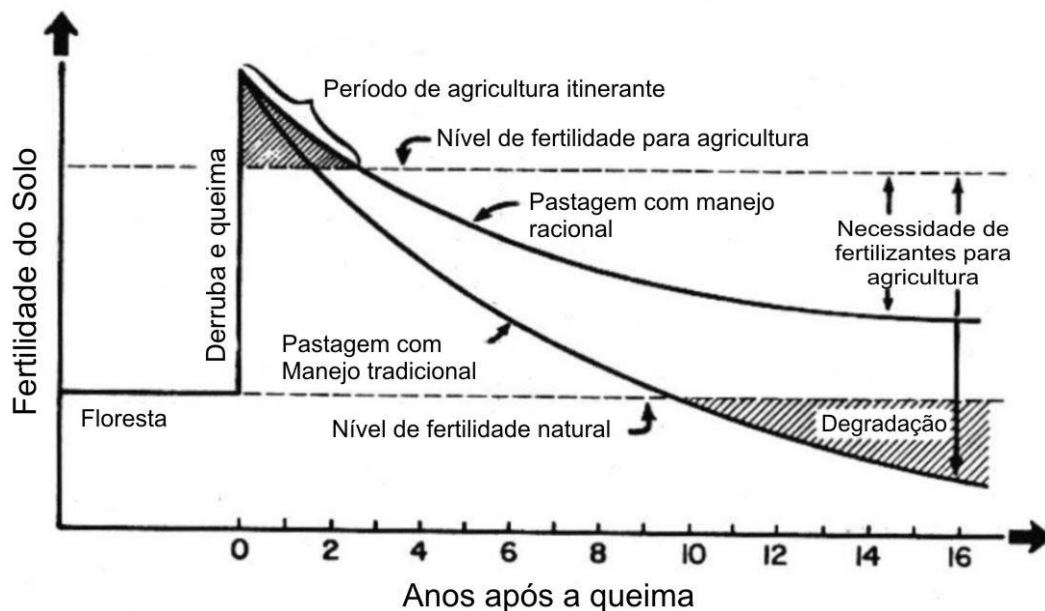


FIGURA 7 - Alterações da fertilidade de um solo relativamente pobre, originalmente revestido de floresta, em consequência da derrubada-queima e posterior utilização com agricultura itinerante ou formação de pastagem com manejo tradicional. Fonte: LAMPRECHT, 1990.

Quando o nível de nutrientes ou de energia de um sistema sofre uma alteração excessiva, a estabilidade do sistema é afetada, não retornando até que um novo equilíbrio seja atingido, naturalmente ou pela ação do homem (KOBAYAMA et al., 2001).

#### **4.2.7. A construção de cenários**

Existem várias experiências de sucesso em programas de recuperação. Entretanto, para fazer o monitoramento da recuperação é fundamental acompanhar as alterações que se processarão no solo. Uma das formas de avaliar perdas de solo por processos erosivos em áreas degradadas ou recuperadas, para a verificação do estágio da sua recuperação, é usar como estratégia a comparação destas áreas com paisagens naturais localizadas na proximidade. Essa estimativa deve ser feita analisando-se as diversas características do local, incluindo clima, topografia, geologia, cobertura vegetal, uso e manejo do solo. Servirá também de base para monitoramento e comparações futuras do local. A evidência de que processos erosivos persistem, evidenciam a existência de problemas hidrológicos no local (CURTIA et al., 1994). A cobertura vegetal, a diversidade de espécies e a produtividade da área alterada são habitualmente comparadas com as áreas não perturbadas, ou seja, é uma estratégia que utiliza como abordagem uma “área de referência”. Entretanto, essa estratégia é problemática, pois a) exige réplicas do ecossistema pré-perturbação; e b) envolve comparações entre comunidades de plantas nos seus diversos estágios de desenvolvimento e da comunidade original desse solo com distúrbios. Uma alternativa é a “abordagem utilitária”, que avalia se a capacidade do solo perturbado, caso corretamente utilizado, poderá sustentar a capacidade de uso do solo pretendido. Por exemplo, se o uso futuro do solo escolhido for pastagem, solos recuperados deveriam produzir forragem e garantir ganhos de peso ao gado apropriado para a região, sem efeitos prejudiciais ao ecossistema (TOY e DANIELS, 1998). Entretanto, o procedimento correto para o sucesso da recuperação, mais seguro e científico, exige a elaboração de cenários pré e pós-degradação, onde serão estabelecidos os objetivos do processo de recuperação.

##### **4.2.7.1. Cenário pré-degradação**

O diagnóstico para a elaboração do cenário pré-degradação, deve ser realizado a partir de fatores ambientais das áreas de influência e naquelas diretamente afetadas, abrangendo os componentes destacados durante os Estudos dos Impactos Ambientais, particularmente aqueles que mereceram destaque no Relatório de Impacto Ambiental do projeto, tais como (SILVA, 1993; 1994a; 1994b; 1998; DIAS, 2003a):

- Meio físico - clima e condições meteorológicas, qualidade do ar, ruído, geologia, geomorfologia, solos, recursos hídricos, hidrogeologia e qualidade das águas;

- Meio biótico - a) ecossistema terrestres - flora e vegetação (descrição e mapeamento atualizados dos estratos vegetacionais, levantamento fitossociológico para determinação da densidade, abundância, importância e dominância das diversas espécies da vegetação encontradas, identificando aquelas de interesse científico e ameaçadas de extinção), fauna (também, devem ser identificadas com destaque as raras, as ameaçadas de extinção, as de valor econômico e científico, os indicadores de qualidade ambiental, assim como as de interesse epidemiológico) e as possíveis descrições das inter-relações fauna-flora e fauna-fauna na área considerada; e b) ecossistema aquático - caracterização do estado trófico dos corpos d'água estudados (a caracterização limnológica deverá atender a necessidade de se conhecer as condições física, química e biológica dos cursos d'água a serem aproveitadas nos projetos propostos); e
- Meio sócio-econômico - dinâmica populacional, uso e ocupação do solo, uso da água, patrimônio natural e cultural, nível de vida, estrutura produtiva e de serviços e organização social.

Após esse levantamento, as informações derivadas devem ser avaliadas por especialistas das diversas áreas relacionadas, para que sejam interpretadas e integradas de forma ordenada e detalhada, sem perder a visão global do ambiente. A partir de análises e ponderações, surgirão as propostas de recuperação e mitigação de possíveis impactos ambientais. Servirão, também, para a elaboração do cenário pós-degradação. Essas informações devem diagnosticar e representar da melhor maneira possível, com a maior fidelidade, as características do ambiente. As informações levantadas podem ser classificadas em quatro categorias (HARRIS et al., 1996; DIAS, 2003a):

- Histórico da área - mapas, jornais, revistas, fotografias, livros, registros em cartório, processos jurídicos, entre outros;
- Uso corrente - levantamento visual, indicadores econômicos, registros civis, etc.;
- Topografia ou arquitetura - levantamentos e mapas topográficos; e
- "Status" biogeoquímico - mapas de solos, geologia e hidrologia, vulnerabilidade de águas subterrâneas, monitoramento biológico, amostragens e análises dos diferentes componentes do sistema.

De acordo com DIAS (2003b), o uso de imagem de satélite e de fotografia aérea, quando comparados diferentes períodos são fontes valiosas de informações sobre a evolução de processos de degradação, conservação, desflorestamento e urbanização do ambiente. Desta forma, auxiliam no estabelecimento do potencial de recuperação da área. Com o advento do Sistema de Informação Geográfica (SIG) esse trabalho ficou facilitado, em face do enorme potencial desta ferramenta, pois permite a análise global do ambiente sob diferentes enfoques, sem que haja perdas do detalhamento necessário para a identificação de problemas pontuais. Dessa maneira, após sistematizadas as informações, são elaborados os mapas que permitirão a visualização do cenário pré-degradação. Este servirá de referencial e também

possibilitará a elaboração do cenário pós-degradação, onde poderá ser avaliado o potencial de recuperação e da determinação dos objetivos dos procedimentos.

Porém, deve-se estar ciente, que a recuperação ambiental não pode reproduzir toda a geologia, solo e propriedades vegetativas que existiram antes da perturbação. Assumidos que aquele solo e as características vegetativas se desenvolveram ao longo do tempo, eventualmente podem retornar a uma condição semelhante àquela de equilíbrio prévio ou, talvez, atinjam uma nova condição de equilíbrio. A evolução do solo e das propriedades vegetativa afeta os processos hidrológicos e a erodibilidade de taludes, como também a descarga de sedimentos carregada pelo fluxo dos canais (indica o principal tronco do sistema de drenagem. Por exemplo, os rios são definidos como corpos d'água em movimento, confinados em um canal (CUNHA, 2003)). O cenário pré-degradação mostra que é possível examinar mudanças no solo, vegetação e propriedades do canal por algumas décadas, em locais anteriormente recuperados, usando dados da linha de base e fotografias aéreas obtidos antes da perturbação, junto com as atuais medidas no campo (FOSTER, 1982; TOY e DANIELS, 1998; TOY et al., 2002).

Finalmente, a avaliação por meio de indicadores físicos, químicos e biológicos, dos componentes bióticos e abióticos do ambiente, permite a determinação de seu grau de degradação: os cuidados recaem ao uso de padrões ou referências para a interpretação de indicadores, que devem, preferencialmente, ser originados do local em estudo (discutidos no sub-capítulo 4.2.6. Abordagens para a caracterização de área degradada). Assim, o levantamento pré-degradação, funciona como peça fundamental para o estabelecimento desses padrões e referências, tanto para quantificar a intensidade de degradação, como também servirá de parâmetro futuro no cenário pós-degradação, para o monitoramento e a avaliação do estágio de recuperação (DIAS, 2003a).

#### **4.2.7.2. O cenário pós-degradação**

Para a elaboração do cenário pós-degradação, devem ser realizados levantamentos semelhantes àqueles do cenário pré-degradação. Porém, em função do tipo e das características das atividades que darão origem ao processo de degradação, devem ser incluídas outras avaliações, além de abordagens distintas, por exemplo, a necessidade de monitoramento. Os levantamentos pós-degradação têm como principal objetivo caracterizar os diferentes ambientes do sistema degradado, de forma a classificá-los quanto a) ao grau de degradação; b) a riscos ambientais; c) a estratégias de mitigação de impactos; e d) a potencialidade de uso. Por esses motivos, a elaboração do cenário pós-degradação, passa a ser uma ferramenta de extrema importância para o estabelecimento dos objetivos da recuperação e para a determinação de estratégias compatíveis com os objetivos predeterminados (DIAS, 2003a).

A recuperação de locais com distúrbios envolve uma variedade de práticas de manejo de curto e longo prazo, normalmente projetadas antes da perturbação, para minimizar os



impactos adversos e maximizar o potencial produtivo futuro do local. Porém, é importante perceber que alguns efeitos de curto prazo, como aumento do escoamento superficial, produção de sedimentos e deslocamento da vida selvagem (flora e fauna), são inevitáveis em atividades perturbadoras de solo. Então, embora o enfoque de metas de recuperação ou reconstrução da pedopaisagem seja de longo prazo, todos impactos hidrológicos, estratégias de revegetação e recuperação após o uso do solo, deve ser incluído um programa ativo de mitigação dos impactos temporários contendo operações diárias e planos contingenciais (TOY e DANIELS, 1998). Os riscos ambientais são determinados levando-se em consideração o grau de degradação, as características do ambiente propriamente dito e da circunvizinhança, no sentido de delimitação da área de influência e das próprias estratégias de recuperação (DIAS e GRIFFITH, 1998).

Em geral, medidas de controle de água e de sedimentos, incluindo na rotina práticas que facilitem a manutenção, são aspectos importantes para evitar impactos ambientais fora do local da perturbação do solo. Em circunstâncias onde fortes temporais incidem sobre superfícies áridas, como a) em áreas de pastagens degradadas; b) taludes expostos nos ambientes urbanos; e c) em áreas mineradas, a erosão causada pelas águas pluviais é agravada pela falta de vegetação. Como consequência, pode resultar sério problema nos taludes, podendo evoluir de uma ligeira erosão laminar para erosão por sulcos, ravinas e voçorocas. Inclusive, poderão ocorrer movimentos de massa, tornando-se assim, uma situação de difícil controle. Por esse motivo, terrenos sem vegetação devem ser protegidos da água corrente originada das partes mais elevadas, de tal forma que os procedimentos de recuperação ambiental, tais como reposição de matéria orgânica e replantio de mudas, não sejam perdidos com as chuvas que carregam a camada fértil do solo e do subsolo para cotas mais baixas (fundos de vale, rios, lagos, represas). A água transportada dentro do local deve ser contida por meio de canais apropriados, com a utilização de estruturas para a contenção de sedimentos, considerando as condições de solo, declividades e clima (os filtros das calhas de drenagem, quando houver, devem ser limpos constantemente). Os esforços de revegetação devem ser simultâneos à perturbação imposta, para que a área total a ser exposta seja reduzida. As valetas (canaletas, calhas, escadas, tubulações, bueiros, fossa) de escoamento de superfície, lagoas de sedimentos e estruturas temporárias, exigem manutenção rotineira para assegurar seu efetivo controle. As valetas em locais com maiores declividades deverão ser revestidas, por exemplo, com o uso de sacos com solo-cimento ou argamassa com pedras de mão; ou construir escadas para a dissipação da energia produzida pelo forte movimento das águas (IBAMA, 1990; OLSON et al., 1994; TOY e DANIELS, 1998; TOY et al., 2002).

Junto com as práticas de gerenciamento de temporais, de manipulação e de reposição de material, o plano deve ser revisado e ajustado para prevenir prolongadas exposições altamente erosivas ou estratos potencialmente tóxicos. Em áreas de mineração, as propriedades físicas e químicas dos materiais, devem ser rigorosamente analisadas antes da perturbação e, qualquer material que apresente pequeno risco à qualidade da água, em curto ou longo prazo, devem ser identificados. Este nível de coordenação de manipulação do

material exige ajustes diários para reduzir ou substituir alguns passos e efetivamente controlar a água no local. É recomendável, inclusive para favorecer o abastecimento dos lençóis, construir ao longo do sistema de drenagem pequenos tanques ou bacias de sedimentação (TOY e DANIELS, 1998; TOY et al., 2002).

#### **4.2.8. Importância da revegetação para a sustentabilidade dos procedimentos de recuperação**

As metas de recuperação ambiental mudaram consideravelmente ao longo dos anos, em função da evolução das pesquisas e do somatório de novos conhecimentos. Foi reconhecido que estabelecer uma cobertura vegetativa é necessário e fundamental para o controle da erosão; porém, embora essa posição permaneça como objetivo fundamental, a recuperação ambiental deve ser bem mais ambiciosa. Um bom planejamento de projeto visando a recuperação deve assegurar às comunidades de uma determinada área, a possibilidade de não perder as informações disponíveis do uso do solo anterior à sua perturbação, ou mesmo aquelas geradas durante o seu processo de recuperação, o que permitirá que essa ciência progrida e as metas tornem-se mais ambiciosas, favorecendo a sustentabilidade (TOY e DANIELS, 1998).

##### **4.2.8.1. Estratégias de revegetação**

O desenvolvimento de uma equilibrada e auto-sustentada cobertura vegetativa é a meta da maioria dos projetos de recuperação. As estratégias de revegetação variam amplamente com o tipo de ecossistema a ser recuperado. Em geral, espécies introduzidas com rápido crescimento anual estabilizam o local, retém nutriente, controlam a erosão e a lixiviação, protegendo o solo de tal forma que espécies nativas, invadam com sucesso e passem a dominar com o tempo. A compatibilidade de espécies nativa e introduzida deve ser cuidadosamente considerada junto com a biodiversidade do local e as metas de recuperação e gestão. Cabe considerar, que existem espécies nativas de rápido crescimento, sendo necessário maior número de pesquisas para conhecer a sua auto-ecologia (de acordo com NAPPO (1999) o seu conhecimento é fundamental para a introdução de espécies nativas em áreas degradadas pela mineração, para que a regeneração natural e a sucessão prossigam sem que seja necessária a interferência antrópica). Em particular, a mistura de espécies que serão utilizadas deve estar localmente adaptada e resistente às tensões de pH, nutrientes, déficit de água e doenças, no longo prazo. Quando o uso futuro do solo escolhido for para a manutenção da vida selvagem, por exemplo, a vegetação é fundamental para promover o seu retorno (TOY e DANIELS, 1998).

De acordo com GRIFFITH et al. (2000), até 1994, os processos de recuperação ambiental no Brasil apresentavam dois caminhos distintos, que envolviam estratégias mutuamente exclusivas de revegetação: a) o fechamento da área para regeneração natural,

com possibilidade de enriquecimento - estratégia baseada na sucessão ecológica; e b) o estabelecimento de um “tapete verde” de espécies agressivas e de rápido crescimento, como capim-gordura (*Melinis minutiflora*) e braquiária (*Brachiaria decumbens*); ou arbóreas, como o eucalipto (*Eucalyptus* sp.). Essa estratégia era a mais usada, pois além de possibilitar uma rápida cobertura e proteção do solo, atendia às exigências da legislação. Porém, os resultados verificados, apontaram que essa estratégia não tem sustentabilidade no médio e longo prazo. A partir dessa data, pesquisadores da Universidade Federal de Viçosa (UFV) desenvolveram um novo modelo: a “estratégia de duas fases”, cuja proposta é combinar as duas abordagens anteriores, conjugando as potencialidades de cada método, como pode ser observado na Figura 8.

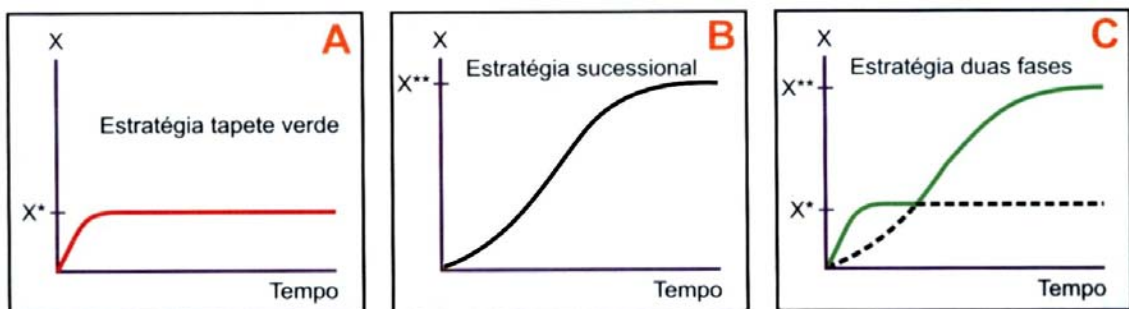


FIGURA 8 - Estratégia de duas fases. Fonte: GRIFFITH et al., 2000.

De acordo com GRIFFITH et al. (2000),

as figuras A e B ilustram, para cada estratégia, a evolução do produto ecológico X no tempo. Supõe-se que o produto desejado seja um sistema em desenvolvimento sucessional auto-sustentável e paisagisticamente atrativo. Comparando as curvas, verifica-se que a abordagem do tapete verde (Figura A) apresenta o desenvolvimento inicial rápido, mas atinge o equilíbrio em um nível inferior ( $X^*$ ) ao apresentado ( $X^{**}$ ) pela abordagem sucessional (Figura B). A proposta da UFV é combinar essas abordagens, proporcionando rápido aumento inicial na quantidade de  $X^*$  e permitindo grande produção em nível  $X^{**}$  (ótimo), quando a comunidade de plantas alcançar o ponto de estabilidade (Figura C). Desta forma, poder-se-ia conjugar as potencialidades de cada método.

Entretanto, conseguir essa complementaridade não é tarefa fácil. A Alcoa Alumínio S/A, vem executando trabalhos de reabilitação de áreas mineradas de bauxita no planalto de Poços de Calda, MG por mais de dezoito anos, conduzindo o seu trabalho no sentido de harmonizar as áreas mineradas com a paisagem local. Durante todo esse período, as técnicas empregadas nesses projetos de recuperação foram sujeitas a várias reformulações, devido às necessidades detectadas por meio de realizações de avaliações periódicas, sendo algumas práticas revisadas e modificadas, em face da inviabilidade técnica ou econômica. Foram incorporadas as seguintes técnicas: levantamento fitossociológico, uso de serapilheira,

mudança no método de remodelamento do terreno, confecção de nichos, enriquecimento de áreas em sucessão, produção de mudas em tubetes, entre outras. Afirmam, que apesar das experiências e estratégias adotadas durante todo esse período, os resultados ainda não são conclusivos. A busca deve ser por uma melhoria contínua, sabendo que o processo de reabilitação é incipiente e bastante dinâmico. O objetivo é o de restabelecer as funções e formas compatíveis com a capacidade de suporte dos ecossistemas perturbados (FERREIRA et al., 1997).

#### **4.2.8.2. O uso do “topsoil”**

O sucesso da recuperação depende de condições específicas do local e de implementação das melhores técnicas para neles reconstruir um particular uso do solo. Nas atividades que envolvem a necessidade de revolvimento do solo, como na mineração, sempre que possível, o horizonte orgânico superficial natural do solo - “topsoils” (Horizontes O + A) - devem ser salvos, armazenados e retornados à superfície final, posto ser a camada fértil do solo e conter a memória da vegetação local. Quando isto não for possível, um “topsoil” substituto deve ser criado do melhor subsolo ou materiais geológicos disponíveis, para servir como meio de crescimento às plantas. Em cenários críticos e sob determinadas circunstâncias, como em áreas de mineração abandonadas, o planejador precisa recuperar um local degradado sem qualquer “topsoiling” (Horizontes A e B inexistentes), sendo necessário a seleção de meio substituto (material do Horizonte C, estéreis ou rejeitos). Normalmente, as propriedades físicas e químicas dos estéreis (“spoil” ou “overburden”, para estéril) e rejeitos (“tailings”), junto com sua fertilidade, são facilmente avaliados e ajustados a materiais potencialmente menos tóxicos encontrados. Procedimentos padrão de análises de solo são úteis para comparar diversos estéreis ou materiais substitutos; deve-se considerar, entretanto, que os resultados não podem ser interpretados com a mesma precisão, como ocorre para os solos naturais. O potencial de acidez e alcalinidade são as principais propriedades químicas a serem estimadas (TOY e DANIELS, 1998; TOY et al., 2002).

##### **4.2.8.2.1. Ajuste das condições físicas e químicas dos meios substitutos**

Por este motivo, o passo fundamental para a avaliação dos riscos potenciais e, inclusive, o planejamento da recuperação ambiental após a operação da mina, deve ser realizar a “análise da camada de estéril”. Deve ser requerida para todos os materiais geológicos de solo encontrados no local, antes do início da perturbação. Os resultados preliminares dessa análise, são usados a) para identificar estratos potencialmente tóxicos e desenvolver um plano para seu isolamento; b) prever a qualidade da água e impactos resultantes da manipulação e colocação dos materiais operados; c) determinar as propriedades geotécnicas (por exemplo, resistência ao corte, dilatação e características de compactação) de

todos os materiais; e d) averiguar que estratos são apropriados para serem “topsoils” substitutos, onde for necessário (SOBEK et al., 1978).

Também, essa avaliação irá avaliar as propriedades físicas dos rejeitos e estéreis prejudiciais à revegetação, tais como a) alta densidade devido à compactação e b) baixa capacidade de retenção da água no solo, que são de difícil ajuste após a perturbação do solo. Estas duas condições, solos compactados ou com baixa capacidade de retenção de água, são os fatores mais comuns limitando o sucesso da recuperação. Solos compactados deformam as raízes e prejudicam o seu desenvolvimento. Também, possuem baixa capacidade de infiltração e distribuição da água, reduzindo a porosidade do solo e as trocas gasosas solo/atmosfera, implicando no impedimento da ação capilar da água e aumentando o escoamento superficial. Por este motivo, a profundidade da camada adensada deve ser identificada e promovida a sua descompactação, por meio de a) práticas mecânicas: 1) camadas superficiais - usar escarificadores até a profundidade de aproximadamente 30cm; 2) camadas inferiores - fazer subsolagem com “ripper” ou subsolador, com o solo seco para evitar aumento da compactação, devendo ser realizada em curvas de nível ou com pequeno gradiente para que não se forme depósitos de águas; e b) práticas culturais: 1) incorporação de matéria orgânica visando a redução da densidade do solo; 2) espécies herbáceas com sistema radicular profundo e com grande densidade radicular; e 3) adubação verde com leguminosas para posterior incorporação, entre outros (IBAMA, 1990; TOY e DANIELS, 1998; TOY et al., 2002).

A acidez do solo, salinidade e outras condições químicas tóxicas, também são limitantes para o sucesso da recuperação, mas estão mais especialmente localizadas que propriedades físicas prejudiciais. Deve-se considerar, num solo ácido, a adsorção dos elementos fertilizantes inorgânicos e orgânicos é prejudicada, sendo a calagem fundamental. Preferencialmente, deverá ser realizada entre 3 a 6 meses anterior ao plantio. Caso a quantidade requerida para a correção seja elevada, deve-se aplicar a metade da carga de corretivo sobre a superfície do subsolo e, após a colocação da camada fértil do solo, aplicar a outra metade (*ibidem*).

#### **4.2.8.2.2. Proteção do “topsoil”**

Na recuperação de áreas mineradas, o “topsoil” armazenado é particularmente susceptível às perdas de solo e nutrientes por erosão ou lixiviação, devido à saturação permanente, devendo ser cuidadosamente protegido: a) os locais de empréstimos devem estar localizados longe do tráfego e as operações de manipulação do material devem ser feitas distantes, sempre que possível; b) o “topsoil” deve ser revegetado (com vegetação morta, serapilheira ou plantio de gramíneas/leguminosas), caso seja armazenado por um período mais longo, que não deve ultrapassar dois anos, para que sejam mantidas as suas características, atividade biológica e umidade do solo; c) os estoques, em cordões ou leiras, com o máximo de 1,5 m de altura; ou em pilhas individuais de 5 a 8 m<sup>3</sup>, também não ultrapassando essa mesma altura de tal forma a evitar a sua compactação; d) devem ser identificados com sinais e

cercados por uma pequena berma de material geológico, que desvie o fluxo lateral da água, evitando a contaminação com materiais não pertencentes ao “topsoil”; e) os estoques não devem ser usados para disposição de estéreis ou rejeitos, especialmente se estiverem contaminadas por produtos derivados de petróleo, evitando comprometer a camada fértil do solo; f) o revolvimento periódico desses estoques com a finalidade de promover uma maior aeração – trará como benefício uma melhor preservação da atividade biológica; e g) finalmente, os estoques devem ser depositados em local de fácil acesso em face à necessidade de repetidas operações exigidas para o seu transporte até o local definitivo. O ideal seria o aproveitamento imediato do “topsoil”, o que em determinadas situações, pode ser conseguido por meio de um bom planejamento, com duas ou mais frentes de lavra operando simultaneamente (IBAMA, 1990; TOY e DANIELS, 1998).

#### **4.2.8.3. O acúmulo de matéria orgânica**

A produtividade dos ecossistemas agrícolas e florestais depende, em grande parte, do processo de transformação da matéria orgânica e, por conseguinte, da atividade e biomassa dos microrganismos do solo. Neste contexto, a manutenção de resíduos vegetais no solo, em sistemas agropecuários, e a queda de restos vegetais para a formação de serapilheira, em sistemas florestais e agroflorestais, são determinantes na obtenção do equilíbrio da matéria orgânica no solo. Os microrganismos exercem papel fundamental utilizando esses materiais como fonte de nutrientes e energia para a formação e o desenvolvimento de suas células, bem como para a síntese de substâncias orgânicas no solo. Dessa forma, o manejo dos substratos e dos processos biológicos permite alcançar um novo equilíbrio no ecossistema (NOVAIS et al., 1990).

Quando um determinado local for recuperado por meio de uma completa reconstrução do solo, com a utilização de um “topsoil” substituto, seu sucesso no longo prazo dependerá do restabelecimento desses processos essenciais: acumulação de matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes. Estes processos podem ser rapidamente restabelecidos, por um plano bem elaborado de seleção e reposição do material orgânico que aporta ao solo, proveniente de resíduos vegetais e animais, junto com o uso judicioso das correções necessárias. A acumulação de matéria orgânica e nitrogênio (N) ao longo do tempo, com uma mínima fixação de fósforo (P) por óxidos de ferro presentes no solo, são fatores importantes no controle da produtividade vegetativa em longo prazo nas regiões úmidas; considerando que deficiência de água e condições sódicas e salinas, são importantes em ambientes áridos e semi-áridos. Muitos resíduos produzidos, como lodo de esgoto, compostos orgânicos, rejeitos alimentares e cinzas de carvão, são bastante úteis como corretivos de solos, com benefícios na reciclagem secundária. Porém, estes materiais devem ser avaliados e administrados cuidadosamente, para assegurar que o ambiente geoquímico em que eles serão introduzidos imobilizarão componentes tóxicos (MEYER e RENARD, 1991; OLSON et al., 1994; TOY e DANIELS, 1998; TOY et al., 2002).

As características químicas do solo, incluindo pH, nutrientes, sodificação, salinidade e metais, também influenciam a) a produtividade das plantas; b) a adaptação das espécies; e c) a capacidade de uso do solo. A camada de “topsoil”, com o desenvolvimento da vegetação, é enriquecida com nutrientes e matéria orgânica provenientes da bioacumulação e reciclagem do “litter”. A espessura e o conteúdo de húmus do solo são bons indicadores da sua qualidade total. A matéria orgânica e o “húmus” a) funcionam como solução tampão, impedindo que o solo sofra mudanças bruscas de acidez ou alcalinidade; b) provê nutrientes por mineralização; c) complexa metais potencialmente tóxicos; e d) proporcionam melhor agregação, aeração e capacidade de retenção de água da camada de “topsoil”. Por esses motivos, a acumulação e manutenção da matéria orgânica na comunidade, é considerada a mais importante propriedade do solo afetando o crescimento das plantas, sendo, portanto, prioridade para recuperação (JENNY, 1980).

#### **4.2.8.3.1. Processos de degradação e o manejo em florestas plantadas**

No caso específico de explorações florestais, considerando os sistemas intensivos de produção, a reposição de nutrientes é fundamental para a sustentabilidade do ecossistema. Isso porque os nutrientes minerais representam um recurso indispensável ao crescimento e desenvolvimento vegetal. Considerando que a maioria dos solos brasileiros onde estão os plantios florestais encontra-se bastante intemperizados e lixiviados, possuindo, portanto, baixa fertilidade natural, a ciclagem de nutrientes representa um dos aspectos fundamentais para a manutenção da produtividade florestal. Esse fenômeno pode ser afetado de acordo com a intensidade das técnicas de manejo do solo e das práticas silviculturais adotadas (CORREIA e ANDRADE, 1999).

Num ecossistema florestal, a quantidade de nutrientes é determinada pelo somatório dos diferentes compartimentos das árvores (folhas, casca, ramos, lenho), vegetação do sub-bosque, serapilheira e solo. Sabem-se, que cada compartimento de uma árvore possui diferentes concentrações de elementos químicos em seus tecidos. Geralmente, observa-se um gradiente que apresenta a seguinte tendência com relação ao teor desses nutrientes: folhas > casca > ramos > lenho (POGGIANI et al., 1998).

Dessa forma, a ciclagem de nutrientes pode ser prejudicada em função do manejo que é praticado, considerando que a exploração florestal é a atividade que, em termos absolutos, mais remove nutrientes do ecossistema. Essa quantidade, removida ou exportada, depende de diversos fatores, tais como: a) espécie ou tipo de clone; b) densidade do plantio; c) duração da rotação ou idade do corte; d) qualidade do sítio e componente da árvore explorado; e e) disponibilidade de água no solo. Sabe-se que os solos das regiões tropicais são em geral muito intemperizados e possuem pequena reserva de minerais; portanto, a sua contribuição para a nutrição das árvores é muito reduzida. Em sistemas de manejo mais intensivos, geralmente aplicados às florestas plantadas do Brasil, a possibilidade de se ter um ciclo de nutrientes mais balanceado é pequena, principalmente devido: a) ao curto período de rotação;

b) às elevadas produtividades obtidas; c) à reposição apenas parcial dos nutrientes exportados; e d) à grande perda de nutrientes, principalmente pela erosão, posto que os plantios, em muitos casos, são implantados em regiões de topografia acidentada e, ou, solos de textura arenosa. Atualmente, esses fatores são agravados pelo desenvolvimento de clones que proporcionam as duas primeiras circunstâncias (BARROS e NOVAIS, 1990; GOMES et al., 1997; BARROS, 2003).

Portanto, para BARROS (2003), quanto melhor e completo for o entendimento do sistema solo, melhor pode-se prever os efeitos das práticas de manejo florestal sobre a sua capacidade produtiva, particularmente no Brasil, onde os plantios de *Eucalyptus* e de *Pinus* têm sido realizados nos tipos mais variados de solos, que apresentam teores disponíveis e totais de nutrientes numa faixa bastante larga, sob diferentes manejos.

É importante ressaltar, que em florestas de clima temperado, a maior parte dos nutrientes do sistema está contida no solo, o que não ocorre em florestas de clima tropical, onde a vegetação é o maior reservatório de nutrientes do ecossistema. Caso ocorram situações de estresses, como o uso de fogo ou práticas que revolvam demasiadamente o solo, nas plantações florestais tropicais, a depleção de nutrientes causada pela exploração florestal, será muito mais drástica que naquelas de regiões temperadas (BARROS e NOVAIS, 1990). Há que se considerar, particularmente nos trópicos, onde grande parcela de matéria orgânica e dos nutrientes permanece na biomassa vegetal (mais de três quartos de carbono), sendo reciclada dentro da estrutura orgânica do sistema, com o auxílio de várias adaptações biológicas que conservam nutrientes, inclusive simbiose mutualística entre organismos e plantas (ODUM, 1988).

#### **4.2.8.3.2. Ciclagem de nutrientes**

Considerando toda a fase de desenvolvimento das espécies, do plantio à senescência, o mecanismo de absorção dos nutrientes pode ser visualizado por meio da análise das fases de desenvolvimento das plantas, podendo ser representada por três ciclos que explicam o processo de ciclagem: geoquímico, bioquímico e biogeoquímico. O completo entendimento dos processos que ocorrem em cada um desses ciclos é particularmente importante para as florestas plantadas, pois afetam diretamente a produção e, o seu manejo incorreto, pode levar o solo à exaustão e à degradação. Nas florestas naturais os nutrientes não são considerados um fator de produção, por constituírem um sistema fechado.

##### **4.2.8.3.2.1. Ciclo geoquímico**

Corresponde a todas entradas e saídas de nutrientes do ecossistema ao nível de sistema radicular. As principais entradas de nutrientes ocorrem via: a) intemperismo; b) precipitação; c) fixação assimbiótica de nitrogênio; e d) fertilização. A saída de nutrientes ocorre, principalmente, via: a) lixiviação; b) erosão; c) volatilização; d) oxidação (queima); e e)



produtos exportados, que dentro do ciclo geoquímico em florestas plantadas, representa a retirada de nutrientes pelas colheitas, conhecidas como “dreno florestal” (REIS e BARROS, 1990).

Nesta fase, as plantas jovens apresentam um alto requerimento de nutrientes destinados à formação de estruturas das plantas. Ocorre, portanto, maior absorção de nutrientes, menor absorção de energia e maior decomposição da matéria orgânica. O crescimento é lento. Devido a pouca cobertura vegetal, há uma maior infiltração de água e incidência de luz no solo, implicando em maiores taxas de evaporação, lixiviação e erosão (FORD, 1994). Neste estágio, em uma exploração florestal comercial, é fundamental a preocupação em fornecer nutrientes via adubação, para garantir o crescimento da floresta na fase jovem, pois a biociclagem ainda não é eficiente (BARROS, 2003).

#### **4.2.8.3.2.2. Ciclo bioquímico**

Este ciclo envolve a translocação de nutrientes dos tecidos mais velhos para aqueles mais jovens da planta. Por esse motivo, é importante para nutrientes de maior mobilidade dentro da planta, como nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio; porém, de menor significado para cálcio, enxofre e os micronutrientes, que têm retranslocação menor (MENGEL e KIRKBY, 1978).

Esta é a razão pela qual há um grande acúmulo destes nutrientes na serapilheira, para os quais o ciclo biogeoquímico terá maior importância. Desta forma, sintomas de deficiência nas folhas velhas refletem elevada taxa de retranslocação, enquanto que sintomas de deficiências nas folhas novas indicam que o nutriente não está sendo retranslocado eficientemente para tecidos em formação (REIS e BARROS, 1990).

A elevada ciclagem interna de nutrientes nas folhas é considerada um fator relevante, posto que durante a sua decomposição, podem ocorrer processos de imobilização, principalmente de nitrogênio. Também, há possibilidade de perdas por lixiviação e redução na disponibilidade de alguns nutrientes (por exemplo, passagem de P-lábil para não-lábil) devido à utilização direta para o crescimento de novos órgãos ou tecidos, constituindo-se em uma fonte constante de nutrientes no interior da planta (REIS e BARROS, 1990).

Dessa forma, a condução da floresta por meio de desbastes permite um melhor controle do ciclo de nutrientes, proporcionando menores alterações nos ciclos de energia e água. Os nutrientes mineralizados, produto dos desbastes, podem ser absorvidos pelas árvores remanescentes, reduzindo a possibilidade de perdas e exaustão do ecossistema. A ciclagem bioquímica de nutrientes nas árvores remanescentes deverá ser mais intensa, aumentando a eficiência de utilização dos nutrientes móveis nas plantas (BARROS, 2000).

A taxa de imobilização do nutriente pode depender da idade da planta, conforme se pode observar na Figura 9. À medida que quantidades mais elevadas de nutrientes são necessárias para a produção de biomassa, o solo não sendo capaz de atender a esta demanda, aumenta a taxa de retranslocação desses elementos de maior mobilidade.

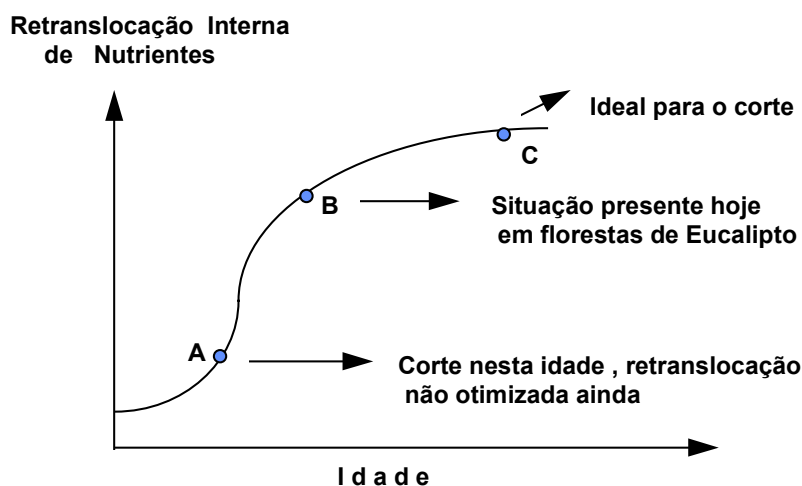


FIGURA 9 - Representação esquemática dos ciclos de nutrientes em espécies florestais: Geoquímico (A), Bioquímico (B) e Biogeoquímico (C). Fonte: BARROS e NOVAIS, 1990.

De acordo com BARROS (2000), após o fechamento do dossel há um aumento na ciclagem interna (bioquímica) dos elementos móveis dentro da árvore. Concomitantemente, uma camada de serapilheira começa a ser formada, e a sua decomposição fornece uma quantidade crescente dos nutrientes requeridos pelas árvores. Na maturidade, o ciclo de nutrientes tende a um estado de equilíbrio, onde o retorno de nutrientes atende a maior parte da demanda (ciclo biogeoquímico). O corte da floresta, durante o seu desenvolvimento (ponto B da Figura 9), não permite que seja estabelecido este ciclo de forma equilibrada e eficiente. Dessa forma, a redução no período entre as rotações, promoverá um aumento da demanda de nutrientes pelo povoamento, posto que este permanecerá constantemente num ritmo acelerado de crescimento, como exposto na Figura 9.

#### 4.2.8.3.2.3. Ciclo biogeoquímico

Nesta fase o crescimento é estável, tendendo ao declínio. Ocorre uma grande deposição de matéria orgânica no solo pela queda de resíduos vegetais e a transferência de nutrientes entre planta e solos é dificultada em face do menor fluxo de massa, pois a distância a percorrer da raiz à copa é maior, devido ao alongamento do tronco, consumindo grande quantidade de energia. Há grande superfície de folhas não fotossintetizantes: a taxa de fotossíntese é menor que a respiração (FORD, 1994).

O retorno do nutriente por meio da serapilheira ("litter") constitui a via mais importante do ciclo biogeoquímico, especialmente em solos altamente intemperizados, onde a biomassa vegetal é o principal reservatório de nutrientes. Portanto, há que se considerar, que o acúmulo de material orgânico da manta florestal depende da taxa de decomposição e de distúrbios naturais (fogo, ataque de insetos) ou artificiais (remoção da serapilheira, cultivo), ocorridos no povoamento, requerendo assim, cuidados durante as práticas culturais e operações de manejo (FERREIRA, 1981)

A Figura 10 apresenta um esquema básico dos possíveis compartimentos e processos de transferência em uma análise sistemática dos ciclos de elementos químicos em um ecossistema florestal.

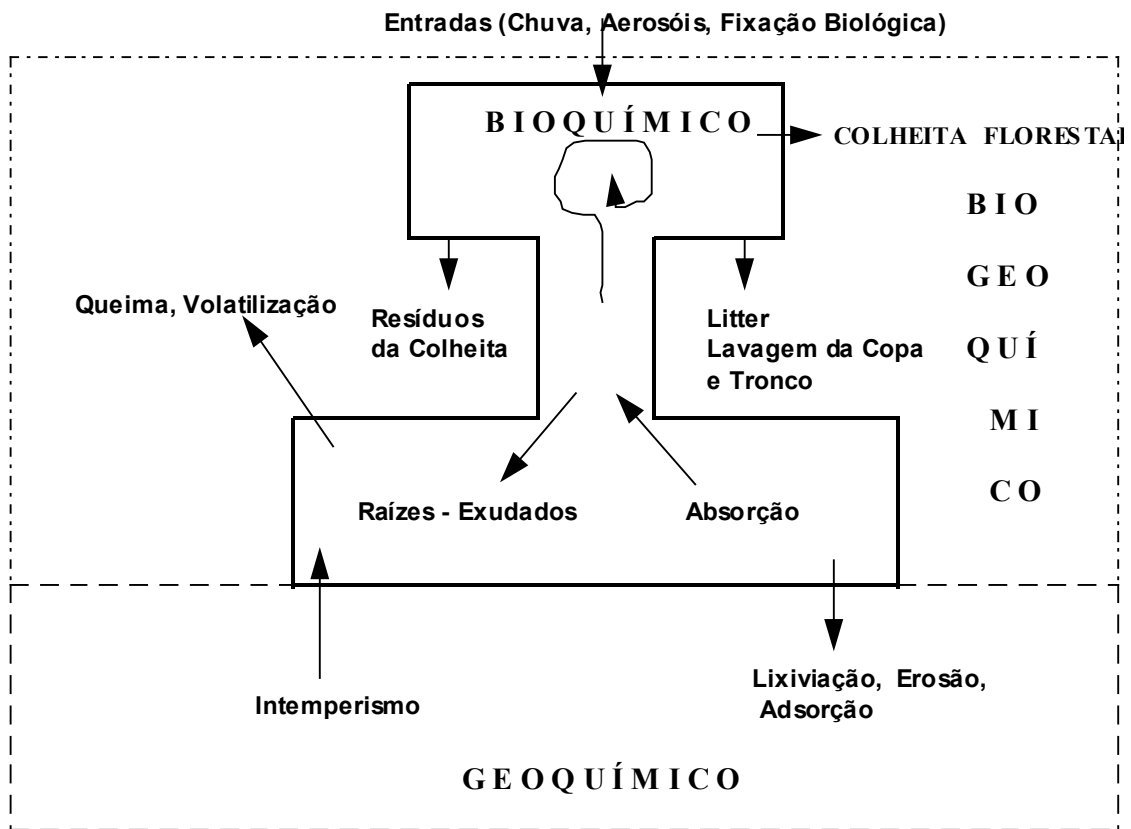


FIGURA 10 - Ciclos de nutrientes em povoamentos florestais. Fonte: WHITMORE, 1989.

Dados sobre a quantidade de material orgânico que aporta ao solo anualmente, de material nele acumulado até determinada idade e o volume de resíduos da exploração florestal, devem ser conhecidos para orientarem sobre a quantidade de nutrientes que podem retornar ao solo. Quando a taxa de decomposição é superior à demanda pela planta, poderá ocorrer perda de nutrientes do ecossistema. Caso o sistema esteja em equilíbrio, o nutriente liberado no processo de decomposição pode ser utilizado pelas plantas, favorecendo a manutenção da produtividade do povoamento e a sustentabilidade do ambiente (JORDAN e KLINE, 1972).

#### 4.2.8.3.3 Perspectivas para a mitigação dos impactos em florestas plantadas

Com a intensificação do uso das áreas dos plantios florestais, exigido pelo manejo intensivo em face da crescente demanda por matéria-prima, houve aumento da pressão sobre o uso do solo, em muitos casos, ultrapassando sua capacidade de suporte e de regeneração, comprometendo a sustentabilidade do ecossistema. Por esse motivo, é necessário que seja realizada a avaliação dos efeitos que a redução da idade de corte e, ou, o aumento do nível de utilização de componentes da árvore, podem exercer sobre a produtividade e o

desenvolvimento sustentável para a atividade de exploração florestal futura. Para isso, é necessário que sejam conhecidos todos os ciclos dos nutrientes, nos vários estádios de desenvolvimento da planta. O seu conhecimento será útil na quantificação do volume de reposição dos nutrientes para cada tipo de manejo, com o objetivo de manter a sustentabilidade do sítio com vistas às rotações futuras.

De acordo com PAULA (1997), a retirada da casca do tronco e a sua manutenção no sítio, reduziriam a remoção em a) 86,5% para o Ca; b) 23,3% para o P; c) 49,5% para o K; e d) 67,8% para o Mg, em famílias de meio irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*. Para esse mesmo autor, embora a casca represente apenas 14,9% do volume total do tronco, é responsável pelo conteúdo de 86,5% de Ca e 67,8% de Mg. Os nutrientes P e K, por apresentarem maior mobilidade que o Ca na planta, apresentam-se normalmente em percentagens maiores em outros componentes, como folhas e galhos. Como geralmente essas partes não são comercializáveis, permanecem no local, sendo reabsorvidos pelo processo de ciclagem. Para GRESPAN (1997), a retirada da casca do tronco manteria a) 20 % do K; b) 50 % do Ca; e c) 35 % do Mg presentes na biomassa total.

Os resultados obtidos, para as espécies de *Eucalyptus*, sob três espaçamentos numa seqüência de idades, reforçam a importância de manter no campo os resíduos da colheita florestal. Dessa maneira, grande quantidade de matéria orgânica seria adicionada ao solo. Além desse fator, seria reduzida significativamente a exportação de nutrientes, particularmente caso fosse promovida a retirada da casca do tronco no talhão, nas situações onde essa operação fosse economicamente viável. Acrescentados à manta orgânica os componentes da árvore que normalmente permanecem no povoamento após a colheita, como galhos, folhas e raízes representam, em média, 73% do N, 60% do P, 55% do K, 76% do Ca e 71% do Mg contidos na biomassa (árvore + manta orgânica). Na hipótese da retirada da casca, os resíduos da colheita somados à manta orgânica, representariam 82% do N, 81% do P, 83% do K, 92% do Ca e 87% do Mg. Portanto, a adoção de práticas de manejo visando a conservação de nutrientes no sistema, pode contribuir de maneira significativa para a manutenção da fertilidade dos solos cultivados e a manutenção da sustentabilidade do sítio (LADEIRA, 1999)

Pode-se concluir que os nutrientes representam o principal fator de produção na atividade de exploração florestal. Por esse motivo, as técnicas de manejo devem reservar especial atenção ao capital natural e aos fluxos de nutrientes do ecossistema atual, garantindo não só a sustentabilidade ambiental, mas também as produtividades atual e futura. Nas florestas brasileiras, onde os solos são bastante intemperizados e pobres em nutrientes, a manutenção na matéria orgânica do solo e, ou, na biomassa, é uma condição básica para manter ou mesmo aumentar a produtividade florestal. O manejo desses materiais deve privilegiar o sincronismo entre taxa de liberação dos nutrientes e a taxa de absorção ou demanda de nutrientes pela planta.

Analisando o ecossistema de maneira holística, a sustentabilidade será garantida quando o balanço de nutrientes no ciclo geoquímico - entrada menos saída - for nulo ou positivo. Portanto, é necessário quantificar as entradas (intemperismo + adições atmosféricas +

fixação biológica de nitrogênio + adubações) e as saídas (exportação de nutrientes via produto florestal + perdas via lixiviação, erosão e atmosfera) (BARROS, 2003).

Considerando que a intensificação de uso do solo nos plantios florestais será cada vez maior, caso não sejam tomadas medidas adequadas de monitoramento, as áreas mal manejadas poderão gerar impactos severos sobre os ciclos da água, dos nutrientes e sobre o equilíbrio ecológico dos ecossistemas naturais adjacentes.

Nesse contexto, entre as pesquisas voltadas para o setor florestal, têm merecido destaque àquelas referentes à nutrição mineral associadas às causas ambientais, particularmente as relativas ao manejo ecológico e a classificação por sítios. Essa preocupação tem aumentado mediante as exigências da legislação ambiental e da sociedade, que deverão ser cada vez mais rigorosa, dadas as condições onde são implantados os maciços florestais. As grandes extensões de plantio, quando localizadas em solos extremamente frágeis, em áreas anteriormente já degradadas de relevo acidentado, exigem cuidados rigorosos relacionados ao manejo: deve ser, portanto, uma prioridade. Segundo BARROS (2003), como ferramenta auxiliar para reduzir os riscos encontrados nessas condições, tem sido utilizada a Classificação de Terras ou Sítios Florestais. Considerando que a produção florestal é resultante da combinação de diversos fatores (ambientais, fisiográficos, edáficos e bióticos) atuando em um determinado espaço, deve-se conhecer bem as características de cada local, de tal forma a otimizar a produtividade e eficiência da empresa, respeitando as limitações de cada área. Dessa forma, tem-se como resultado uma classificação de sítios ecologicamente distintos, podendo ser otimizada a sua conservação; inclusive, podendo melhorar as suas condições iniciais, recuperando as áreas degradadas. De acordo com este mesmo autor, pode-se citar como benefícios dessa classificação: a) planejamento do suprimento da fábrica, por meio da previsão do volume de produção de cada um dos talhões; b) alocação de recursos de acordo com a capacidade do sítio; c) alocação de tecnologias, como realizar subsolagem em uma determinada área; d) na utilização de clones para o plantio, devido à sua homogeneidade, a interação genótipo versus ambiente é de grande importância. Nesses casos, o conhecimento da capacidade produtiva é de significativa importância, para que sejam adequadas as escolhas de um determinado clone para cada unidade de manejo; e) racionalização no uso de agroquímicos; e f) como indicativo do direcionamento e da condução das pesquisas.

Os resultados dessa classificação proporcionam unidades menores de manejo, apresentando condições similares, permitindo além da redução de custos, a facilidade na obtenção de indicadores de sustentabilidade, tomando-se como referência áreas próximas sob condições naturais. Dessa forma, é possível o aumento da produtividade do sítio, com a racionalização dos "inputs", como o uso de herbicidas, diminuindo a pressão sobre o meio ambiente. Os métodos mais utilizados para a classificação, são: a) Índice de sítio ("Site-Index"); b) Método Solo-Sítio ("Soil-Site"); c) Classificação pedológica tradicional associada a outro método; e d) Nível de nutrientes (nesse método obtém-se grande racionalização de adubação, evitando déficit ou excesso, ambos prejudiciais). A grande vantagem dessa classificação, é que ela permite investir em talhões individuais, podendo ser avaliados as suas principais limitações.

Utilizando-se dos indicadores de sustentabilidade (físicos, químicos e biológicos), pode-se verificar a eficiência do manejo, permitindo intervenções pontuais, evitando prejuízos e impactos ambientais futuros. Esse tipo de classificação e a utilização de indicadores permitem a criação de um índice de sustentabilidade único, indicando o manejo adequado, viabilizando procedimentos de conservação e de recuperação (BARROS, 2003).

Há que se considerar, que apesar da importância dessa classificação, a sustentabilidade da área poderá ser alcançada, também, com a adoção de um eficiente plano de manejo que favoreça a ciclagem de nutrientes. Por esta questão, a queda de resíduos que formarão a serapilheira - "sítio de todas as etapas da decomposição da matéria orgânica e da ciclagem de nutrientes" - são determinantes na obtenção do equilíbrio da matéria orgânica do solo e na sustentabilidade desses ecossistemas, posto ser neste compartimento que se concentram os microrganismos responsáveis pela tarefa de fragmentar as cadeias carbônicas, elaboradas pelos organismos autotróficos (CORREIA e ANDRADE, 1999).

De acordo com SMITH e PAUL (1990), a biomassa microbiana pode ser enquadrada como um compartimento central do ciclo do carbono, representando um considerável reservatório de nutrientes nos solos e um atributo fundamental para o estudo de ciclagem de nutrientes em diferentes ecossistemas florestais. A rápida ciclagem da biomassa microbiana pode também fornecer fluxos de relevante importância na nutrição de plantas.

#### **4.2.8.4. A biota do solo e o restabelecimento do ciclo do carbono**

O carbono mineral na forma de gás carbônico é fixado via fotossíntese pelas plantas verdes na forma de carboidratos, lignina, proteínas, lipídeos e outros compostos orgânicos. Com a senescência e a morte dos órgãos vegetais aéreos, e a sua conseqüente deposição no solo, forma-se a matéria orgânica, possuindo em média 58% de C (na prática, de acordo com diversos autores, temos sido considerados 50%). Esse carbono torna-se fonte de energia usada pelos microrganismos, que o disponibiliza ao solo, decompondo-se em gás carbônico e água (CERRI et al., 1992).

Procedimentos de revegetação realizados com sucesso aumentam a deposição e a posterior decomposição da serapilheira, possibilitando que parte do carbono incorporado na biomassa pela fotossíntese retorne à atmosfera como CO<sub>2</sub> e os outros elementos absorvidos passem para uma forma novamente utilizável pela vegetação recém estabelecida. Esse mecanismo é regulado, principalmente, por três grupos de variáveis: a) a natureza da comunidade decompositora (macro e microrganismos); b) as características do material orgânico que determina sua degradabilidade; e c) as condições físico-químicas do ambiente, as quais são controladas pelo clima e pelas características edáficas do local; nesse caso, recém recuperado (ABER e MELILO, 1978; SWIFT et al., 1979).

Os principais responsáveis por essa decomposição são os microrganismos do solo, cuja massa ou biomassa microbiana está permanentemente em renovação. Em áreas geologicamente estáveis, com superfícies cobertas por longo tempo com um mesmo tipo de

vegetação, o solo apresenta uma condição de equilíbrio dinâmico onde as perdas anuais de matéria orgânica são balanceadas pelas entradas anuais. Este processo é descrito como reciclagem ou "turnover". Para o carbono, é definido como o fluxo através do conteúdo total de carbono de uma dada amostra de solo (JENKINSON e LADD, 1981). Caso o equilíbrio do solo seja quebrado, como em áreas degradadas, haverá alteração na fauna do solo e, provavelmente, ocorrerão modificações na estabilização, distribuição e na preservação da matéria orgânica do solo. Observa-se na Figura 11 que a biomassa microbiana pode ser enquadrada com um compartimento central do ciclo do carbono.

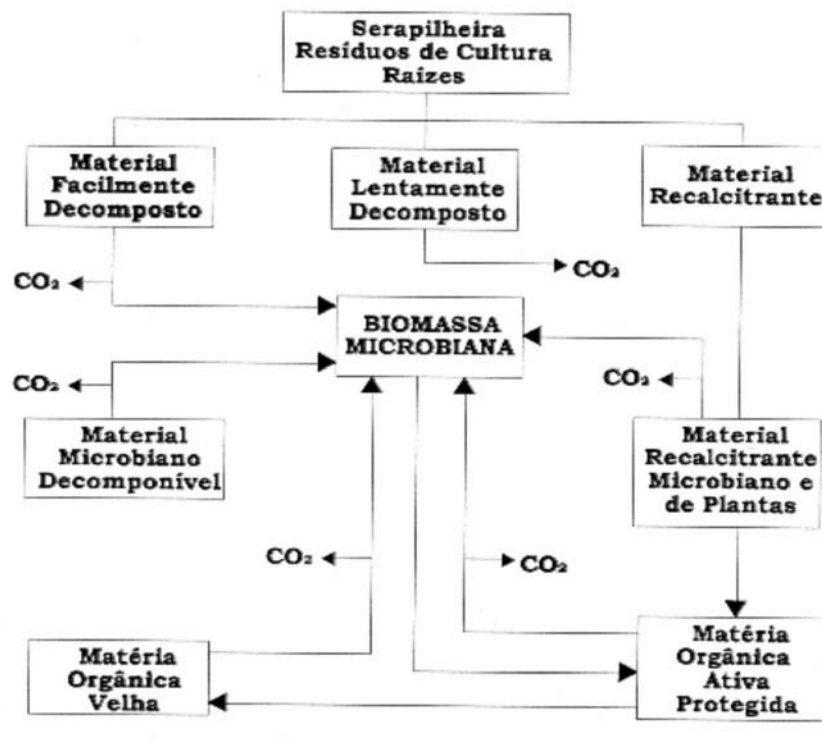


FIGURA 11 - Decomposição dos resíduos vegetais e ciclagem dos constituintes da matéria orgânica. Fonte: GAMA-RODRIGUES et al. (1997).

Nos ecossistemas naturais, o carbono orgânico é incorporado ao solo por duas vias principais: a) a via epigea, que se refere aos aportes originários dos restos vegetais e animais que se depositam na superfície do solo para formar a serapilheira; e b) a via endógena, onde os aportes são devidos à exsudação da raiz viva ou aos produtos de decomposição quando a planta morre (SWIFT et al., 1979). Segundo estes mesmos autores, os restos vegetais constituem a entrada primária de material orgânico para as populações microbianas do solo, sendo que os corpos destas populações formam as entradas secundárias.

A biomassa microbiana pode ser enquadrada com um compartimento central do ciclo do carbono, representando um considerável reservatório de nutrientes nos solos e um atributo fundamental para o estudo de ciclagem de nutrientes em diferentes ecossistemas. A rápida

ciclagem da biomassa microbiana pode também fornecer fluxos de relevante importância na nutrição das plantas (SMITH e PAUL, 1990).

Os valores de carbono na biomassa microbiana indicam uma reserva potencial de C no solo, que participa do processo de humificação. Dessa forma, é permitido aferir o acúmulo ou perda de C em função de um determinado manejo ou condição edáfica. Quanto maior o teor de C da biomassa microbiana, maior será a reserva de C no solo, o que expressa um menor potencial de decomposição da matéria orgânica. Do mesmo modo, o nitrogênio da biomassa microbiana constitui uma parte significativa do elemento potencialmente mineralizável que estará disponível às plantas. Em áreas recuperadas, a disponibilidade de N e uma atividade microbiana intensa, são fundamentais à sustentabilidade da vegetação recém estabelecida (GAMA-RODRIGUES et al., 1997).

#### **4.2.8.5. O uso da serapilheira e a seleção de espécies**

A comunidade de plantas desempenha um papel importante a) no processo de formação e de desenvolvimento do solo e na dinâmica de nutrientes, particularmente para a acumulação de matéria orgânica e de N e; b) em longo prazo, concentração de nutrientes essenciais na biomassa da planta, para a reciclagem e a remineralização microbiana. As vantagens de utilizar banco de sementes de espécies nativas do “topsoil” e das camadas de “litter” ou serapilheira, devem ser cuidadosamente consideradas em planejamentos de recuperação. O uso direto destes materiais para a fase final de recuperação da superfície deve ser estimulado sempre que possível, em face da grande diversidade de espécies nativas herbáceas, arbustivas e arbóreas neles existentes, tratando-se de verdadeiro banco genético daquilo que ocorre no ambiente natural: embora o resultado não seja imediato, como acontece com a implantação de espécies exóticas de rápido crescimento, do ponto de vista ecológico, é considerada a melhor prática (IBAMA, 1990; TOY e DANIELS, 1998; TOY et al., 2002).

A seleção de plantas e materiais apropriados são componentes críticos nos procedimentos de recuperação, não podendo haver manipulação imprópria do material e práticas incorretas de reconstrução do solo. Em algumas regiões, onde os taludes não possuem propensão à erosão, o uso da serapilheira têm promovido a cobertura mais rápida e densa do solo que as espécies exóticas herbáceas forrageiras, principalmente devido a a) proteger a superfície do solo contra raios solares; b) conservar a umidade do solo; c) fornecer micro e mesofauna do solo e sementes de plantas que vêm juntamente com a serapilheira coletada; e d) criar condições para o desenvolvimento das plantas e fauna nela contida, favorecendo o retorno da macrofauna. Algumas observações devem ser cuidadosamente respeitadas durante a retirada da serapilheira: 1) deve ser feita com o uso de rastelo e preferencialmente na época das chuvas; 2) a retirada deve ser na proximidade da área degradada para a sua utilização quase que imediata; e 3) cuidado com o volume a ser retirado: a) um metro quadrado em cada 10 a 25 m<sup>2</sup> da superfície; ou b) em filas de um metro de largura espaçadas a cada 10 m. Ao final dessa operação, recobrir o local desnudo com a serapilheira



vizinha (IBAMA, 1990; TOY e DANIELS, 1998; TOY et al., 2002). Cabe considerar que, recentemente, foi proibida a retirada de serapilheira para a recuperação de áreas degradadas, sendo necessário para a realização dessa operação, quando necessária, a autorização do IBAMA.

A estratégia de revegetação é desenvolvida junto com os outros componentes do plano de recuperação, não permitindo, portanto, reflexões tardias. De acordo com o IBAMA (1990), alguns cuidados e observações devem ser tomados durante o processo de seleção das espécies que serão utilizadas, tais como:

- Espécies herbáceas - a) verificar o futuro uso do solo e as condições edafoclimáticas; b) não implantar espécies potencialmente invasoras que possam alterar o equilíbrio ecológico; c) usar mistura de diversas espécies de gramíneas e espécies que formam associação com bactérias fixadoras de nitrogênio, como algumas leguminosas; d) usar espécies de diferentes profundidades de sistema radicular, preferencialmente aquelas mais profundas; e) usar estoloníferas capazes de entrelaçarem-se superficial e subsuperficial, para controle da erosão; f) adquirir sementes com certificados de Pureza Física e do Valor Cultural (V.C., atualmente não é mais obrigatório a sua colocação) dos lotes; g) evitar espécies de crescimento excessivamente rápido e de porte alto; e g) evitar espécies susceptíveis a incêndios e, ou, agressivas que tendem a dominar as outras espécies;
- Espécies arbustivas e arbóreas, nativas e exóticas - a) em áreas anteriormente cobertas por mata natural, usar espécies nativas, concentrando naquelas pioneiras, frutíferas e melíferas (usar pelo menos 20 espécies); b) produzir as mudas em viveiro próprio, particularmente as espécies nativas face à dificuldade na disponibilidade de mudas; c) além do plantio das mudas, também semear uma mistura de sementes de espécies nativas; d) escolher espécies que não prejudiquem a formação de sub-bosque, de serapilheira, ou de outras plantas herbáceas e arbustivas. Para isso é fundamental observar o espaçamento de plantio; e) usar espécies que tenham fácil dispersão, como aquelas que possuem sementes aladas; e f) quando possível e sem prejudicar a mata da qual se dará a coleta, utilizar mudas naturais obtidas em seu interior.

Quando se tratar de Área de Preservação Permanente (APP), a revegetação deverá priorizar a adoção de metodologias que se assemelhem à sucessão natural, utilizando espécies nativas de ocorrência na região, favorecendo a recuperação da forma e funções originais da vegetação agredida. Essa situação, para que seja alcançada, faz-se necessário conhecer a diversidade original do ecossistema, o qual será o modelo, podendo ser obtido por meio de um levantamento fitossociológico na elaboração do cenário pré-degradação. KAGEYAMA et al. (1994) apontam que diversas experiências realizadas desde 1989, propiciaram a elaboração e definição de modelos de associação envolvendo um grande número de espécies, além de empregar os conceitos de sucessão secundária da vegetação (ocorre a partir de clareiras na floresta primária), diversidade e raridade de espécies e interações entre planta/animal/microorganismos da floresta tropical. Para esses mesmos autores, a sucessão que ocorre em grandes áreas antropizadas e degradadas, apresenta

características distintas; particularmente com relação à origem das espécies no início da sucessão, podendo ser identificado dois grupos de espécies: a) pioneiras antrópicas - espécies que não são tipicamente pioneiras na floresta primária e que fazem o papel de pioneira nesse tipo de sucessão; e b) secundária/pioneira antrópica - espécies secundárias e normalmente raras na floresta primária e que, nessas áreas, fazem o papel de pioneiras. Esses conhecimentos significam uma evolução considerável para o sucesso da revegetação e sustentabilidade da cobertura vegetativa e do processo sucessório.

Na revegetação das áreas de acentuado declive (onde devem ser construídos terraços), o uso de espécies exóticas não adaptadas às condições edafoclimáticas locais, podem não apresentar o desenvolvimento necessário para uma eficiente cobertura vegetal que propiciem a redução da erosão. Em alguns casos podem, inclusive, não sobreviverem, deixando superfícies do terreno expostas e novamente sujeitas aos processos erosivos (IBAMA, 1990). Entretanto, no Brasil, de acordo com TOY e GRIFFITH (2003), “os fornecedores comerciais tendem a priorizar o fornecimento de sementes das espécies introduzidas, porque são de grande demanda”. Na opinião destes mesmos autores, isso ocorre porque não existe disponibilidade de sementes de espécies nativas em quantidade suficiente, tornando-as caras. Além disso, muitos dos responsáveis pela recuperação não têm experiência quanto à aptidão para a recuperação de muitas das espécies nativas e, também, desconhecem as condições necessárias para a germinação dessas sementes. Afirmam, que esse é um bom mercado a ser explorado.

#### **4.2.8.6. Recuperação de voçorocas**

Em casos extremos de impactos provocados pela excessiva erosão, uma ravina principal (“master rill”) pode evoluir, aprofundando e alargando o seu canal, com a formação de voçorocas de grandes dimensões (largura maior que 30 cm e profundidade maior que 60 cm - no Brasil, a maioria dos pesquisadores consideram voçoroca quando maior que 50 cm de largura e profundidade), os procedimentos para a sua recuperação devem ser imediatos. Geralmente, as voçorocas se formam numa ruptura da encosta ou em áreas onde a cobertura vegetal foi reduzida ou é inexistente, particularmente quando o material subjacente for mecanicamente fraco ou inconsolidado. Basicamente, a sua recuperação consiste no desvio da água de sua parte superior, no seu preenchimento e na sua posterior revegetação (SELBY, 1993). Para MARÇAL e GUERRA (2001), a cobertura vegetal natural, protegida adequadamente e com condições de crescimento rápido, ajuda no processo inicial de retenção e diminuição da velocidade da água, proteção contra o pisoteio dos animais e a remoção de outras causas prejudiciais. No caso de áreas urbanas, diminuindo a enxurrada excessiva pelo corte irregular das ruas e nas bordas das voçorocas.

Em alguns casos, é necessária a redução do ângulo dos taludes laterais ou mesmo a reconstrução das paredes laterais do interior da voçoroca, em bancadas. Nesses casos, pode ser necessário estabilizar os taludes das bancadas, por exemplo, com o uso de gabiões. Tais

procedimentos devem ser realizados durante o período de seca ou durante longas estiagens, sendo fundamental o desvio das águas de superfície da cabeceira e laterais. Tal procedimento é realizado por meio de valetas ou canais em desnível, construídos paralelamente às suas margens e revestidos com material que lhes confira maior proteção, tendo degraus invertidos para diminuir o impacto e a velocidade da água. Caso não seja possível a utilização desses dois métodos, o preenchimento total ou a construção de bancadas, o método mais indicado deve seguir os seguintes passos, de acordo com o IBAMA (1990):

a) desviar as águas superficiais da cabeceira e laterais por valetas ou canais revestidos; b) colocar dentro da voçoroca matacões e vegetação morta; e c) construir uma série de barreiras, perpendiculares ao eixo maior, com matacões, troncos de árvores, tábuas, ou bambus amarrados, conhecidas também como “paliçadas”, para segurar os sedimentos finos, fazendo pequenas bancadas, na medida em que os sedimentos formem bermas.

Para que o objetivo da recuperação seja plenamente atingido e definitivamente estancado o avanço da voçoroca, o passo fundamental é a revegetação dos taludes das laterais a) com gramíneas e leguminosas herbáceas por meio de semeadura manual ou em mudas; b) com sementes ou mudas de espécies arbustivas como feijão-guandu (*Cajanus cajan*); e c) revegetar as bermas das bancadas com essas mesmas plantas ou serapilheira (IBAMA, 1990).

De acordo com MARÇAL e GUERRA (2001), considerando as características de cada área de erosão, uma alternativa seria a construção de pequenas barragens dentro da voçoroca. Tal procedimento ajudaria a preencher as valas por meio da retenção da água e do solo erodido. A barragem pode ser construída com pedras soltas ou muros de gabiões, “que ficariam bem encravados nas paredes laterais e no fundo, a fim de evitar que a água cause erosão no fundo e nos lados das grotas”. Recomendam ainda, que na construção dessas barragens, podem ser utilizados tela de arame, madeira e troncos de árvore e, advertem: sob hipótese alguma, usar lixo, posto que este só aumenta o desgaste do solo com a erosão.

#### **4.2.9. Procedimentos para o sucesso da recuperação**

O sucesso da recuperação depende de uma série de fatores específicos para cada uma das atividades impactantes e dos problemas locais existentes, respeitadas as suas características já definidas. Áreas de mineração, principalmente, por provocarem impactos de significativa importância e magnitude, talvez sejam as mais complexas para procedimentos de recuperação. Por exemplo, áreas contendo elevadas concentrações de sulfetos metálicos podem provocar a geração de drenagem ácida, causando sérios impactos ambientais. Os procedimentos, nesse caso, consistem em procurar reduzir a oxidação de pirita restringindo o acesso de oxigênio e água ao substrato ou inibindo a atividade de bactérias que oxidam o ferro e catalisam aquela reação (DIAS, 2003b).

Assim, serão demonstrados por meio de um Estudo de Caso, os passos que deverão ser observados para a recuperação de uma área degradada pela mineração.

### **Estudo de caso 4.2.9. (3) A recuperação de áreas degradadas por atividades minerárias**

#### **4.2.9.1. Introdução**

A atividade de mineração no Brasil, e em todo o mundo, é responsável atualmente pelo acúmulo ao longo dos anos, de inúmeras paisagens alteradas em virtude da extração mineral. Isso se deve, principalmente, ao grande volume de minérios explorados, que além de modificar a paisagem, produz efluentes, estéreis e rejeitos que podem comprometer a estética e a qualidade do ambiente local, principalmente quando a lavra é a céu aberto. Esses locais, quando abandonados, dão origem a extensas áreas degradadas, com a possibilidade de originar sérios problemas ambientais e à saúde humana (BARTH, 1989).

Para a realização da prática de mineração, ocorre inicialmente a retirada da cobertura vegetal com o revolvimento do solo e do subsolo, causando distúrbios na camada superficial (“topsoil”) responsável pela maior atividade biológica devido à presença da matéria orgânica e, também, onde estão localizados o maior número de sementes e propágulos. Dessa forma, a revegetação espontânea fica extremamente prejudicada, como também a recolonização da micro e mesofauna do solo (RUIVO, 1998).

Portanto, torna-se um desafio que o homem passe a explorar esses recursos naturais utilizando técnicas adequadas à manutenção do solo, água, flora e fauna. Atualmente, a exploração racional pela mineração é um grande desafio, sendo necessário esforços para a adoção de tecnologias que reduzam os impactos sociais e ambientais provocados por esta atividade. Para tanto, é necessário que sejam revistos os conceitos em termos de planejamento, manejo e de utilização e respeito às práticas conservacionistas, para que esse cenário possa ser revertido. O planejamento da recuperação dessas áreas requer adequado conhecimento dos componentes do ecossistema e do seu comportamento, ou seja, o estudo da auto-ecologia das espécies que o compõe (GRIFFITH e WILLIAMS, 1989).

Mediante essa situação com sérias implicações sócio-econômicas e em face de uma emergente consciência ambiental, além das exigências legais impostas pela Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, existe a pressão da sociedade para que sejam recuperadas áreas degradadas pela exploração de recursos minerais, visando a sua reabilitação ao processo produtivo. Dessa forma, impõe-se medida de proteção ambiental nas fases de concepção, implantação e operação dos empreendimentos, tais como: a) recomposição da área minerada considerando os seus aspectos físicos e bióticos; b) a eliminação de poluição atmosférica pelo carreamento de poeiras no transporte de minérios; c) as barragens de decantação para armazenamento dos rejeitos de beneficiamento; d) a substituição de ustulação por processos mais modernos e limpos; e e) o controle da qualidade

das águas superficiais e subterrâneas que deverão ter, no mínimo, a qualidade anterior ao processo de mineração (IBAMA, 1990).

Ainda, no caso da mineração, envolve o segmento de garimpo, que é altamente informal. A ustulação por processos inadequados produz: a) impactos e degradação ambientais; b) conflitos com as populações indígenas e a mineração organizada; c) condições precárias de trabalho; d) descaminho do ouro e depredação dos depósitos. Os impactos são decorrentes, principalmente: a) da lavra desordenada; b) da falta de prévio conhecimento da geologia regional; c) da disposição indiscriminada de rejeitos; d) do assoreamento dos corpos d'água; e) da dispersão do mercúrio metálico usado na amalgamação (estima-se que 900 toneladas de mercúrio foram lançadas no ecossistema amazônico na década de 80); e f) da falta de recuperação de áreas degradadas (RELATÓRIO..., 1991).

Por estes motivos, a recuperação de um ecossistema não deve ser confundida com ações superficiais, sem que haja responsabilidade social. O processo é iniciado por meio da reabilitação topográfica e paisagística das áreas após a lavra, de tal forma que não destoem da paisagem circundante e aproxime-se do ambiente original. Dessa forma, será capaz de sustentar a fauna e a flora, nativas ou introduzidas, ao longo do tempo, com mínima ou nenhuma necessidade de manutenção (RUIVO, 1998; TOY e DANIELS, 1998).

Um substrato a ser revegetado pode estar sofrendo um processo acelerado de intemperização, liberando nutrientes e possibilitando a colonização inicial por espécies pioneiras. Estas contribuirão para o aporte de matéria orgânica, acelerando o processo de formação do solo, favorecendo a ciclagem de nutrientes e preparando o meio para garantir a sustentabilidade das espécies mais exigentes que darão continuidade ao processo de sucessão (SILVA, 1994).

É necessário que durante a elaboração do Plano de Fechamento da mina, que contempla o PRAD, seja feita a previsão do uso futuro da área. Os procedimentos de recuperação irão variar de acordo com a finalidade pretendida (NASCIMENTO, 2001). Há que se considerar, entretanto, as exigências legais.

#### **4.2.9.2. A regulamentação do setor minerário**

Até recentemente, a estrutura regulamentar básica para recuperação de áreas mineradas, era estabelecida por dois atos legislativos: a) o Código de Mineração, de 1967; e b) a Lei de Controle Nacional do Meio Ambiente, de 1975. A partir de 1981, os fundamentos legais da obrigação de reabilitar áreas degradadas encontram-se no inciso VIII do artigo 2º da Lei n. 6.938/81, nos parágrafos 2º e 3º do artigo 225 da Constituição Federal e no Decreto n. 97.632, de 10 de abril de 1989 (IBAMA, 1990).

➤ **Os dispositivos legais** (BRASIL, Constituição Federal)

“Art. 225 – todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para a presente e futuras gerações”.

§ 2º - Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com a solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

§ 3º - As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados”.

Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981 - Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.

“Art. 2º - A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios”:

VIII - Recuperação de áreas degradadas

Decreto n. 97.632, de 10 de abril de 1989 - Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, Inciso VIII, da Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981.

Art. 1º - Os empreendimentos que se destinam à exploração de recursos minerais deverão, quando da apresentação do Estudo de Impacto Ambiental - EIA e do Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, submeter à aprovação do órgão ambiental competente o plano de recuperação de área degradada.

Parágrafo único - Para os empreendimentos já existentes, deverá ser apresentado ao órgão ambiental competente, no prazo máximo de 180 (cento e oitenta) dias, a partir da data de publicação deste Decreto, um plano de recuperação de áreas degradadas”.

Art. 2º - Para efeito deste Decreto são considerados como degradação processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais.

Art. 3º. - A recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente”.

Existem várias críticas com relação à legislação. Uma delas, é aquela de que deveria ser introduzida no formato da apresentação do PRAD - Plano de Recuperação de Áreas Degradadas, a exigência dos aspectos sócio-econômicos para o “fechamento da mina” e a demonstração dos recursos com que a reabilitação será realizada (MEYER e RENARD, 1991). Para DIAS (2003b), o PRAD ou Plano de Fechamento deveriam funcionar como documentos norteadores, com a exigência pelos órgãos fiscalizadores de sua atualização periódica, posto a

velocidade do desenvolvimento de novas metodologias e, também, visando atender os recentes apelos sociais.

O fato é que, limitadas ou não, as leis existem e, apesar de serem abrangentes, pouco sistematizadas e dispersas entre os vários órgãos ambientais, caso houvesse um maior rigor da fiscalização para o seu efetivo cumprimento, os impactos decorrentes desta atividade poderiam ser minimizados. É necessário aumento do corpo técnico desse setor para que os resultados sejam mais efetivos, particularmente aumentando as exigências durante a fase de licenciamento ambiental do projeto, posto se tratar de uma exigência da legislação.

#### **4.2.9.3. A recuperação de áreas mineradas**

O sucesso do processo de recuperação, para que além de atender aos aspectos ambientais e legais, também proporcionem vantagens sócio-econômicas, dependerá da realização de diversos procedimentos. Inicialmente, deve ser feita uma avaliação do RIMA e do Plano de Fechamento da mina, que contempla o PRAD, para que possam ser revistos os objetivos iniciais. Verifica-se a necessidade de alterações resultantes das atividades de exploração e da própria evolução da pesquisa durante o período de exploração. Devem ser respeitados as exigências legais e orientar-se pelas mudanças propostas necessárias identificadas por esses dois documentos, nessa fase que pode ser considerada de pré-planejamento, posto ser nela que serão preparados os planos de recuperação. Nele, deve conter uma orientação, passo a passo, para os procedimentos que serão empregados para recuperar as áreas degradadas pela mineração e atividades correlatas, devendo obedecer as seguintes e principais etapas, que deverão ser realizadas de forma cronológica (IBAMA, 1990; HARRIS et al., 1996; TOY e DANIELS, 1998):

- a) Caracterização do local - as propriedades físicas e químicas da área do distúrbio, dentro de um particular cenário ambiental, influencia significativamente o planejamento e a prática de recuperação propriamente dita, podendo significar o sucesso dos procedimentos. A caracterização do local, usualmente, inclui análises das condições climáticas, das condições geológicas, da topografia, dos solos, da vegetação e da hidrologia. Sabe-se que o sistema ambiental possui funções abertas e inter-relacionadas entre seus componentes. Desta forma, mudanças nas características destes locais, podem ter ramificações ao longo do tempo. É necessária uma abordagem segmentada de cada um dos principais fatores envolvidos, analisando as áreas de influência direta e indiretamente afetadas;
- b) Planejamento da recuperação - para que os objetivos sejam atingidos com sucesso, a condição ideal exige que as estratégias de recuperação sejam finalizadas antes da perturbação do solo, considerando-se, principalmente: 1) as prováveis e possíveis conseqüências da perturbação; 2) o projeto de gerenciamento de regras que facilitem a recuperação; e 3) a avaliação de alternativas de práticas de recuperação, para suprir eventualidades; ou seja, devem ser traçadas as conseqüências, as metas de recuperação (inclusive a definição do uso futuro) e conhecidos os requisitos legais;

- c) Administração do material - todos os custos de exploração, escavação, transporte e colocação de estéreis em áreas de empréstimo e a sua futura recolocação nas áreas já mineradas, devem ser analisados com a devida antecedência, visando a economia de recursos e riscos ambientais provenientes da interrupção dos procedimentos de recuperação. Devem ser detectados para cada tipo de procedimento de recuperação, que irão variar de acordo com a atividade e o estágio em que se encontram os processos de degradação. No caso da mineração, devem ser observados os seguintes procedimentos: 1) a caracterização dos estéreis, tanto para possível uso durante o processo de revegetação, como para se avaliar a qualidade da água; 2) a alcalinidade ou a acidez provenientes da camada de estéril; 3) nutrientes extraíveis; 4) as propriedades físicas e litológicas dos estéreis; 5) o plano de fechamento da mina; 6) o isolamento de materiais tóxicos, de metais pesados e a concentração de sais, que caso seja alta, resulta em elevada condutividade elétrica do sistema; 7) a composição e a formulação do “topsoil” substituto; e 8) análise de custos do manuseio do material;
- d) Retirada do “topsoil” ou provisão de um apropriado que o substitua - quanto melhor for a qualidade do “topsoil”, mais rápido será o crescimento da vegetação utilizada no processo de revegetação, evitando inclusive, a origem de processos erosivos e diminuindo os impactos ambientais. Durante esse procedimento, deve-se minimizar a área decaçada, removendo apenas o necessário. Essa atitude ajuda a reduzir os custos requeridos à recuperação. É aconselhável que possua pelo menos 25 cm e recebam calagem e adubação, durante a sua recolocação;
- e) Recomposição topográfica e paisagística - refere-se ao preparo do relevo para receber a vegetação, objetivando uma forma estável e adequada para o futuro uso do solo. A grande maioria das paisagens natural é formada por bacias hidrográficas, compostas de encostas e linhas de fluxos, arranjadas de forma espacial, para que de uma forma eficaz, transportem água e sedimentos. A perturbação do solo rompe esse equilíbrio dinâmico, causando disparidades entre forças e resistências, acelerando as taxas dos processos erosivos. Dessa forma, a reconstrução topográfica deve recriar uma situação que permita um relativo equilíbrio, entre os processos e as pedopaisagens, entre forças e resistências. Devem ser observadas: 1) as exigências legais; 2) a declividade dos taludes (o ideal seria que o terreno ficasse plano ou com pouca declividade) de tal forma que reduzam os riscos de erosão e proporcionem a estabilidade do solo e dos taludes. Em terrenos com declividade superior a 20%, devem ser construídas bancadas (fatia horizontal que se lava em uma mina, caracterizada por uma berma e um talude), com uma leve inclinação para dentro, ou seja, da crista do talude inferior para a base do talude superior. Ao longo da berma da bancada, em seu sentido longitudinal, a declividade não deve ultrapassar 2%, sendo necessário o seu direcionamento até atingir os canais de drenagem que conduzam as águas resultantes do escoamento superficial até a base do talude, sendo reconectadas ao sistema regional de drenagem. Em solos argiloso e pouco erodíveis, têm sido possível remoldar a superfície de taludes com até 40% de declividade, sem a construção de



bancadas; 3) a dinâmica das linhas de fluxo, considerando suas formas e dimensões; 4) a reconstrução da bacia hidrográfica (na medida do possível, devem ser pequenas em área e suaves no relevo); 5) o uso futuro previamente definido (caso seja para a manutenção da vida selvagem, construir murundus (até 1 a 2 m de altura) e algumas depressões pequenas, suaves e rasas, durante a obra de terraplenagem, visando a acumulação de água: tais elementos contribuem para a atração de animais; 6) o tipo de equipamentos a serem empregados; e 7) os aspectos paisagísticos e estéticos, que deverão preservar as paisagens de destaque, como parques e reservas. Também, manter alguma similaridade com o relevo anterior, podendo, inclusive, melhorar e complementar a paisagem com o remanejamento do relevo e a introdução de novas plantas e espécies arbóreas;

- f) Manipulação do solo de superfície - é realizada após a reconstrução topográfica e a recolocação do "topsoil", processo denominado preenchimento, que resulta na inversão de horizontes. Devido ao grande número de inter-relações existentes entre as características do substrato remanescente, do solo recém-constituído e o processo de revegetação, que é a meta a ser alcançada e o principal objetivo da recuperação, é necessário que se conheça profundamente o material existente na área que será recuperada. Geralmente, ocorre a compactação do substrato, particularmente, pelo uso intenso de máquinas pesadas durante o aplainamento da superfície, sendo necessária a escarificação ou subsolagem do substrato previamente ao plantio. A espessura do "topsoil" deve ser definida de acordo com o volume disponível para determinada área, devendo ser regular e disposta de tal forma que cubra toda a superfície, obedecendo a conformação topográfica. A superfície recuperada deve ser modificada de forma a facilitar o gerenciamento das águas e o controle da erosão. Deverá haver cuidados suficientes de tal forma a evitar a contaminação do lençol d'água, particularmente quando os estéreis ou rejeitos contiverem substâncias que possam comprometer a qualidade da água. Nesses casos, sempre que possível, depositar uma camada de argila sobre os componentes contaminantes de tal forma a isolá-los da camada fértil do solo, evitando a contaminação ambiental. A argila pode ser usada, também, sobre outros tipos de estéreis mais pobres para favorecer a revegetação;
- g) Correção do solo - podem ser usadas várias combinações de calcário, gesso, fertilizantes inorgânicos e materiais orgânicos. A aplicação da correção depende de cinco fatores: "1) das propriedades físicas e químicas do solo; 2) do regime climático local; 3) da topografia e acessibilidade do local; 4) do tipo vegetativo a ser restabelecido e o uso do solo pós-recuperação; e 5) da conformidade com as regulações exigidas". Deve ser feito o controle do pH do solo e aplicação de fertilizantes. Dadas essas condições iniciais e sendo adequadas com relação aos nutrientes, a produtividade em longo prazo do sistema solo-planta, dependerá de dois processos importantes: 1) acumulação de matéria orgânica e de nitrogênio; e 2) estabelecimento de um depósito de P orgânico, para que possa ocorrer uma mínima absorção de P pelas plantas;
- h) Revegetação - é a meta principal da recuperação, resultando em benefícios secundários desejáveis, estéticos e na qualidade da água. As metas de revegetação variam do simples

controle de erosão, até a complexa restauração de comunidades nativas. As abordagens e métodos empregados devem ser específicos para cada região, local e uso futuro do solo. São os seguintes princípios básicos: 1) seleção de materiais e plantas - deve ser feito um levantamento florístico ou fitossociológico e, as espécies nativas adaptadas devem ser as preferidas, devendo lembrar que solos com distúrbios são muito diferentes de solos em condições naturais. Dessa forma, espécies exóticas podem ser mais bem sucedidas que espécies nativas, particularmente quando as condições do solo resultam de situação de distúrbio. O banco de semente de espécies nativas, contidas no “topsoil” ou na camada de “litter”, apresenta ganhos diretos e são utilizados para prover o material localmente adaptado para as plantas; 2) preparação das sementeiras; 3) observar as técnicas de semeadura de acordo com as espécies; e 4) utilização de cobertura morta (“mulching”). De acordo com GRIFFITH (2002), apesar dos avanços das pesquisas nessa área, em função da diversidade florística e das variações edafoclimáticas, ainda falta muito para aprender sobre a dinâmica ecológica;

- i) Irrigação (caso necessário) - em locais que apresentam condições climáticas irregulares, deve ser incluído o procedimento de irrigação durante o estabelecimento das mudas;
- j) Monitoramento e manutenção - o gerenciamento do solo depois da recuperação, inclui monitoramento local e manutenção, quando serão avaliados os recém construídos sistemas ambientais e sua integração com a circunvizinhança. Devem ser usados indicadores e informações do banco de dados. Merecem atenção especial: 1) a quantidade, a qualidade e o controle da água de superfície e de sub-superfície; 2) a quantidade e a qualidade da cobertura vegetal, ou seja, o volume de biomassa e a diversidade, sendo necessário em alguns casos refazer a semeadura ou o plantio; 3) as taxas de processos geomorfológicos, como movimento de massas e erosão. Caso necessário, realizar a manutenção dos terraços em camalhões, taludes de bancadas e das obras de drenagem; 4) observar sintomas de deficiência nutricional (realizar adubação de cobertura) ou toxidez pelo excesso de algum elemento; 5) diagnosticar e realizar o controle de pragas e doenças; 5) não permitir pastoreio nos dois primeiros anos para favorecer a sementação para germinação natural no ano seguinte; 6) realizar o coroamento das espécies arbóreas; 7) realizar incorporação de vegetação morta ou outras matérias orgânicas para promover a melhoria na estrutura do solo; e 8) manejar adequadamente a predominância das espécies desejadas.

De acordo com TOY e DANIELS (1998), embora a maior parte das pesquisas e resultados seja baseada em experiências com solos de mineração de superfície, os princípios são aplicados para outros tipos de perturbações de solos, tais como pedreiras, lavra de rochas ornamentais, mineração de metal, estrada, industrial e construção urbana/residencial. Áreas agropecuárias e florestais degradadas pelo uso intensivo de agroquímicos, também podem adotar procedimentos semelhantes. No caso de áreas mineradas, entre os diversos cuidados necessários comentados, duas questões receberão uma observação mais detalhada: a fauna silvestre e a drenagem ácida.

#### **4.2.9.4. A mitigação dos impactos na vida selvagem**

O impacto de curto prazo na vida selvagem e a perturbação do solo são altamente variáveis e de difícil previsão, dependendo do tamanho do local perturbado e de sua localização. Porém, a maior parte da perturbação, resulta da completa displicência de valores das espécies e dos seus habitats. Espécies ameaçadas de extinção exigem consideração especial e mitigação específica dos impactos, antes do início da perturbação, por exemplo, em grandes áreas de reflorestamento, de mineração ou onde será construída barragem. O movimento de grandes animais dentro do local em atividade deve ser controlado, como no caso onde grandes taludes de minas são expostos. Nesse caso, esses perigos podem ser contornados com a construção de grandes bermas, para intimidar o movimento da vida selvagem na área interior que está sendo recuperada. Entretanto, há que se considerar certas espécies, especialmente roedores, pássaros e formigas cortadeiras, interferindo de forma significativa nos esforços finais de revegetação. Precavendo-se, medidas específicas de controle desses animais, deverão ser incluídas como componentes freqüentes dos planos de recuperação. As estratégias de mitigação dos impactos são determinadas levando-se em consideração as etapas anteriores. Dessa maneira, poderão ser determinadas as possíveis capacidades de uso de cada ambiente, que deverão ser consideradas para a determinação dos objetivos do processo de recuperação (TOY e DANIELS, 1998; DIAS, 2003a).

#### **4.2.9.5. Drenagem ácida**

Paralelamente aos procedimentos de controle das águas, de manipulação e de colocação dos materiais (estéreis e rejeitos), o planejamento da recuperação deve ser revisado e ajustado para prevenir prolongadas exposições erosivas ou estratos potencialmente tóxicos. Portanto, as propriedades físicas e químicas dos materiais, devem ser rigorosamente analisadas antes da perturbação, onde qualquer material que apresente pequeno risco na qualidade da água, em curto ou longo prazo, sejam identificados. Este nível de coordenação de manipulação do material exige ajustes diários para determinar as seqüências e controle do escoamento de água no local (TOY e DANIELS, 1998).

Por essa questão, o projeto de engenharia e o plano de manipulação do material para qualquer local perturbado, são ditados pelas condições geológicas, inclusive o manto de solo intemperizado. Isto é verdade não importando se a perturbação é causada por mineração, construção de estrada, túneis ou outras atividades de construção. A principal diferença entre estas formas de perturbação, é a profundidade dos materiais escavados e expostos. Geralmente, operações de mineração, exigem escavações profundas, freqüentemente estendendo-se para estratos geológicos não intemperizados. Operações de “corte e preenchimento” em locais de construção, por outro lado, geralmente localizam-se próximos às zonas das superfícies intemperizadas da coluna geológica do solo, exceto no caso de cortes profundos em estradas. Entretanto, há que se considerar, que atividades de mineração

resultam as mais profundas e severas perturbações de solo e de materiais geológicos, inclusive, potencialmente capazes de gerar drenagem ácida (*ibidem*).

A drenagem ácida “é resultante de um processo que envolve reações de oxidação de sulfetos produtoras de ácidos e reações de dissolução de certos minerais, principalmente carbonatos de Ca e Mg, capazes de produzir alcalinidade”. Por esse motivo, é considerada um problema ambiental de significativa seriedade, inclusive, com potencial de impactar negativamente a qualidade das águas nos locais onde ocorre. De acordo com MELLO e ABRAHÃO (1988), este processo “inicia-se quando certos minerais como piritas ( $\text{FeS}_2$ ) e outros sulfetos são expostos ao ar atmosférico e, na presença de oxigênio e água, sofrem oxidação formando sulfatos hidratados, como o ácido sulfúrico”. Os compostos oxidados apresentam-se como “crostas brancas e amareladas na superfície exposta das rochas e dos sedimentos intemperizados”. Nas atividades de mineração, esse processo pode ocorrer em pilhas de rejeitos e estéreis. Para estes mesmos autores, o grande problema resultante da oxidação dos sulfetos, altamente solúveis, refere-se ao fato de apresentarem reação fortemente ácida, sendo facilmente dissolvidos na fase líquida, acidificando (o pH pode chegar a 2,0 ou menos) e elevando as concentrações de sulfato e de ferro das águas de drenagem. O problema é agravado, nessa condição de elevada acidez, quando existir no local outros elementos tóxicos, tais como alumínio (Al), manganês (Mn), cobre (Cu), zinco (Zn), chumbo (Pb), mercúrio (Hg) e cádmio (Cd), que podem ser “solubilizados e mobilizados nas águas de drenagem”, incorporando metais tóxicos na cadeia trófica.

Do ponto de vista geoquímico, as questões relacionadas à drenagem ácida, devem considerar a cinética das reações produtoras de acidez e aquelas produtoras de alcalinidade. De acordo com MELLO e ABRAHÃO (1988), a cinética das reações produtoras de acidez difere significativamente daquelas produtoras de alcalinidade. Para CARUCCIO e GEIDEL (1996), as reações de oxidação da pirita que produzem acidez, podem ser consideradas ilimitadas em condições atmosféricas. Por outro lado, as reações produtoras de alcalinidade são limitadas pela solubilidade dos carbonatos em materiais calcários. Considerando a diferença da cinética dessas reações, para MELLO e ABRAHÃO (1988), supõe-se que a qualidade das águas de drenagem das minas é muito influenciada pelo regime hidrológico a que está submetido o substrato. Esse fato pode ser comprovado por estudos de CARUCCIO e GEIDEL (1996), onde demonstram que precipitações de baixa intensidade e com pequenos intervalos entre elas, associada a uma microporosidade elevada do substrato, serão favorecidas as reações produtoras de alcalinidade. Caso contrário, um maior intervalo entre as chuvas e substratos com maior macroporosidade, favorecerão às reações produtoras de ácido. Para MELLO e ABRAHÃO (1988), considerando a cinética de oxidação da pirita, os fatores que mais a afetam, além da “disponibilidade de água no meio e do tamanho e grau de cristalinidade dos minerais de pirita”, são a) o potencial de oxirredução (Eh) - quanto mais alto for mais rapidamente deverão se processar tais reações; e b) o pH - em condições ácidas do meio, são estimuladas a atividade de bactérias catalisadoras, favorecendo a solubilidade do  $\text{Fe}^{3+}$ , aumentando a geração ácida. De acordo com esses mesmos autores, a oxidação do Fe ferroso

a Fe férrico, posto que este pode funcionar como receptor de elétrons acelerando a taxa de oxidação da pirita, é o “passo limitante do processo de oxidação como um todo”.

Entre os fatores que influenciam a drenagem ácida, destacam-se: a) relacionados com a mineralogia do substrato: 1) quantidade e reatividade dos sulfetos presentes; 2) quantidade e reatividade dos carbonatos presentes; e 3) presença de outros minerais, quantidade e tipo de argila presente; b) relacionados com as condições ambientais: 1) temperatura; e 2) regime hídrico; c) condições de lavra, acondicionamento e granulometria do substrato (MELLO e ABRAHÃO, 1988).

Entre as técnicas preditivas da drenagem de um determinado substrato, destacam-se: a) as análises químicas do substrato (permitem calcular o potencial de geração ácida - potencial de acidez, e o potencial de geração alcalina - potencial de neutralização, permitindo derivar um balanço ácido-base); e b) os testes de lixiviação ou intemperismo simulado (permitem uma idéia mais precisa da cinética de oxidação de sulfetos, cabendo, entretanto, duas considerações: 1) em amostras que contém carbonatos, em função da cinética de sua dissolução variar em função do intervalo entre lixiviações, pode não simular convenientemente a realidade do intemperismo em condições de campo; e 2) o tempo necessário, aproximadamente dois meses, é considerado longo para a obtenção de dados para o conhecimento da cinética (*ibidem*).

De acordo com CARUCCIO e GEIDEL (1996), o uso de calcário como corretivo da drenagem ácida é problemático, pelo fato da sua taxa de neutralização ser limitada pela solubilidade do carbonato, enquanto que a taxa de oxidação da pirita e geração de ácido é ilimitada. Por esse motivo, para MELLO e ABRAHÃO (1998), o sucesso do uso dessa técnica consiste na determinação das condições mais adequadas para ajustar a taxa de dissolução do carbonato à cinética de oxidação da pirita. Para esses mesmos autores, técnicas de isolamento e disposição seletiva do material tóxico para o controle da drenagem ácida, ainda depende de estudos que avaliem o potencial de toxidez dos componentes diversos desses materiais.

Por esse motivo, é essencial que sejam conhecidas: a) as condições geológicas preliminares; b) as condições geológicas depois da mineração; e c) a dinâmica dos processos físicos e químicos afetando estes materiais geológicos que poderão provocar distúrbios. As características geoquímicas dos resíduos da mineração, também são fortemente afetadas pelas condições climáticas do local, particularmente como eles afetam a intensidade de lixiviação. Com essas precauções, evitar-se-ão problemas de drenagem ácida, ou fica facilitada a sua mitigação e controle (TOY e DANIELS, 1998).

#### **4.2.9.6. Observações complementares**

As exigências atuais do estudo de impactos ambientais (EIA) e o respectivo relatório de impacto ambiental (RIMA), bem como o plano de recuperação de áreas degradadas (PRAD) ou, em alguns casos, como para a extração de areia, um plano de controle ambiental (PCA), necessários para a obtenção da licença de exploração, não são garantias exclusivas para o

sucesso da recuperação, não significando necessariamente, que todos os problemas ambientais da área estarão solucionados. Os procedimentos de recuperação, para que sejam efetivos, poderão ser medidos por concepções e metas de longo prazo, inclusive considerando a) a cobertura e diversidade vegetativa (deve-se optar por um grande número de espécies, evitando um grande número de indivíduos da mesma espécie); b) o tempo de resposta hidrológica; c) e o retorno do local para uso produtivo. Essas metas de longo prazo são alcançadas por ajustamentos diários, manipulação do material e plano de controle da qualidade da água, necessariamente ajustado no local, verificando os progressos da perturbação por meio da visualização da paisagem. As condições geológicas e hidrológicas encontradas podem diferir consideravelmente daquelas previstas no plano original. Então, os especialistas em recuperação, devem ser versáteis e adotar novas e mais efetivas abordagens, para atingir suas metas de recuperação em longo prazo (OLSON et al., 1994; TOY e DANIELS, 1998; TOY et al., 2002; TOY e GRIFFITH, 2003).

#### **4.2.9.7. Possibilidades de uso resultante do processo de recuperação**

A partir da construção dos cenários pré e pós-degradação e com o acúmulo de informações obtidas, pode-se fazer o planejamento de forma consistente, para que sejam traçados os objetivos do processo de recuperação. Todas as possibilidades devem ser revisadas, de tal forma que as potencialidades e limitações do ambiente, sejam identificadas por meio dos cenários (NASCIMENTO, 2001).

Estes devem contemplar para análise e considerações contextuais, as diversas características, onde devem conter as seguintes possibilidades e condições, listados não hierarquicamente (TOY e DANIELS, 1998; DIAS e GRIFFITH, 1998; DIAS, 2003a):

- a) Desejo do empreendedor;
- b) Desejo do proprietário da terra;
- c) Desejo da sociedade;
- d) Exigências da legislação local, estadual e federal;
- e) Riscos e necessidades ambientais; e
- f) Custos.

Na verdade, as possibilidades de uso são as mais diversas. A sua escolha, também, dependerá de questões circunstanciais, respeitadas as exigências legais. Porém, a questão da sustentabilidade do novo empreendimento e a sua inserção na paisagem local, deve ser observada. Investimentos devem ser coerentes com as necessidades e gostos das comunidades locais. A não observância desses aspectos pode comprometer o futuro do empreendimento. A Figura 12 identifica algumas possibilidades de uso, no caso de minas desativadas.

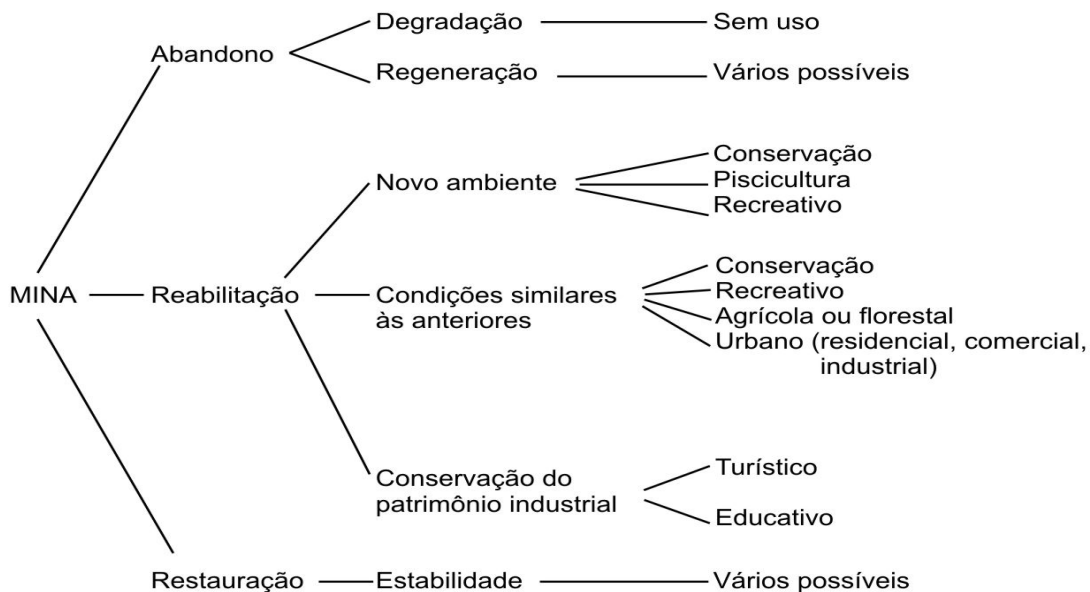


FIGURA 12 - Níveis de recuperação de áreas degradadas pela mineração e usos possíveis.  
Fonte: SÁNCHEZ, 2001.

De acordo com DIAS (2003b), muitas empresas mineradoras têm usado como alternativa de destinação à nova área recuperada a adoção de áreas de preservação ambiental, como a implantação de Reservas Particulares do Patrimônio Nacional (RPPN), como medida compensatória de impactos ambientais e criação de espaços para educação ambiental. Tal postura aproxima a empresa da comunidade, melhorando a imagem institucional. Entretanto, para DIEGUES (1997), deve-se considerar que a imposição de áreas de conservação pode ser vista por essas comunidades, como na maioria das vezes o é, um ato de força, modificando o seu modo de vida e a sua relação com a natureza. Também, para GRIFFITH (2004), a população local não se preocupa tanto com a preservação permanente, quando necessita, de fato, emprego e terras produtivas. Na opinião desse mesmo autor, as empresas, paternalmente, adotam esta estratégia porque julgam esse tipo de área de proteção ambiental, a RPPN, mais importante que a recuperação ambiental de sua própria área degradada pela mineração, inclusive, em diversas situações, beneficiando-se do “marketing verde”. Afirma ainda, de maneira mais enfática contra essa postura, posto que essa prática de cercar uma área e declará-la como uma RPPN, é muito mais barata que reabilitá-la para novo uso econômico, o que implicaria em custos elevados de reconstrução topográfica e revegetação direcionada (cultivos).

#### 4.2.9.8. Quadro atual e perspectivas para a atividade minerária

Apesar das diversas questões relativas às atividades minerárias, de acordo com TOY e GRIFFITH (2003), no Brasil, houve um significativo progresso e aperfeiçoamento nas práticas de recuperação ambiental. Principalmente considerando haver apenas dezoito anos a exigência legal da obrigatoriedade desses procedimentos. Para esses mesmos autores, “é

resultado da consciência ambiental nacional e internacional, junto com o acúmulo do passivo ambiental causado pelas atividades minerárias, têm resultado em pressões crescentes sobre o governo e as empresas mineradoras para implementar a recuperação ambiental efetiva”. Por esses motivos, existe hoje no Brasil, uma evolução nas leis ambientais, de regulamentos, de atitudes empresariais, de tecnologia e práticas de recuperação, nivelando-as àquelas práticas disponíveis em outros países, sendo o desafio atual selecionar e adaptar os protocolos de recuperação às situações ambientais específicas brasileiras.

Considerando o estudo de BARTH (1989), realizado em 1987 no Estado de Minas Gerais, discutidos agora por TOY e GRIFFITH (2003), onde fizeram a avaliação detalhada das práticas brasileiras de recuperação, identificaram nas mineradoras estudadas, naquela época, aspectos negativos (mais de 50% das minas não estavam realizando nenhuma forma de recuperação) e positivos (em algumas, a recuperação podia ser comparada com as melhores do mundo), fornecendo várias conclusões e recomendações. Naquela época, muitos dos encarregados responsáveis pela recuperação nas empresas: a) não tinham nenhum treinamento específico, além de não saberem preparar uma avaliação de impacto ambiental; b) não conheciam a variedade de técnicas desenvolvidas para recuperar áreas degradadas; e c) não recebiam recursos adequados para fazer o trabalho.

No estudo de TOY e GRIFFITH (2003), o objetivo foi avaliar e reexaminar as práticas atuais de recuperação no Estado de Minas Gerais, onde inclusive, o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) de duas minas já obtiveram a certificação ISO 14.000 e três outras têm essa mesma perspectiva. Apesar disso, segundo esses mesmos autores, algumas práticas não mudaram significativamente na última década, como aquelas de objetivos estéticos ou outros fatores apenas visuais, que afetarão o uso futuro da área degradada. Porém, é sabido, que os padrões e as expectativas têm evoluído nesse período. Entretanto, a falta de objetivos em longo prazo continua sendo um sério problema, em face da necessidade de considerar qual o futuro uso da área recuperada. Segundo esses mesmos autores, em Minas Gerais, ‘essa questão está sendo abordada pelo órgão regulamentador estadual a ponto de exigir “planos de fechamento” para cada mina como parte das condicionantes para renovar o licenciamento’. Algumas das questões que foram observadas, no passado, no presente e nas perspectivas para o futuro da recuperação, merecem destaque ou estudos mais aprofundados, na opinião destes mesmos autores:

- a) Retirada e reposição do “topsoil” - a sua retirada e reposição não vem sendo realizada, mesmo sendo a sua armazenagem exigida por lei. Recomendamos que deve haver maiores estudos, dentro do contexto dos regimes pedológicos brasileiros. Essa postura por parte das empresas é assim justificada: 1) a quantidade do solo superficial disponível é muito reduzida e bastante pobre em nutrientes, consequência do intenso intemperismo e lixiviação nesses ambientes; 2) devido ao alto custo; e 3) por terem conseguido a revegetação sem a sua utilização;
- b) Recomposição topográfica e controle da erosão - os problemas que têm recebido a devida atenção, por serem considerados prioritários, são: 1) o controle das águas; 2) da erosão; e



- 3) do assoreamento. Assim, pode ser encontrado em praticamente todas as minas, estabilidade topográfica, que é condição primordial da recuperação. Tal controle tem sido facilitado pelo uso de revestimentos biodegradáveis. Dessa forma, o controle da erosão continua sendo prioridade, sendo usadas como técnicas o terraceamento em depósitos de estéril e a revegetação com espécies introduzidas. Espera-se, que no futuro, a oferta de produtos para o controle da erosão e dos sedimentos, nacionais e internacionais, tenham uma significativa expansão, porém deverão ser relativamente caros. Por esse motivo, o uso de revestimentos biodegradáveis fabricados *in loco*, feitos de capim, bambu ou sacos de aniagem, como também produtos pré-fabricados de baixo custo, é uma solução;
- c) Revegetação e seleção de espécies - faltam sementes de espécies nativas e recomendam:
- 1) pesquisas com as espécies invasoras encontradas nas áreas recuperadas, posto serem aptas para esse fim; e 2) como uma boa oportunidade comercial, o desenvolvimento de uma fonte confiável de sementes de espécies nativas. A semeadura continua sendo feita manualmente, a lanço, resultando algumas vezes na distribuição desuniforme das sementes (deixa, em muitos casos, manchas desprotegidas no local recuperado, favorecendo a erosão). A hidrossemeadura restringe-se atualmente, a áreas mais íngremes. Entretanto, todas as minas, atualmente, incluem leguminosas na mistura de espécies utilizadas – os órgãos ambientais, atualmente, incentivam o uso de espécies nativas e projetos que favoreçam o aumento da biodiversidade. Anteriormente, as considerações eram estéticas e de curto prazo, usando espécies agressivas e de rápido crescimento. A maioria das mudas arbóreas e arbustivas vem sendo produzida em viveiros mantidos pelas próprias empresas (plantadas em covas abertas na superfície do terreno, afirmam que tal prática é efetiva para estabelecer as espécies selecionadas. A revegetação tem seguido a “estratégia em duas fases”, usando espécies nativas e introduzidas, de acordo com a recomendação de GRIFFITH et al. (2000)). O uso de placas de grama, anteriormente utilizada, atualmente, em função do alto custo, tem sido implantada apenas em locais mais visíveis onde existe a necessidade de rápida cobertura para efeitos visuais;
- d) Manipulação do solo de superfície - no estudo de BARTH (1989), algumas práticas não existem mais, como 1) a escarificação profunda do estéril rochoso como método de preparo do local para plantio, pois atualmente, a compactação é visualizada como um problema trivial; e 2) a não utilização de “topsoil” comprado de propriedades vizinhas, posto que de acordo com esses autores, degradavam terras agropecuárias. Houve treinamento dos operadores de máquinas pesadas de terraplenagem, por meio da educação e capacitação, posto que no estudo anterior, degradavam áreas naturais da mina, até então sem distúrbios. É sabido atualmente, que os tratores de esteira de porte médio são mais efetivos em termos de custo que os tratores maiores;
- e) Correção do solo e preparo para plantio - anteriormente, todas as minas faziam a fertilização. Atualmente, apenas uma não usa, optando por resíduos de jardins ricos em nutrientes. A análise de substrato era praticada por poucas minas, onde podiam ser encontrados sintomas de deficiências em várias delas. Hoje, apenas uma não analisa o

substrato e, caso necessário, todas acrescentam calcário; inclusive, duas acrescentam matéria orgânica, sendo três, anteriormente;

- f) Monitoramento e manutenção - a manutenção dos locais recuperados continua sendo esporádica (resultando em qualidade desuniforme da recuperação e, comentam: a sua execução depende dos recursos disponíveis). O argumento usado para a não preocupação com outras ocorrências, como o controle de erva daninhas e formigas, foi justificado: “deve-se deixar as plantas se adaptarem às condições prevalentes de competição, o que implica em não intervenção humana”. As bacias e as lagoas construídas para contenção de resíduos e de escoamento superficial, das águas e da erosão, continuam sendo localizadas nos vales dos cursos d’água, sendo recuperados posteriormente, quando cheios (sob os pontos de vista econômico e de engenharia civil, essa localização é lógica. Entretanto, para TOY e GRIFFITH (2003), do ponto de vista geomorfológico, por ocuparem “posições de alta energia” e devido à confluência dos fluxos provenientes das superfícies terrestres e dos cursos d’água, são sujeitas a altas taxas de processos fluviais. Por esse motivo, “as mudanças no perfil longitudinal das calhas dos cursos d’água, causadas pela deposição na calha que existia anteriormente, criam, eventualmente, uma calha entrincheirada na mesma deposição, se não for protegida por estruturas de engenharia civil - obras que exigem manutenções constantes e no longo prazo”);
- g) Qualidade das pesquisas e treinamento sobre recuperação – na avaliação de BARTH (1989), foram criticadas. Atualmente, TOY e GRIFFITH (2003) verificaram pesquisas científicas bem conduzidas para a seleção de espécies em parceria com universidades; como também, pesquisas feitas pelo pessoal das empresas, com baixo custo e sem controle rigorosos. Afirmam, que o resultado das pesquisas locais podem atender às suas necessidades. Relacionado ao treinamento, somente 30% dos entrevistados têm sido educados especificamente para os cargos que ocupam, ou seja, “a aquisição de conhecimento pessoal sobre recuperação tem sido mais uma consequência de trabalho de campo que um resultado de educação ou treinamento formal” (quando oferecidos, freqüentam cursos e seminários sobre recuperação; se necessário, contratam consultores para desenvolver soluções; além de receberem a orientação de estudantes e professores de pós-graduação).

Para TOY e GRIFFITH (2003), atualmente quase todas as minas recuperam as áreas degradadas, como é determinado pela lei. Entretanto, não diferente de outras partes do mundo, a qualidade da recuperação varia entre as diversas minas. Geralmente, naquelas de maior porte, por possuírem recursos financeiros, maior qualificação do corpo técnico e conhecimentos atualizados, produzem uma recuperação em nível superior. Consideram que as empresas pequenas terão dificuldades futuras para atender as exigências legais, que tendem a tornarem-se mais rigorosas, por pressão, entre outros, das ONGs. Afirmam que as empresas de porte médio, na maioria das vezes, “têm produzido obras de recuperação adequadas, por meio do desenvolvimento de técnicas inovadoras, tais como espalhamento de resíduos de jardinagem como cobertura morta sobre os substratos expostos. A melhoria, em grande parte,

pode ser justificada pela exigência dos EIA/RIMA e do PRAD, que fornecem atualmente uma base melhor para o planejamento da recuperação. Inclusive, afirmam que a renovação do licenciamento referente ao plano de fechamento da mina, dependerá da elaboração de planos detalhados de recuperação, incluindo o uso futuro das áreas reabilitadas. A grande observação feita por esses mesmos autores, que servem de estímulo para os profissionais que trabalham nessa área, é a de que a recuperação, atualmente, “é um assunto importante e considerada uma responsabilidade compartilhada entre todos os empregados das companhias mineradoras”. Entretanto comentam, como principais obstáculos, reflexo ainda do passado: 1) “dificuldades de estabelecer uma organização sobre recuperação; e 2) falta de boa vontade encontrada em algumas companhias de compartilhar informações sobre práticas adequadas”.

Com relação ao futuro, TOY e GRIFFITH (2003), afirmam que a qualidade da recuperação será enfatizada, principalmente pela pressão de grupos ambientais e de outras partes interessadas, que exercerão “pressão junto aos legisladores e órgãos regulamentadores para criarem leis e fiscalizações mais rigorosas”. Inclusive, no Estado de Minas Gerais, como será discutido no sub-capítulo 4.3.11.2. Perspectivas para o licenciamento ambiental, existe a visão da “consolidação e simplificação dos regulamentos sobre recuperação, sendo uma meta do órgão ambiental estadual”, por reconhecerem que “existem conflitos sobre jurisdições e regulamentos”. Já existe a discussão sobre a possibilidade da exigência de um pagamento antecipado (caução ou “bonding”) para garantir a execução dos procedimentos de recuperação do plano de fechamento. Essa questão tem sido questionada pelas mineradoras de pequeno porte, que se sentem prejudicadas: por possuírem recursos financeiros limitados, já tendo de se submeterem a gastos considerados elevados nos processos de licenciamento e nas sanções e penalidades legais. Com relação à revegetação, GRIFFITH et al. (2000) sugerem que pode haver inovações ainda maiores se “houver esforços para incrementar o uso de espécies nativas, além da inclusão de considerações bioeconômicas”. TOY e GRIFFITH (2003), comentam que “a biodiversidade, o uso de espécies nativas e a reabilitação visando à criação de parques ecológicos podem ser temas populares e convenientes, mas não contribuem, necessariamente, à melhoria do padrão de vida ou à resolução de problemas sociais brasileiros, tais como o desemprego e a subnutrição”. Considerando todos esses fatores, esses autores perceberam que “a evolução da recuperação ambiental no Brasil precisará reunir muitos recursos e encontrará muitos obstáculos”.

Relacionados aos recursos para a recuperação ambiental futura, estes mesmos autores afirmam que a cooperação técnica é extremamente importante, necessitando de um maior entrosamento entre o pessoal da parte operacional com os responsáveis pela recuperação ambiental. O trabalho em equipe pode, além de melhorar a qualidade das ações ambientais, inclusive, reduzir os custos da mineração e dos procedimentos de recuperação, posto que as “ações corretivas causam mais desperdícios e são mais dispendiosas que as medidas preventivas”. Esta preocupação se justifica porque “as tentativas mal sucedidas de recuperação podem causar danos ambientais externos (externalidades negativas) maiores que os danos sofridos internamente na propriedade da mina. Porém, é esperado que para a própria

sobrevivência das mineradoras, haja a preocupação de elevar a qualidade da recuperação, inclusive com a perspectiva de redução de custos. Esses mesmos autores afirmam: a) é necessário que haja compartilhamento entre as companhias de mineração das práticas e tecnologia comprovadas e bem sucedidas, favorecendo o controle da qualidade ambiental; e b) “uma organização nacional de recuperação ambiental pode servir como catalisador para tal transferência de tecnologia - existem bons exemplos internacionais. Entre outras atividades, a difusão tecnológica tem sido facilitada por essas organizações em outras parte do mundo”.

#### **4.2.10. Alterações climáticas e a estabilidade de encostas de áreas recuperadas**

As evidências de alterações climáticas conduzem a preocupações diversas, implicando na persistência de algumas incertezas na Ciência de Recuperação. Existem registros que apontam numerosas variabilidades temporais durante o último século: espera-se, também, que seja assim no futuro. É sabido que a erosão se manifesta com uma intensidade variável condicionada por diversos fatores, tais como: a) clima; b) características físicas do solo (notadamente textura, estrutura e drenagem interna); c) relevo (comprimento da rampa, grau de declive e uniformidade da rampa, que influenciarão no volume e na velocidade da enxurrada; logo, na erosão); d) cobertura vegetal (faz-se sentir pela interceptação da chuva e proteção do solo contra o impacto direto das gotas; maior facilidade de infiltração da água devido ao aumento da porosidade e granulação do solo, resultado da deposição de matéria orgânica e sistema radicular; travamento do solo pelas raízes ou matéria orgânica que estrutura e aglutina as partículas do solo; e e) uso da terra (refere-se ao ajuste à sua capacidade de suporte, podendo aumentar ou reduzir os efeitos erosivos). Apesar das discussões de mudanças climáticas concentrarem-se nas flutuações das médias anuais de temperatura e precipitação, as mudanças na frequência de distribuição e intensidade das chuvas (solos erodíveis sofrem sérios riscos com chuvas intensas), também merecem atenção. Por esta questão, a disponibilidade de dados em série temporal é fundamental para os cálculos dos volumes dos recursos hídricos. As conseqüências de mudanças climáticas em solos recuperados, dependem das condições climáticas presentes para um determinado local, juntamente com o direcionamento e a magnitude dessas mudanças (ASSIS, 1973; TOY e DANIELS, 1998; TUNDISI, 2003).

Por esses motivos, procedimentos de análises de solos e nutrientes das plantas, requerem o desenvolvimento de modelos para condições naturais, agropecuárias, florestais e de áreas mineradas. Devem ser examinados, modificados e validados para distúrbios de solo e materiais geológicos, sob condições de recuperação. Especificamente, o desenvolvimento e calibração de técnicas precisas para estimativas e requisitos de calagem para materiais sulfetados, devem ser conduzidos em locais e condições climáticas diversos. Adicionalmente, modelos acumuladores de N, P e C em solos de mina, como também seu uso na avaliação da evolução do equilíbrio do solo, demandam estudo adicional, em longo prazo. Esta pesquisa deveria ocorrer paralelamente com estudos detalhados de microbiologia do solo (TOY e

DANIELS, 1998). TOY e GRIFFITH (2003), justificam essa necessidade, em função das condições climáticas brasileiras, que apresentam fortes chuvas torrenciais e altas temperaturas, significando que o intemperismo das rochas e a atividade microbiana funcionam com altas taxas durante a maior parte do ano. Essas condições favorecem o desenvolvimento e o estabelecimento vegetativo das espécies introduzidas. Também, “as estruturas abertas do solo recém constituído, permitem a infiltração das águas, a penetração das raízes e o movimento da meso e microbiota”. Dessa forma, bactérias e fungos decompositores e simbióticos se estabelecem em curto espaço de tempo, favorecendo a ciclagem de nutrientes e o desenvolvimento vegetacional, promovendo a sustentabilidade da área recuperada.

Embora não seja possível prever com exatidão as conseqüências produzidas por alterações climáticas, pode-se considerar vários cenários no planejamento da recuperação. Entretanto, é apontada por diversos especialistas e profissionais envolvidos nesses procedimentos, a dificuldade em compreender a atuação de sistemas tão complexos. Apontam a necessidade de pesquisas interdisciplinares nesses campos visando a melhor compreensão dos sistemas, como a dinâmica atual de uma determinada encosta (TOY e DANIELS, 1998; GUERRA, 2003). Para PARSONS (1988), a maioria das encostas evolue sob diversos processos, influenciadas pelos efeitos a) do escoamento superficial, com caráter mais contínuo: ou seja, na erosão dos solos o processo é mais contínuo e gradativo, onde as partículas e, ou, os agregados vão sendo destacados e transportados encosta abaixo; e b) de movimentos de massa, com caráter mais esporádico: ocorre um movimento coletivo de solo e, ou, rocha, onde a gravidade/declividade possui um papel significativo. Nesse caso, a água pode tornar o processo ainda mais dramático; porém, não é necessariamente o principal agente causador desse processo geomorfológico.

Em outros processos, como escoamento superficial, movimentos de massa e erosão, a resposta reflete a influência combinada de diversos fatores, que produzirão, inclusive, alterações nos canais. Para a gestão das mudanças ocorridas nos rios e canais, de acordo com FERNANDEZ (2001), utilizam-se dados e informações de pesquisas topográficas de detalhe (com acompanhamento das seções transversais), e informações das relações entre a geometria do canal e a descarga. Por exemplo, aceitando a forma geral de LANGBEIN e SCHUMM (1958), relações entre precipitação média anual e sedimentos no campo, os aumentos na precipitação resultando no decréscimo ou em aumentos da sedimentação, dependerá de ajustes da cobertura vegetacional para as novas condições de temperatura e precipitação. De acordo com CUNHA (2003), o Brasil, “tem ainda pouca tradição em pesquisas sedimentológicas, refletidas no baixo número de estações de monitoramento e intervalos de coletas de dados”.

Existem também questionamentos relativos à estabilidade e à sustentabilidade das paisagens recuperadas, em longo prazo. As relações entre forças e resistências variam ao longo do tempo, como os processos naturais que trabalham fora e dentro do sistema, reconstruindo pedopaisagens. Eventualmente, uma tempestade e o escoamento superficial gerado, excede as estimativas do projeto. Entretanto, fracassos episódicos na pedopaisagem

também fazem parte dos sistemas naturais, como ilustrado por cicatrizes de movimentos de massa, de solo ou rocha, sob a influência da gravidade, sem a ação direta da água. Entretanto, a sua ação pode participar do desgaste do terreno, reduzindo a resistência ao cisalhamento da encosta, contribuindo para o comportamento plástico e fluido dos solos (SELBY, 1993; OLSON et al., 1994).

A importância do estudo científico das encostas merece atenção especial para a compreensão dos problemas ambientais atualmente vividos, como nos casos de pastagens em áreas de relevo acidentado. Nesse sentido, o conhecimento geomorfológico pode dar grande contribuição: a) na prevenção dos processos de degradação; e b) na recuperação de áreas impactadas pelas diversas atividades humanas que alteram a sua declividade, tais como a) nos cortes de estradas (rodovias e ferrovias) com a acumulação de materiais resultantes de terraços; b) extração mineral; c) expansão urbana; d) agricultura; e) pecuária; f) silvicultura; g) construção de pontes; h) áreas de lazer; i) construção de barragens e nas obras que envolvem corte de talude; e j) áreas de despejos industriais e residenciais. Na atividade minerária, os movimentos de massa são a principal forma de risco associada com os rejeitos da indústria, em especial nas encostas. Para a sua recuperação é necessário considerar, além da estabilidade das encostas, a paisagem circundante, que deve ser semelhante a da área recuperada. A implantação de cortes e aterros compactados, bastante comuns em atividades como mineração, construção de rodovias e ferrovias e estradas florestais, implica necessariamente na execução de obras de drenagem, proteção superficial e contenção, de forma a garantir a sua estabilidade, retardando os processos erosivos e de movimentação de massa, tais como escorregamento, rastejo de solo e queda de blocos ou detritos. A geomorfologia de encostas pode auxiliar significativamente, onde os Modelos Digitais de Elevação (*Digital Elevation Models*), podem ser bastante úteis (PARSONS, 1988; FILHO et al., 1992).

A geomorfologia, em conjunto com a engenharia, geologia, pedologia, associada a outras ciências e ramos de conhecimento, como a biotecnologia, de acordo com GOUDIE e VILES (1997), podem produzir significativos benefícios para o ambiente, como o controle de processos de desertificação. Essas modificações têm causado a aceleração de processos erosivos e dos movimentos de massa, que a parceria com tais ciências podem auxiliar a resolver: na agricultura, com a redução a) do consumo de combustível; b) do uso de agroquímicos; e c) conseqüentemente, a redução da poluição dos corpos d'água e lençóis freáticos (nitratos e fosfatos - ver estudo de caso 4.4.1.). Também, com o aumento da produção de alimentos e a redução da necessidade da abertura de novas fronteiras agrícolas, haverá a redução da pressão sobre os ecossistemas naturais remanescentes.

O manejo adequado das encostas pode receber grande contribuição da geomorfologia, posto que vários fatores que produzem a instabilidade das encostas, são estudados por essa ciência. Por exemplo, a recuperação de voçorocas ou a contenção de encostas, pode ser feita por conhecimentos das características físicas de uma área (natureza dos materiais e dos processos que atuaram sobre estes), em substituição a grandes obras de engenharia. De acordo com ACRA (1984), as bacias de retenção que podem e devem ser

construídas ao longo dos canais de drenagem, taludes ou encostas recuperadas, além de favorecer o controle da erosão, retêm a água no terreno, aumentando o abastecimento dos lençóis subterrâneos.

#### 4.2.10. 1. Erosão: importância, necessidade de quantificação e prevenção

A erosão do solo pode ser a) natural/geológica; ou b) acelerada, como resultado de processos antrópicos. A primeira é causada por fenômenos naturais, que agem constantemente sobre a crosta terrestre, sendo independente da ação do homem, fazendo parte do processo de formação do solo. Entretanto, o uso do solo pelo homem, seja por meio da agricultura, pecuária ou outras atividades, representam fator decisivo de aceleração dos processos erosivos. A natureza consegue recompor anualmente, camadas de solo que podem variar entre 0,5 a 2,0 mm; entretanto, a intervenção humana provoca o desaparecimento, via erosão, de mais de 2,5 mm de solo por ano, traduzindo-se em perdas de produtividade e agravamento de problemas ambientais. A falta de critério na escolha da cultura ou na preparação do terreno têm causado sérios prejuízos (MARQUES, 2004). No Quadro 14 pode-se observar o efeito do uso do solo, influenciando no volume de perdas de solo por erosão.

QUADRO 14 - Efeito do tipo de uso do solo sobre as perdas por erosão (médias ponderadas para três tipos de solo do Estado de São Paulo)

Tipo de uso	Perdas	
	Solo (t/ha)	Água (% de chuva)
Mata	0,004	0,7
Pastagem	0,4	0,7
Cafezal	0,9	1,1
Algodão	26,6	7,2

Fonte: BERTONI e LOMBARDI NETO (1985).

Por este motivo, a erosão pode ser considerada uma parte do problema poluição, uma vez que ela carrega inúmeras substâncias e elementos químicos, dos agrotóxicos e dos fertilizantes e corretivos, adsorvidos à frações componentes do solo, como a argila, silte e matéria orgânica, além de sedimentos, depositando-os em outros locais, onde pode ocorrer uma concentração excessiva destes.

Em todas as atividades agropecuárias e florestais, principalmente naquelas de mecanização intensiva do plantio à colheita, ou de intensas pulverizações mecanizadas, promovem a degradação física, química e biológica do solo, interferindo, também, diretamente na quantidade e na qualidade da água produzida. Como principais alternativas de medidas mitigadoras e, ou, de recuperação, pode-se destacar:

- Empregar práticas de conservação de solo e água;
- Respeitar a legislação ambiental quanto à localização da cultura ou criação;
- Promover a racionalização do uso de agrotóxicos, fertilizantes e insumos agrícolas;

- Respeitar as matas ciliares mantidas por lei, manter corredores biológicos e usar faixas de vegetação nativa;
- Empregar práticas de manejo adequadas (plantio direto, cobertura do solo com restos de cultura, implantação de curvas de nível, plantio em contorno, rotação de culturas, uso de adubação verde e orgânica);
- Utilizar áreas de acordo com a capacidade de uso do solo;
- Formar pastagens melhoradas, no caso da bovinocultura; e
- Respeitar as características intrínsecas do solo, as condições climáticas e de relevo locais, as aptidões climáticas e ambientais.

A inobservância dessas medidas promoverá a origem de processos erosivos. A erosão tem conseqüências diversas, podendo ser destacadas a) o assoreamento dos corpos d'água; b) a contaminação da água do solo, quando o manejo inclui o uso de agrotóxicos; e c) a perda de nutrientes e corretivos que promovem a eutrofização de mananciais, potencializando os prejuízos ambientais e dos produtores.

Entretanto, esse problema tão sério persiste por toda a história da humanidade. No futuro, modelos baseados em processos (os modelos de erosão do solo são baseados em técnicas empíricas ou em processos) farão parceria com sistemas de informações geográficas para simular e prever a natureza dinâmica do distúrbio e a recuperação de superfícies. A vantagem dos modelos baseados em processo, é que estes descrevem a física do processo erosivo, podendo ser estendidos com maior segurança para locais sem medições (TOY e DANIELS, 1998).

No Brasil, as pesquisas para análise e quantificação dos sedimentos advindos da erosão, têm mostrado cenários e resultados preocupantes. O Estado de São Paulo, provavelmente o de maior desenvolvimento sócio-técnico-cultural, convive com uma perda anual de aproximadamente 194 milhões de toneladas de solo agrícola, sendo que 25% desse total, ou seja, 48,5 milhões t/ano, chegam aos mananciais em forma de sedimentos transportados, causando assoreamento e poluição (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990). Por este motivo, pode-se afirmar que a erosão do solo é o perigo ambiental mais preocupante da atualidade, implicando, principalmente, na degradação do solo e da água com diversos impactos socioambientais negativos. De acordo com CHAVES (1996), a realização de estudos qualitativa sobre erosão é válida para um zoneamento inicial para indicarem as áreas mais susceptíveis a esse fenômeno. Porém, caso estas perdas não sejam quantificadas, impossibilita uma análise mais aprofundada sobre o grau de degradação por erosão e o seu controle. Para esse mesmo autor, as análises puramente qualitativas não permitem comparações de diferentes cenários de planejamento conservacionista, e de áreas recuperadas, nem fornecem dados para estudos de sedimentação. Afirma ainda que existe necessidade de pesquisas que utilizem ferramentas que levem à quantificação da erosão, podendo ser obtida por meio de modelos preditivos.



#### 4.2.10.2. Métodos preditivos de erosão

Nos métodos fundamentados na coleta objetiva de dados, como a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) e RUSLE, que é a USLE “Revisada”, os fatores que influenciam a erosão do solo são medidos e então descritos por uma equação matemática, capaz de representar os dados experimentais de forma aceitável; ou seja, são modelos de simulação. Porém, esses modelos empíricos, que se apóiam exclusivamente na experiência e na observação, requerem medições prévias dos locais de interesse ou locais similares, limitando tanto em termos de custos e de tempo, como também pela imprevisibilidade da natureza. Era o caso da USLE, que não incorpora o processo de voçorocas, subestimando as perdas de solo por esse modelo (de acordo com CHAVES (1994), em um estudo de erosão no Vale do São Francisco, onde a USLE depois de adaptações nos fatores topográficos foi acoplada a um sistema de informações geográficas para a predição da perda de solo em nível regional, apresentou resultados compatíveis com os dados sedimentométricos de rios da região). Entretanto, a ausência de dados adequados para o desenvolvimento de relações e para a estimativa de parâmetros, tem dificultado a passagem dos modelos empíricos aos baseados em processos (ELLIOT et al., 1997; TOY e DANIELS, 1998).

Segundo CHAVES (1992; 1996), os requerimentos necessários para a utilização desses modelos dependiam de diversos fatores, tais como: a) facilidade de uso; b) velocidade aceitável de processamento; c) aplicabilidade a diferentes condições; e d) robustez e precisão, os quais foram alcançados recentemente, pela disponibilidade de computadores mais eficientes e desenvolvimento de programas ambiciosos de modelagem, destacando o projeto WEPP (Water Erosion Prediction Project). Com o objetivo de substituir a USLE em médio prazo nos Estados Unidos, o modelo WEPP foi o resultado de um esforço multidisciplinar, envolvendo pesquisadores de várias agências e universidades americanas. Esse modelo se baseia nos fundamentos das teorias de infiltração, física do solo, fitotecnia, hidráulica e mecânica da erosão, proporcionando várias vantagens sobre outras tecnologias de previsão de erosão, tais como: a) a capacidade de estimar as distribuições espacial e temporal da perda de solo e deposição; b) perda de solo líquida na vertente ou em cada ponto dela, na opção evento a evento, diário, mensal ou anual; e c) processos considerados pelo modelo incluem a geração estocástica de precipitação, o escoamento superficial, a evapotranspiração, a percolação, o crescimento de plantas, a decomposição de restos culturais, entre outros. Este modelo não só prediz taxas de erosão do solo, como também a liberação de sedimentos. No Brasil, a calibração dos parâmetros de erodibilidade do modelo foi iniciada recentemente, por meio de experimentos em parcelas de erosão em sulcos. Entretanto, de acordo com este mesmo autor, existe a necessidade de maiores estudos com relação à calibração desses parâmetros e a determinação dos valores das variáveis do modelo, inclusive com relação a sua distribuição espacial, em função dos erros a eles associados, que afetam principalmente os valores mais baixos de perda de solo, como em locais de menores declividades.

Um estudo realizado por MACHADO et al. (2003) em povoamento de *Pinus caribaea* e *Pinus oocarpa*, com quatro anos de idade, tinha por objetivo testar o modelo WEPP por meio de comparações entre volume de enxurrada e perda de solo observados experimentalmente, provenientes dos segmentos de estradas florestais submetidos à chuva natural (com inclinações de 1 a 7% e comprimento de rampa de 20 a 40 m) e aqueles preditos pelo aplicativo. Este trabalho visava o desenvolvimento de um modelo brasileiro de predição de erosão em estradas florestais. De acordo com esses mesmos autores, as análises permitiram fazer as seguintes conclusões: a) na validação do modelo WEPP, os valores preditos de volume de enxurrada comportaram-se de forma aceitável, apesar da diferença média de 166,58% superiores aos dados observados; b) na declividade de 1%, os valores observados de peso do solo, apresentaram variação superior de 1125,09% (segmento de estrada com 20 m de comprimento de rampa); e 724,41% (no segmento com 40 m de comprimento), em relação aos valores preditos pelo modelo WEPP. Para esses mesmos autores, concordando com CHAVES (1992; 1996), nas menores declividades o modelo comporta-se de forma não satisfatória, subestimando as perdas; c) os valores de peso do solo preditos pelo modelo WEPP na declividade de 7%, também confirmando as observações de CHAVES (1992; 1996), apresentaram variação superior de 6,73% no segmento de estrada com 20 m de comprimento e 120,25% no segmento com 40 m de comprimento, em relação aos valores observados; e d) concluindo, afirmam que o modelo brasileiro de predição de erosão pela água (WEPP - Brasil), “não se encontra devidamente calibrado para as nossas condições”.

Por estas questões, considerando a grande preocupação com processos de erosão, diversas áreas de estudo têm intensificado pesquisas neste campo, como a hidrologia de encostas. Esta, tem dedicado um grande número de pesquisas relativas a esse problema, tendo ocorrido um significativo progresso nessa área, como nos Estados Unidos, desde 1930. A pesquisa enfocou os fatores ambientais que afetam as taxas dos processos e as práticas que controlam a erosão, como a influência topográfica. Nestes estudos, têm sido considerados o comprimento (medida entre o topo do interflúvio e o fundo do vale) e o gradiente (declividade, que é expressa em graus ou em porcentagem) da encosta, e para a sua menor extensão, formas de encostas ao longo do perfil, do topo ao fundo do vale. Entretanto, ainda carece de estudos o efeito da geometria tridimensional (produzida por intemperismo ou erosão) da encosta, em processos hidrológicos de erosão (TOY e DANIELS, 1998). Para GUERRA (2003), os relacionamentos entre Geomorfologia e a Engenharia “são muito importantes nesse contexto, porque os engenheiros têm uma longa tradição de aplicação de conhecimentos técnicos relevantes para as encostas”. Na sua opinião, falta ainda o desenvolvimento de trabalhos em conjunto entre estes especialistas, em particular, pelo conhecimento dos processos de evolução das encostas que os geomorfólogos vêm estudando há várias décadas. Caso houvesse, poderia resultar em melhores perspectivas para a estabilidade das encostas artificiais, em especial pelas abordagens distintas dos geomorfólogos e dos engenheiros nesse tema de grande importância para a sociedade.

Nesse contexto, o ideal seria o desenvolvimento de uma metodologia de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), com a participação de profissionais das diversas áreas de conhecimento, que proporcionasse uma visão antecipada de todos os impactos ambientais advindos da implantação de um determinado projeto, fornecendo propostas para a mitigação dos impactos negativos ou a potencialização dos impactos positivos. Um trabalho realizado por FERNANDES (1997) teve essa questão por objetivo. Nele, foi desenvolvida uma metodologia de AIA das atividades agrícolas sobre o solo, com ênfase para erosão. Utilizaram técnicas de Sistemas de Informações Geográficas, Sistemas Especialistas (programas que surgiram com o avanço das técnicas de Inteligência Artificial - área de estudo da Ciência da Computação - que simulam o comportamento de especialistas humanos, na resolução de difíceis problemas de áreas específicas) e Modelagem Matemática de forma integrada. “O sistema desenvolvido, denominado EROSYS, é um sistema inteligente de apoio à decisão que promove a avaliação da aptidão agrícola das terras, avalia quantitativamente a perda de solo, ocasionada pela erosão, utilizando a USLE, e estima a perda de fertilizantes na área, em termos de quantidade e valor monetário”. De acordo com esta mesma autora, o teste de validação do sistema especialista mostrou que houve um índice de aproximadamente 75% de concordância entre as avaliações efetuadas por especialistas consultados e o sistema. A partir do mapa de erosão, o sistema permite identificar as áreas que apresentam perda de solo acentuada e identifica, por meio de cenários alternativos, as práticas conservacionistas que poderão ser adotadas para a mitigação dos impactos ambientais da erosão. Essas informações e a estimativa de nutrientes na área são repassadas ao usuário na forma de um Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Nos procedimentos de recuperação ambiental, esse sistema permite uma visão global da área recuperada, identificando áreas de uso conflitante com a aptidão dos solos e áreas com taxas de erosão acima do limite considerado tolerável, podendo inclusive, para esta mesma autora, tornar-se um importante instrumento de suporte ao planejamento do manejo e monitoramento de bacias hidrográficas.

Nas regiões de relevo acidentado, a degradação de pastagens está diretamente associada aos processos erosivos, constituindo atualmente um dos mais sérios problemas ambientais. Interferem diretamente, de forma negativa, nos aspectos físicos e sócio-econômicos locais, conduzindo produtores à pauperização. Essas áreas degradadas, na maioria das vezes, são abandonadas, permanecendo como foco constante de impactos ambientais. Prejudicam drasticamente o abastecimento dos lençóis subterrâneos, provocando a redução na vazão das nascentes.

#### **4.2.11. Recuperação de pastagens em área de relevo acidentado**

O primeiro passo para a recuperação de pastagens consiste em fazer a avaliação do seu estágio de degradação e as origens desse processo. Entretanto, os sinais de seu depauperamento muitas vezes não são identificados visualmente, sendo difícil observar qual a

primeira causa de sua degradação, como discutido no Estudo de Caso 4.1.5.5. (2) Degradação nas pastagens da Zona da Mata Mineira.

Sabe-se que a queda na produção de massa verde é a principal causa da redução na produtividade (kg de produto animal/área), implicando na redução da renda do produtor. O superpastejo parece ser a principal causa da degradação das pastagens, uma vez que impede a ciclagem dos nutrientes acumulados no resíduo vegetal (TORRES, 1983). Este fato se deve ao manejo inadequado dos animais sobre as pastagens onde são colocadas quantidades de unidades/animal (UA/ha) acima da capacidade de suporte ou de suprimento de forragens pelas pastagens. A capacidade de suporte das pastagens da Zona da Mata de Minas Gerais, segundo a EMATER-MG, está em torno de 0,4 UA/ha, enquanto uma pastagem bem formada e manejada de *Brachiaria brizantha* poderia alcançar 4,0 UA/ha (EMATER, 2003a).

Segundo NASCIMENTO JÚNIOR et al. (1994), estabelecer critérios de degradação das pastagens cultivadas é tarefa bastante difícil, tendo em vista a diversidade das espécies com relação a suas características morfológicas e dos ecossistemas em que são cultivadas. No entanto, alguns estádios de degradação podem ser facilmente identificados e são característicos da maioria das pastagens degradadas: a) distúrbio fisiológico da espécie dominante; b) mudança na composição botânica; e c) invasão por novas espécies. Esses três primeiros estádios são marcados pela redução na qualidade e na quantidade de pasto. Em um estádio mais avançado pode ocorrer o quase desaparecimento da espécie dominante e, posteriormente, o desaparecimento das invasoras, com o comprometimento das condições de estabilidade do solo.

Alguns outros fatores são pouco perceptíveis, como a morte da fauna do solo e o início da sua compactação. Entretanto, com o processo de degradação das pastagens, a produção de forragem diminui, observando-se a redução na qualidade e quantidade de forragem, mesmo nas épocas favoráveis ao seu crescimento, assim como a frequência de plantas invasoras, densidade de plantas forrageiras e do percentual de cobertura de solo pelas plantas desejáveis, sendo que estes parâmetros podem ser utilizados para avaliação e escolha do método adequado de recuperação, reforma ou da renovação das pastagens.

A baixa disponibilidade de fósforo, por exemplo, tem sido identificada como a principal razão para a instabilidade das pastagens cultivadas na Amazônia (COSTA et al., 1989). O alto requerimento deste nutriente pelas gramíneas cultivadas, associadas às perdas a) pela erosão; b) exportada pela produção de carne e leite; e c) pela competição que plantas invasoras exercem, resulta na queda de produtividade e a conseqüente degradação das pastagens (COSTA et al., 1997). Por outro lado, solos que geralmente se apresentam com aparência de compactados, possuem baixos teores de matéria orgânica. Deste modo, se houver um suprimento adequado de nitrogênio para as pastagens, provavelmente, não ocorrerá a limitação de fósforo (P), em razão da acumulação deste nutriente na fitomassa, por meio de sua reciclagem (SPAIN e SALINAS, 1984; SPAIN et al., 1989). Em recentes trabalhos desenvolvidos na EMBRAPA-RO, TOWNSEND et al. (2001) avaliando nutrientes limitantes em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, observaram uma menor resposta na

recuperação de pastagens, quando não se utilizou fertilizantes nitrogenados comparados à utilização de P e potássio (K), como elemento limitante da produção de matéria seca.

NOVAIS e SMITH (1999) observam que, se por um lado o P inorgânico do solo é limitante, esta condição faz com que as plantas sejam adaptadas a obterem fósforo das formas orgânicas. Assim, a mineralização lenta da fase orgânica (mantendo o P orgânico mais constante) é garantia de suprimento mais gradual, como um “fertilizante de liberação lenta” de P e de outros nutrientes para um satisfatório crescimento das plantas, como nessas condições, as pastagens. Geralmente, pode ser observado em pastagens, que os teores de nutrientes na camada superficial são maiores que em profundidades onde o crescimento radicular é limitado pelos níveis extremamente baixos de nutrientes. Portanto, a deposição gradual de biomassa da própria gramínea parece contribuir para o enriquecimento da camada superficial do solo, garantindo seu crescimento.

A deficiência de N é uma das principais causas de degradação de pastagens cultivadas de gramíneas. Mesmo pastagens formadas em solos férteis, o N contido no resíduo vegetal da pastagem tende a ser imobilizado por ação dos microrganismos do solo, não ficando, portanto, disponível para as plantas forrageiras. Como agravante deste quadro, o fato do produtor não considerar o pasto como uma cultura, que precisa ser adubada para produzir bem e repor ao solo os nutrientes retirados pela colheita (COSTA et al., 1997).

NOVAIS e SMITH (1999), observam que a perda do horizonte orgânico que tornam os solos tropicais tão produtivos deverá transformar um sistema auto-sustentável em outro altamente dependente de fertilizações maciças, particularmente de P, para manter-se produtivo como nos padrões anteriores. De acordo com BORGES (2004), o processo degenerativo das pastagens do Cerrado é ininterrupto, como pode ser observado no Quadro 15, não havendo a possibilidade de recuperação natural, sendo necessária a intervenção do homem.

QUADRO 15 - Perdas de nutrientes que podem ocorrer anualmente em uma pastagem

Discriminação	Nutrientes (%)		
	N	P	K
Retido no corpo animal	9	10	1
Acúmulo no malhador	11	12	13
Erosão superficial	3	15	3
Volatilização	15	0	0
Fixação em argila e matéria orgânica	0	19	0
Lixiviação	5	0	0

Fonte: EMBRAPA Gado de Corte (2001) em BORGES (2004).

Segundo OLIVEIRA et al. (1996), as alternativas tecnológicas desenvolvidas para o restabelecimento da capacidade produtiva das pastagens passam, em sua grande maioria, pela correção e fertilização do solo, associado à sua movimentação com implementos agrícolas, operações que são bastante dificultadas em regiões como a Zona da Mata Mineira, devido ao relevo muito acidentado.

Na recuperação de pastagens, deve-se considerar inicialmente, a importância das árvores para a reposição da matéria orgânica. Espécies arbóreas que produzem um grande volume de serapilheira, como as leguminosas fixadoras de N, devem ser as preferidas para programas de recuperação de pastagens degradadas e para a implantação de sistemas silvipastoris ou agrissilvipastoris (ver sub-capítulo 4.4.3.8.1. Sistemas silvipastoris: recuperação, seqüestro de carbono e o clima). Isso porque fornecem um material formador de serapilheira rico em N. A importância da conservação e da adição da matéria orgânica está na sua contribuição para a melhoria das características químicas do solo, principalmente pela adição de C, N e P, e das propriedades físicas (agregação e retenção de água), além do seu papel como substrato para os microorganismos e da sua importância no seqüestro de C. Particularmente, em regiões onde a manta orgânica e a matéria orgânica representam a maior entrada da parte aérea da vegetação para o solo, é fundamental a manutenção da cobertura vegetal. Tratando-se da disponibilidade de nutrientes para as plantas, a) os resíduos da manta e das raízes; b) os produtos de sua decomposição parcial; e c) a biomassa do solo, representa os componentes mais ativos da matéria orgânica e exercem papel importante na ciclagem de nutrientes (RUIVO, 1998).

BELLINAZZI JÚNIOR e BERTOLINI (1991), relacionaram as categorias do sistema de classificação quanto à capacidade de uso da terra, sendo desta foram hierarquizadas:

- Grupos de capacidade de uso: baseados nos tipos e na intensidade de uso das terras;
- Classes de capacidade de uso: baseadas no grau de limitação deste uso;
- Subclasses de capacidade de uso: estabelecidas com base na natureza da limitação de uso;
- Unidade de capacidade de uso: baseadas em condições específicas que afetam o uso ou manejo da terra.

Segundo estes mesmos autores, as classes de capacidade de uso consistem em agrupamento de terras com limitações de uso e, ou, riscos de degradação do solo em grau semelhante. São oito classes, convencionalmente designadas por algarismos romanos, em que a intensidade de uso é decrescente no sentido I - VIII:

#### ➤ **Terras cultiváveis**

Classe I - terras cultiváveis, aparentemente sem problemas especiais de conservação;

Classe II - terras cultiváveis com problemas simples de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos;

Classe III - terras cultiváveis com problemas complexos de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos;

Classe IV - terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação;

➤ **Terras impróprias para lavouras, mas ainda apropriadas para pastejo e, ou, reflorestamento**

Classe V - terras aptas, em geral, às pastagens e, em alguns casos ao reflorestamento, sem necessidade de práticas especiais de conservação. São cultiváveis apenas em casos muito especiais (refere-se aos solos de drenagem ou de pedregosidade ou de adversidade climática muito problemática para permitir cultivo);

Classe VI - terras aptas, em geral, às pastagens e, ou, ao reflorestamento, com problemas simples de conservação. São cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo;

Classe VII - terras aptas, em geral, somente para pastagens ou reflorestamento, com problemas complexos de conservação;

➤ **Terras impróprias à lavoura, pastejo e silvicultura, porém apropriadas para a proteção da flora, da fauna, recreação ou armazenamento da água**

Classe VIII - terras impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, mas úteis para o abrigo e proteção da fauna e conservação da flora silvestre, como ambiente para recreação ou para fins de armazenamento de água.

Para caracterizar a área, de tal forma a explicitar as práticas ou grupo de práticas conservacionistas, adiciona-se à classe os indicativos das limitações, como pode ser verificado no Quadro 16, além daquelas possíveis de ser evidenciadas pelas características de textura, profundidade, permeabilidade, declividade e erosão.

QUADRO 16 - Indicativos de limitações

Pd - pedregosidade	Di - distrofismo
i - inundação	Al - caráter álico
Ab - abrupto	Ct - baixa retenção de cátions
Ve - vértico	Ti - tiomorfismo
hi - hidromorfismo	So - sodificação
Se - seca prolongada	Sl - salinização
Gd - geada ou vento frio	Ca - carbonatos

Fonte: RESENDE et al., 2002.

De acordo com GALETI (1985), o Sistema Brasileiro de Capacidade de Uso do Solo enquadra os solos em 3 grupos (A, B e C) e 8 classes (I, II, III, IV, V, VI, VII e VIII), baseando-se em características como profundidade efetiva, permeabilidade, textura, declividade, erosão, pedregosidade, risco de inundação e uso atual, entre outras. Os grupos são definidos de acordo com o uso a ser dado, ou seja, o manejo do solo de acordo com a sua capacidade de suporte. As classes indicam o uso e as tecnologias de conservação do solo a serem usados. Por exemplo, nas pastagens da Zona da Mata Mineira, devido à sua predominância em áreas de topografia acidentada, estas se enquadrariam nas classes VI, VII e VIII, de acordo com o Sistema Brasileiro de Capacidade de Uso do Solo, apresentando as seguintes características:

- As áreas de pastagens enquadradas na classe VI apresentam declividade acentuada (até 40%). Exigem práticas especiais de conservação do solo, tais como: plantio sem preparo ou com preparo reduzido do solo, subdivisão e manejo de pastagem e adubações e calagens corretivas;
- A classe VII, que engloba terras com declividade superior a 40%, pode apresentar erosibilidade intensa. Nessas condições, deve-se evitar o preparo do solo, subdividir as pastagens e controlar o pastejo, evitar as queimadas e disciplinar as explorações florestais;
- A classe VIII compreende terras com limitações permanentes e definitivas. São terras acidentadas, pedregosas e estéreis. Nessas condições, não é permitido o uso agropecuário econômico. Só recomendada para a preservação da flora e fauna, para recreação, turismo e armazenamento d'água.

Como principais métodos para a recuperação de pastagens em áreas de relevo acidentado, podem ser citados (GALETI, 1985; CARVALHO E ALVIM, 2000):

- Ajustamento da gleba à capacidade de uso;
- Subdivisão da pastagem e pastejo controlado - deve-se considerar: a) o volume de animais, que dá a carga/peso ou a intensidade do pastejo (e do pisoteio); b) o tempo de repouso necessário para que as forrageiras se restabeleçam (considerar as várias épocas do ano) - normalmente em torno de 30 dias; c) o tempo de ocupação de cada parcela - de acordo com a espécie a ser pastejada, com ocupação variando de 4 a 6 dias; d) o número de parcelas; e e) a área de cada parcela. Não só existe a necessidade, como deve haver um balanço adequado entre a produção forrageira e a demanda, não devendo ocorrer excesso ou falta de suprimento de forragem. Devem ser observados alguns fatores que afetam esse equilíbrio, como pode ser observado na Figura 13.

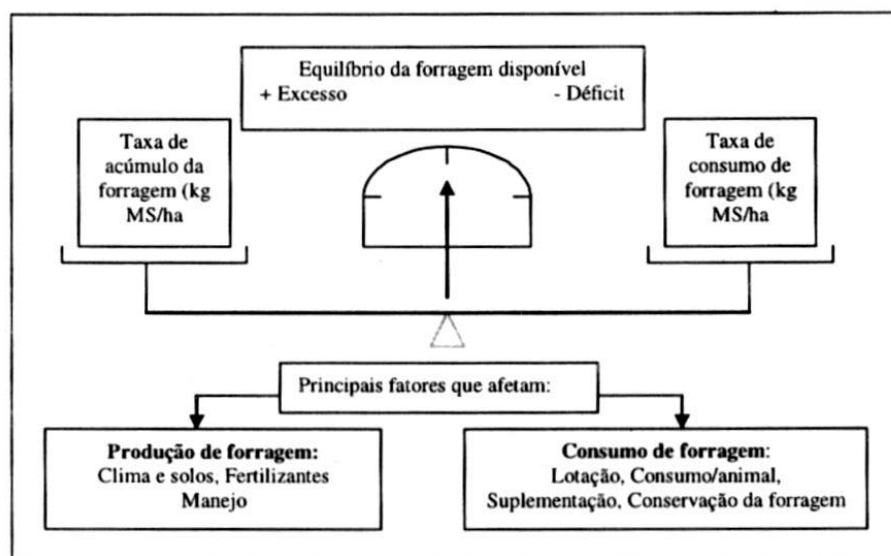


FIGURA 13 - Balanço entre produção e consumo da forrageira. Fonte: Holmes (1999), adaptado por PEREIRA (2004).



- Preparo do solo e plantio em nível – deve ser realizado um bom preparo do solo nas faixas. O CNPGL/EMBRAPA - Coronel Pacheco, recomenda: a) que o plantio seja feito em faixas alternadas, num período de dois ou três anos, particularmente em áreas mais acidentadas, para evitar perdas de solo por erosão; b) plantio feito em época adequada; c) uso de sementes de boa qualidade; d) adubação mineral de acordo com análise de solo; e e) compactação ou incorporação das sementes, após semeadura à lanço;
- Renovação da pastagem com escolha das espécies mais adaptáveis às condições edafoclimáticas locais - utilizar gramíneas e leguminosas, tais como: calopogônio (*Calopogonium muconoides*); guandu (*Cajanus cajan* (L.) Huth); leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit); crotalária (*Crotalaria spectabilis*); e puerária (*Pueraria phaseoloides*). O CNPGL/EMBRAPA recomenda as seguintes leguminosas para consorciação mais indicadas para as condições da Zona da Mata Mineira: *Cratylia argentea*, *Cajanus cajan* e *Leucaena leucocephala*;
- Controle do fogo;
- Adubação e correção - o volume a ser utilizado dependerá dos resultados da análise do solo. Entretanto, de acordo com SOARES et al. (2003), em um experimento realizado pela EMBRAPA-RO, para a correção da acidez do solo, foi aplicado calcário dolomítico (PRNT 70%), visando elevar a saturação de bases para 40%, enquanto que o nível de adubação utilizado foi de 50 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha (superfosfato triplo); 60 kg de K<sub>2</sub>O/ha (cloreto de potássio parcelados em duas aplicações durante a estação chuvosa) e 100 kg de N/ha (uréia, parcelada em três aplicações durante a estação chuvosa). Nas áreas onde não foram utilizados métodos de preparo de solo, os corretivos e adubos foram distribuídos a lanço por cobertura, tendo apresentado resultado satisfatório;
- Técnicas eventuais - tratam-se, porém, em sua grande maioria, de técnicas não recomendáveis para as situações das classes VI, VII e VIII, conforme apresentado pelo Sistema Brasileiro de Capacidade de Uso do Solo. Como exemplos de técnicas eventuais: construção de terraços, subsolagem, escarificação e gradeamento ocasional. Recentemente, começaram a surgir práticas com grande potencial para uso em áreas de relevo acidentado, como os sistemas agroflorestais (SAF's). O sistema agrissilvipastoril é uma excelente forma de exploração e proteção de áreas agrícolas e de pastagens degradadas. Entretanto, deve-se avaliar os desenhos e combinações que serão adotados e se estão ao alcance da propriedade onde o sistema será implantado. Há que se considerar, entretanto, que tais técnicas são ainda pouco difundidas em algumas regiões, necessitando de maiores estudos para a sua utilização em larga escala (ver Estudo de Caso 4.4.3. Os sistemas agroflorestais e a recuperação ambiental como externalidade benéfica);
- Plantio direto - de acordo com SÉGUY et al. (2004), a gestão dos ecossistemas cultivados em plantio direto sobre cobertura permanente do solo proporciona a conversão de um ciclo de degradação acelerada dos solos, em razão de técnicas de preparo inadequadas, para um ciclo de reconstrução de sua fertilidade. Para SANTOS (2004), a recuperação de pastagens adotando o sistema de plantio direto, usando o consórcio de gramínea com

sorgo de pastejo e o guandu super N, vários são os benefícios que se tem alcançado. Uma melhoria significativa dos teores de fertilidade do solo, principalmente P e N, significando uma redução significativa nos custos de implantação e nos impactos ambientais, pela redução do uso de adubos nitrogenados, como pode ser observado no Quadro 17.

QUADRO 17 - Quantidade de N fixada pelo guandu em pastagens (Kg/ha/ano)

Quantidade fixada de N pelo guandu (Kg/ha/ano)	Correspondente em sulfato de amônia (21%) em Kg	Custo do sulfato de amônia (R\$/t)	Ganho em R\$ com guandu super N
150	714	R\$400,00	R\$285,60

Fonte: Herling e Cerqueira Luz (2001) em SANTOS (2004).

De acordo com este mesmo autor, considerando os aspectos econômicos, os custos médios e retorno esperado no primeiro ano para uma pastagem reformada com sistema de preparo de solo convencional, apresentou uma receita líquida negativa de R\$216,00. Entretanto, uma outra recuperada com sistema de plantio direto, apresentou uma receita líquida positiva de R\$887,00. Isto se deve, principalmente, por ser possível obter lotações bem acima das médias observadas na condição convencional. Também, afirma que no sistema de plantio direto combinado com o sorgo de pastejo e o guandu super N, a entrada do rebanho é antecipada para 30 dias após o plantio, contra 60 a 90 dias com o plantio convencional, com ganhos de peso bastante superiores, aumentando a lucratividade da propriedade.

- Sistemas integrados - há que se considerar, como uma das opções bastante promissoras, nos locais onde existe condições favoráveis à produção de grãos, a recuperação e a renovação de pastagens por meio da integração agricultura-pecuária, é uma grande opção. Este fato justifica-se posto tratem-se de atividades complementares. Por este motivo, o sistema integrado passa a ser uma alternativa para aumentar a produtividade e o retorno econômico da agricultura e da pecuária, aumentando a produção de carne e grãos, reduzindo os custos da renovação das pastagens, gerando emprego e renda, e recuperando as áreas de pastagens degradadas, com sustentabilidade.

#### 4.2.12. Recuperação e conservação de nascentes

As pastagens degradadas interferem diretamente na quantidade e na qualidade da água dos mananciais e dos cursos d'água. Considerando os cursos d'água perenes sendo os de maior importância para o desenvolvimento das atividades humanas, quaisquer que sejam suas dimensões, têm origem em nascentes existentes em suas cabeceiras ou mesmo ao longo do seu leito. Nascentes são manifestações superficiais de aquíferos subterrâneos, mais comumente conhecidos por lençóis subterrâneos, tanto freáticos (camada impermeável presente só na base) quanto artesianos ou confinados (água localizada entre duas camadas impermeáveis). Apresentam descarga de água em terra, diretamente em rio ou mar, com a obrigação de provocar um fluxo de água bem perceptível. Quando não apresentam fluxo nessa

condição, formando pequenos poços ou lagos, são chamadas “minas d’água” (CURSO CMCN, 2002; VALENTE e GOMES, 2002).

Quanto à origem, as nascentes podem ser: a) de fundo de vale (brejo) ou olho d’água - proveniente de aquífero freático, aflorando à superfície em situações de depressão do terreno, geralmente perenes e com menor vazão; b) eluvional ou de encosta - provenientes de aquíferos de empoleirados, tendo fluxo temporário (mina d’água, que não apresenta escoamento) ou perene. Nesse último caso, a camada impermeável encontra-se em maior profundidade e com maior área para armazenamento; c) anticlinal ou de contato - ocorrem quando o lençol artesianos se manifesta à superfície, em virtude de falhas geológicas nas ondulações convexas, apresentando grande volume de água; e d) voclusiana ou torrencial (rio subterrâneo) - nas encostas convexas, por apresentarem baixa profundidade do solo, facilitam o afloramento da água subterrânea. “A água tende a se concentrar nas partes mais baixas das vertentes retas e convexas, mas afloram à superfície, geralmente abaixo da parte mediana e mais íngreme das encostas côncavas” (LINSLEY e FRANZINI, 1975; CASTRO, 2002).

As nascentes, que definem os cursos d’água, podem ser classificadas de acordo com a persistência de seus fluxos, em: a) perene - flui água durante todo o ano; b) intermitente - flui água corrente apenas em épocas de chuva; c) efêmeras ou temporárias - aquelas que só aparecem após fortes chuvas, sinalizando que os lençóis não estão sendo convenientemente abastecidos durante o período chuvoso, armazenando água em quantidades insuficientes para manterem as nascentes ao longo do ano - mais freqüentes em regiões áridas e semi-áridas (CURSO CMCN, 2002; VALENTE e GOMES, 2002).

Cabe ressaltar, que a água de chuva que chega à superfície da bacia, pode tomar dois caminhos principais, em termos quantitativos: a) para o lençol - penetrando no solo (infiltração), terá condições de abastecer suficientemente a nascente, mantendo maior regularidade da vazão; ou b) formar enxurradas - nesse caminho, escoando pela superfície, tem-se córregos e rios com cheias rápidas, com a possibilidade de promover catástrofes e, provavelmente, fica-se sem água no período seco. Para favorecer a infiltração, existem duas medidas importantes: a) permitir que a superfície permaneça constantemente permeável, podendo ser conseguido por meio de boa cobertura vegetal, garantindo bom teor de matéria orgânica; e b) criar obstáculos que reduzam a velocidade do escoamento superficial (VALENTE et al., 2002).

O ciclo hidrológico pode ser descrito “como um fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre (continentes e oceanos) e a atmosfera” (SILVA, 2002). A nascente é o resultado de um processo hidrológico que culmina na manifestação superficial do lençol. Ligando os componentes hidrológicos, considerando que os caminhos percorridos pela água seguem basicamente quatro etapas (precipitação; escoamentos subterrâneos, superficiais e sub-superficiais; evapotranspiração e armazenamento), pode-se escrever as seguintes equações básicas da Conservação de Nascentes (VALENTE e GOMES, 2002):

$$F = P - ES - EVD \quad (\text{Eq.1})$$

$$AL = F - T - ESs \quad (\text{Eq.2})$$

$$EP = EVD + T \quad (\text{Eq.3})$$

Em que:

F = quantidade de água infiltrada;

P = quantidade de água precipitada (chuva);

ES = escoamento superficial (enxurrada);

EVD = evaporação direta de água de chuva retida em superfícies diversas no ambiente;

AL = quantidade de água que chega ao lençol;

T = quantidade de água transpirada pelas plantas;

ESs = água escoada sub-superficialmente;

EP = quantidade de água evapotranspirada.

Há que se considerar: a) a vazão da nascente depende da disponibilidade de água do lençol; e b) a água do lençol é proveniente da parte da chuva que infiltrou ao longo do perfil do solo, depositando-se sobre ou entre camadas impermeáveis. Portanto, para aumentar a vazão das nascentes, necessariamente o lençol deve ser bem abastecido, o que significa ter valores altos para AL. A Eq. 2 mostra que o aumento de AL depende do aumento de F e redução de T e ESs. É possível diminuir T por meio do uso adequado da cobertura vegetal da bacia; entretanto, serão pouco eficazes as tentativas de diminuir o valor de ESs. A melhor opção, é o aumento de F, por meio de técnicas adequadas de uso do solo e de tratamento da superfície. O aumento de F, por sua vez, está regulado pela Eq. 1, onde os valores de P e EVD são, para os hidrologistas de nascentes, verdadeiras constantes climáticas. Tecnicamente, não se consegue alterar precipitações e a quantidade de energia presente no ambiente que são, respectivamente, as responsáveis pelas quantidades P e EVD. Portanto, para aumentar F, tem-se que diminuir ES (enxurrada). Todo e qualquer trabalho que se faça na superfície para reter a água, evitando ou dificultando a formação de enxurradas, irá permitir maiores valores de F, produzindo lençóis com maior volume de água (VALENTE et al., 2002).

Dessa forma, o aumento de AL depende essencialmente do aumento de F e da redução de T, pensando na bacia em sua totalidade. Como T aparece quase sempre associado com EVD, que é uma verdadeira constante, pode-se falar, como usualmente acontece na literatura, em diminuição de EP (evapotranspiração), o que acaba sendo a diminuição de T (conforme pode ser visto na Eq. 3). Deve-se esclarecer, que nem toda a água infiltrada será direcionada ao lençol, posto que parte dela fica retida na região de umidade do solo, logo abaixo da superfície, necessária para colocar o solo na capacidade de campo, voltando à

atmosfera por evapotranspiração. A planta, ao retirar água dessa camada, cria a chamada deficiência de umidade natural, que deverá ser repostada pela próxima água infiltrada, antes que ela continue a descer no perfil do solo até o lençol. Portanto, quanto menor for a deficiência de umidade natural do solo, quando chover, a infiltração até o lençol será maior: daí a importância do uso adequado da vegetação em locais diversos da bacia, particularmente na bacia de cabeceira (*ibidem*).

Só um bom conhecimento hidrológico da bacia, entretanto, será capaz de orientar adequadamente as atividades necessárias e suficientes para o aumento de F e a diminuição de EP, pois tais atividades devem ser usadas na medida certa e nos lugares onde irão influenciar diretamente com resultados nas vazões das nascentes e, conseqüentemente, nas vazões dos vários cursos d'água que alimentam os córregos e rios (*ibidem*).

Outra importância fundamental do bom abastecimento do lençol, além do aumento na quantidade de água fornecida pela nascente, é a sua distribuição ao longo do ano. Bacias com altos valores de escoamento superficial produzem vazões altas em seus cursos d'água durante a estação chuvosa e baixos valores nas estações secas. Isto porque, nas estações secas, as vazões são originadas apenas das nascentes, os chamados fluxos de base, provenientes dos lençóis subterrâneos. Na época de chuva, as vazões são formadas pelo somatório dos fluxos de base e dos fluxos superficiais (enxurradas) (CURSO CMCN, 2002).

O lençol é, portanto, um fantástico reservatório subterrâneo capaz de regularizar vazões de cursos d'água por meio de sua bacia de captação. Usar tal capacidade é mais inteligente que construir reservatórios superficiais (barragens) para armazenar água (VALENTE et al., 2002).

#### ➤ **Técnicas de conservação e recuperação de nascentes**

Podem ser divididas, de acordo com (OSAKY, 1994): a) naquelas aplicáveis à região responsável pela formação do lençol que as abastece (bacia de cabeceira) ; e b) daquelas referentes às nascente propriamente ditas.

• **Na Bacia** - são utilizadas práticas conservacionistas que favoreçam a infiltração de água no solo. Para tanto, dois fatores são importantes: 1) a superfície deve estar bem permeável; e 2) existirem obstáculos que reduzam a velocidade da enxurrada. As práticas utilizadas podem ser classificadas em três métodos:

- a) Vegetativos - quanto mais densa for a vegetação, proporcionará maior dificuldade ao escoamento superficial. Também, em função do aumento do teor de matéria orgânica, melhora a porosidade do solo permitindo maior infiltração. Exigem que as plantações sejam feitas em nível. Como exemplos de práticas vegetativas: reflorestamento, pastagem, plantio de cobertura, cultivo em faixas, cordões de vegetação permanente e capinas alternadas;
- b) Mecânicos (terraceamento) – os terraços, de base larga (4 m ou mais) ou estreita, também conhecido por “cordão de contorno” (0,90 a 1 m), devem ser construídos em nível ou com

um pequeno declive ao longo da encosta, com profundidade em torno de 0,50 m, cujo espaçamento entre eles, pode ser determinado conforme o Quadro 18. Deve-se evitar pontos de concentração do escoamento em um único local, posto que favorecerá a origem de processos erosivos, inclusive com formação de voçorocas.

QUADRO 18 - Espaçamento entre terraços de acordo com a declividade

Declividade (%)	Espaçamento (metros)
2	120
4-6	90
8	60
10	30
12	24
14-24	18

Fonte: BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990.

Para a recuperação de nascentes, os terraços de base estreita são mais indicados, por revolverem menos o solo. Deve ser feito, preferencialmente, por meio de tração animal. Nos terraços, a parte cortada do solo é chamada de canal e a parte aterrada de camalhão; e

c) Vegetativos-mecânicos - é uma combinação dos métodos anteriores, usado em situações específicas para aumentar a sua eficiência, como: 1) a de terraços em pastagens em áreas de relevo acidentado (melhor seria o reflorestamento); ou 2) o uso de terraços, capinas alternadas e plantios de cobertura em cafezais cultivados em áreas de maior declive.

• **Na nascente** - as práticas devem ser realizadas na sua proximidade, tais como (OSAKY, 1994):

- Isolamento da nascente com cercas, particularmente em pastagens, para evitar o seu assoreamento, o pisoteio e a contaminação por dejetos dos animais;
- Manutenção da vegetação no seu entorno com espécies que possuam raízes pouco profundas, para evitar a retirada de água diretamente do lençol e a redução da vazão da nascente;
- Retirada da vegetação freatófita, por exemplo, a *Thypha* sp. (taboa), por consumirem muita água por transpiração, particularmente em nascentes de pequena vazão e onde é preciso melhorar a qualidade da água; e
- Instalação de sistemas de decantação e filtragem, quando é necessária a melhoria da qualidade da água.

**Estudo de Caso 4.2.12. (4) As pastagens e a recuperação de nascentes:** o caso de Viçosa, MG, segundo VALENTE et al. (2002)

Em Viçosa - MG, o Ribeirão São Bartolomeu, que abastece parte da cidade, vem apresentando baixas vazões médias durante o período seco do ano, inferiores a 100 L/s, indicando degradação da área, particularmente aquelas ocupadas por pastagens. O baixo abastecimento dos lençóis freáticos da bacia prejudica o grande número de nascentes

presentes (aproximadamente 440), todas com baixas vazões na época seca do ano. Este fato de degradação pode ser comprovado pelos registros feitos há 20 ou 30 anos, mostrando vazões médias duas vezes superiores às atuais, mesmo não tendo sido comprovada nenhuma redução média das precipitações durante este período.

Em função dessa queda observada na vazão do Ribeirão São Bartolomeu e, conseqüentemente, com a preocupação que tal queda tem trazido para o Serviço de Abastecimento de Água e Esgoto (SAAE) e para a Universidade Federal de Viçosa (UFV), que captam água proveniente deste ribeirão, foi firmado um acordo de parceria SAAE/UFV/SIF, com o objetivo de aumentar a sua vazão. Anteriormente, o SAAE já havia feito um convênio com a UFV, intermediado pela Sociedade de Investigações Florestais (SIF), para a instalação de uma bacia piloto de 14,4 ha, chamado de sub-bacia Cardoso, contendo uma estação medidora de vazão, dotada de linígrafo eletrônico e de um pluviógrafo para registro das precipitações que atingem a sub-bacia. Os trabalhos resultantes desse convênio mostraram que um tratamento adequado da vegetação, ao longo do sistema de drenagem da sub-bacia, foi capaz de aumentar a vazão na época de seca, em valores próximos a 60%. Entretanto, ficou claro naquela época, a necessidade de trabalhar em toda a área da sub-bacia, o que é normal e fundamental em um trabalho de manejo de bacias hidrográficas para produção de água.

A sub-bacia incluída nesse novo projeto, chamada de Araújo, foi escolhida devido a existência de um lençol empoleirado, potencialmente mais sensível à alterações, o que poderia ser útil para algumas conclusões sobre técnicas de manejo. Esta bacia apresenta forte declividade, área aproximada de 1,5 ha e comportamento torrencial. Esse novo projeto tinha por objetivo geral trabalhar toda a sub-bacia, tendo por objetivos específicos:

- Fazer uma análise de toda a sub-bacia com a finalidade de identificar as áreas mais importantes sob o aspecto hidrológico;
- Executar trabalhos de modificações das condições da superfície da sub-bacia, com a finalidade principal de aumentar a capacidade de infiltração da água no solo;
- Executar trabalhos de proteção das encostas mais íngremes, diminuindo os riscos de erosão e danos à qualidade da água;
- Manter monitoramento contínuo de vazões e precipitações, visando detectar não só o aumento da vazão, como também a maior regularização dessa vazão ao longo do ano, principalmente na estação seca.

Como principais práticas adotadas visando o aumento da infiltração, foram utilizadas: a) reflorestamentos; b) melhoria das pastagens; c) evitado o uso de fogo; d) terraceamentos (cordões de contorno); e e) construção de barraginhas, que favorecem a captação de água da chuva.

A influência hidrológica das atividades de conservação executadas nas sub-bacias foi avaliada pela comparação entre entrada e saída de água nas mesmas, como reações a chuvas previamente selecionadas. A escolha das precipitações, dentre os dados medidos ao longo de todo o período chuvoso, obedeceu a dois critérios básicos: 1) uma chuva que pudesse ser

perfeitamente isolada; e 2) ter ocorrido com o solo na capacidade de campo, ou seja, após uma seqüência de chuvas anteriores.

Para determinadas chuvas, registradas em pluviógrafo, foi possível calcular o total de água que chegou às bacias, já que suas áreas são conhecidas. Como todas as atividades foram propostas e realizadas com o fim de aumentar infiltração e diminuir as enxurradas, os resultados obtidos na sua redução durante o primeiro ano de monitoramento, comprovaram o aumento da quantidade de água infiltrada. Calculando as quantidades escoadas e precipitadas, pela atuação das técnicas aplicadas, verificou-se uma redução de 44,28% do escoamento superficial (enxurradas) pela atuação das técnicas aplicadas, na sub-bacia Cardoso; e uma redução de 67,77%, na sub-bacia Araújo.

Essa diferença nos resultados pode ser explicada devido às diferenças significativas entre as duas sub-bacias. Apresentam comportamentos distintos quanto às percentagens de enxurrada, tanto antes como depois dos trabalhos de conservação, podendo ser explicado: a) a sub-bacia Araújo tem comportamento torrencial: por ser uma área pequena, com alta declividade (mais da metade da área possui declividade acima de 100%) e baixo tempo de concentração, favorece o escoamento superficial rápido, reduzindo drasticamente a oportunidade da retenção da água na superfície para posterior infiltração, além de estar sujeita a incêndios periódicos; e b) a sub-bacia Cardoso apresentou maior redução no escoamento superficial, por duas questões: 1) possuir maior área, sendo 62% delas com declividades inferiores que 15° (26,8%); e 2) apresentar maior diversidade de ambientes, não só relacionadas às áreas com menores declividades, mas, também, pelo fato de aproximadamente 30% destas, serem bem protegidas por mata nativa ou em regeneração, livres de incêndios.

A suavização das curvas de vazão, em ambas as bacias após os tratamentos, mostraram o efeito que tiveram na redução dos picos de vazão, o que contribui para a redução do volume de enxurradas e, conseqüentemente, um maior volume de água infiltrada: condição essencial para mais água no lençol e nascentes mais produtivas ao longo do ano, significando, também, maior garantia de armazenamento de água na bacia. Os hidrogramas da sub-bacia Araújo mostram que mesmo em bacias torrenciais é possível amenizar os picos, com uma queda de 90,87% nos valores depois dos trabalhos de conservação, em precipitações normais. Os hidrogramas mostram, ainda, que além da redução dos picos, houve um alargamento das bases de escoamentos superficiais, passando de 55 minutos para 85 minutos na sub-bacia Cardoso e de 80 minutos para 120 minutos na sub-bacia Araújo. Esses aumentos de tempo permitem que os processos hidrológicos tenham oportunidade de se desenvolverem com maior harmonia, sob aspecto ambiental.

A preocupação com os picos elevados de vazão é procedente: eles mostram bem a celeridade com que o fenômeno ocorre, e quanto maior tais celeridades, maiores serão os perigos das inundações. As cidades, com solos quase 100% impermeabilizados tendem a provocar hidrogramas com picos elevados, provocados por precipitações de maiores intensidades. Entretanto, mesmo assim, tais hidrogramas (provocados por chuvas ocorridas



depois dos trabalhos de conservação), se comparadas às originárias de chuvas ocorridas anteriores aos trabalhos de conservação, resultaram na redução de 38 e 31% das enxurradas nas sub-bacias Cardoso e Araújo, respectivamente, apesar dos aumentos de 7,57 e 51,83% nos respectivos picos. Os valores obtidos permitiram concluir que:

- Os trabalhos executados nas sub-bacias resultaram em efetivos aumentos de infiltração, pelas reduções comprovadas nos valores de escoamentos superficiais;
- Trabalhos de conservação podem, portanto, recuperar comportamentos hidrológicos anteriores, colaborando para um uso mais racional da água que chega às superfícies terrestres por precipitação;
- Indicaram o aumento da infiltração. Considerando que apenas um ano de observação não é suficiente para ter-se uma noção precisa da resposta dos lençóis a esse aumento da infiltração, significa a necessidade de que haja um prosseguimento no monitoramento das relações precipitação/enxurradas/vazões por período mais longo, para que o processo hidrológico precipitação/nascentes possa ser completamente dominado;
- Quanto aos picos de vazões, causadores de inundações, ficaram comprovados a ação benéfica dos trabalhos de conservação realizados, nos eventos normais de precipitação. Em eventos excepcionais, entretanto, principalmente em bacias torrenciais como a do Araújo, as medidas de conservação devem ser intensificadas.

Nesse estudo, os resultados mostraram a importância de trabalhos de conservação de bacias hidrográficas para o adequado funcionamento de processos hidrológicos. A redução dos escoamentos superficiais, com conseqüente aumento das infiltrações, sinaliza um melhor comportamento das nascentes nos próximos anos, particularmente em períodos secos.

A literatura científica relacionada com o assunto ressalta, entretanto, que resultados hidrológicos, provenientes de ações antrópicas em bacias hidrográficas, só podem ser considerados definitivos quando analisados por um período maior, daí a importância de: a) continuar as medições de precipitações e vazões, para análise da evolução do processo hidrológico; b) realizar limpeza dos cordões em contorno e acompanhamento do reflorestamento feito na sub-bacia Araújo, para a execução das práticas silviculturais que se fizerem necessárias; c) bateção dos pastos nas duas sub-bacias e limpeza da vegetação em torno dos cursos d'água no Cardoso e d) outras ações que se mostrarem necessárias.

#### **4.2.13. A recuperação de canais**

CUNHA (2003) aponta os fatores abióticos, como a relação entre forma do canal/hidrologia e a qualidade da água, como as mais importantes considerações da recuperação, posto serem a chave para a recuperação dos fatores bióticos dos canais. Inclusive, para VANNOTE et al. (1980), a distribuição da biota aquática está condicionada aos gradientes abióticos do rio. Entretanto, para CUNHA (2003), por ser complexa e dispendiosa, a recuperação de grandes rios é um desafio. A expectativa e a experiência com sucesso são reduzidas, principalmente devido ao corpo de conhecimento sobre as técnicas de recuperação

ser ainda reduzido. As dificuldades específicas impostas pelos grandes ambientes, como controlar as respostas dos canais e a contribuição dos tributários, somados à ausência de dados, exigem a difícil tarefa de coletar e monitorar. Também, a recuperação de canais apresenta algumas limitações causadas a) pela dificuldade de entendimento entre a comunidade científica, proprietários e empresários ou entre instituições responsáveis pela recuperação; b) a inabilidade de prever taxas e a direção das significativas mudanças, em função dos poucos estudos; e c) a complexidade de se entender a influência dos processos da bacia de drenagem sobre o canal. Esta mesma autora destaca a importância do monitoramento dos rios brasileiros que passaram por sucessivas obras de engenharia, particularmente dados de sedimentos e, principalmente a frequência desses dados, sendo potenciais laboratórios para experiência de processos de recuperação.

Considerando as mudanças nos processos fluviais, em especial nas áreas urbanas, VIEIRA e CUNHA (2001) comentam que apesar do interesse pelas modificações e efeitos na rede de drenagem não serem recentes, em função do crescimento espacial das cidades, são limitados os estudos de casos que retratam as mudanças fluviais quanto aos aspectos hidrológicos, sedimentológicos e geomorfológicos induzidos pela urbanização, principalmente no Brasil. Para estas autoras, “as sucessivas obras de engenharia, muitas vezes sem levar em consideração o conjunto da rede de drenagem, modificando as seções transversais e o perfil longitudinal, alteram a eficiência do fluxo”. Por esse motivo, torna-se necessário identificar pontos críticos na avaliação da geometria do canal (largura, profundidade e declividade) em áreas urbanas, com a finalidade de subsidiar os projetos de seu planejamento e recuperação.

A atual visão de recuperação de canais tem alterado as concepções anteriores sobre a execução das obras hidráulicas. De acordo com CUNHA (2003), destacam-se:

- a) limite da velocidade de escoamento para controlar a erosão e o assoreamento; b) não-revestimento do fundo do canal para facilitar as relações com o lençol d'água - ao longo da história ficou claro que não há necessidade de concretar o fundo dos canais; c) evitar cobrir a superfície do rio; d) proporcionar a retenção das águas, evitando as cheias; e) evitar barrar o rio para permitir a migração dos peixes; f) evitar suprir curvas e meandros; g) evitar construções de pilares de pontes no leito ou prever para que eles tenham um formato hidrodinâmico.

Para HENRY (1997), deve-se evitar a cimentação das margens, posto que nestes casos a energia da corrente é direcionada para escavar o fundo, especialmente nas junções com as margens, destruindo as proteções laterais. A tendência seria a de formar novos meandros com o passar do tempo. Nos canais com fundo rochoso, é criada uma situação de turbulência do fluxo: se os taludes forem íngremes e arenosos, ficam extremamente susceptíveis à erosão, posto que nesse caso, o fluxo é direcionado para as paredes do canal. Inclusive, para revegetar essas áreas, deve-se selecionar espécies que possuam raízes fasciculadas e, também, aquelas com pivotantes profundas.

Considerando os atuais problemas enfrentados pela humanidade, relativos às alterações do ciclo hidrológico e na distribuição de águas doces no Planeta, a recuperação de

canais deve ser uma prioridade. Os procedimentos de revegetação, de conservação praticados durante o uso do solo e de preservação de reservas naturais, devem ser considerados, posto que o volume de material em suspensão transportado por um canal, depende a) dos usos das bacias hidrográficas; b) do grau de desmatamento; ou c) da cobertura vegetal. O material em suspensão é depositado nos deltas e estuários ou é transportado pelas correntes marítimas, acumulando-se em golfos ou baías. Os grandes lagos e as barragens das hidrelétricas ou represas, construídas para diversos fins, alteram os fluxos e o transporte de sedimentos dos rios, causando impactos principalmente nas regiões costeiras e nos deltas. Pesquisas científicas recentes revelam que represas do Médio Tietê - SP, podem reter até 80% do material em suspensão (TUNDISI e MATSURA-TUNDISI, 1988).

Isso ocorre porque o transporte e a deposição de sedimentos estão associados a fatores geológicos e geomorfológicos da bacia de drenagem. Como regra geral, considera-se que a carga de sedimentos tende a aumentar à medida que se aproxima da foz e que a deposição de sedimentos é favorecida por um relevo de menor declividade, como uma planície de inundação, a qual aumenta à medida que se aproxima da foz dos rios (GORDON et al., 1992). Por esse motivo, o problema de assoreamento torna-se mais grave em rios de planície: por apresentarem menor declividade, a velocidade de escoamento é menor, reduzindo a capacidade da calha. Como resultado, enchentes cada vez mais severas, particularmente nas planícies aluviais, que na verdade, fazem parte da ocupação natural dos rios.

#### **4.2.13.1. Redução das enchentes**

Inicialmente, em procedimentos de recuperação de canais, deve-se oferecer ao rio todas as possibilidades de escoamento que ele disporia, caso tivesse sido submetido a um processo regular de manutenção. Trata-se a) de remover do seu leito os obstáculos capazes de bloquear o escoamento; b) de efetuar a dragagem do lodo, intervenção esta que permite muitas vezes ao próprio rio reencontrar uma profundidade adequada para o leito; c) de reparar os danos causados às margens e de consolidá-las por meio do emprego, temporariamente, de materiais que possam permitir a formação gradual de uma vegetação ciliar capaz de fixar as margens. Deve-se evitar, tanto quanto possível, contrariar a configuração que o rio assumiu por si mesmo, “em sintonia com a idéia de que esta configuração representa, em termos aproximativos, um equilíbrio dinâmico - entre correntes, erosão e depósito de sedimentos - e oferecendo, além disso, certas garantias de estabilidade”. Estas medidas, salvo em caso de enchente catastróficas, no caso de rios de planície, parece corresponder bem à realidade (HENRY, 1997).

Em alguns casos, o leito menor de um rio, aquele que se torna modelado pelas circunstâncias em que o rio vai se formando, escava um canal suficientemente largo, oferecendo condições suficientes para conduzir o seu fluxo. Caso esse canal não seja suficientemente largo, não permite que os créditos adicionais provocados pelas enchentes sejam escoados. Normalmente, um rio com fluxo normal ocupa metade do seu canal e, em

75% do ano hidrológico, deve apresentar vazões abaixo da média. Entretanto, cerca de uma a duas vezes ao ano, o rio pode atingir suas margens plenas e, durante uma precipitação excessivamente elevada, expande-se sobre seu leito maior, ocupando as planícies de inundação. Assim, essa planície que é parte integrante do rio, conduz o excesso do seu fluxo. Entretanto, a ocupação e sucessivas alterações desordenadas destas planícies, modificam as suas formas naturais, permitindo que os rios ultrapassem até mesmo este limite, em situações excepcionais (CASTRO, 2002).

De acordo com Cacas (1986) *apud* HENRY (1997), torna-se necessário optar por uma das seguintes alternativas nessa situação: a) comprimir o rio entre diques mantidos numa certa proximidade, ou deixá-lo relativamente livre - uma liberdade que admita gradações, em seu leito maior. Dessa forma, a superfície de expansão torna-se restrita; os diques devem ser relativamente altos e sólidos. Persistindo o problema, tornar-se-á necessário prever a construção de retenções artificiais; e b) a segunda solução seria apenas a realização de aterramentos nos limites do leito maior, e a liberdade concedida ao rio pode ser graduada por meio de aterramentos intermediários que, sucessivamente, ajudam a controlar as enchentes de maior intensidade.

Para CASTRO (2002), considerando que a vazão de qualquer rio ( $Q$ ) é uma função de sua área seccional ( $A$ ) multiplicada pela velocidade média do fluxo ( $V$ ), ou seja,  $Q = AV$ , indica três alternativas para impedir enchentes ou atenuá-las, sozinhas ou combinadas: a) reduzir a quantidade do fluxo, com a construção de canais secundários para receberem o excesso, grandes reservatórios ou em aquíferos subterrâneos; b) aumentar a área da seção transversal ou aumentar a altura das margens por meio da construção de barragens ou diques (geralmente ineficiente, porque sedimentos podem se depositar no canal do rio ou mesmo o dique construído pode apresentar uma altura maior do que a altura dos taludes laterais dos tributários, dificultando a drenagem destes para o canal principal); ou c) aumentar a velocidade do fluxo de tal modo que a vazão fique retida dentro do canal, por meio da retificação do seu leito, possibilitando “um aumento do gradiente hidráulico que reduz a resistência do fluxo”. A remoção de obstáculos ou detritos, ou “a homogeneização das paredes laterais e do fundo do canal, reduz a fricção e aumenta a velocidade do fluxo”, entretanto podem causar efeitos adversos a) como aumento da taxa de erosão e riscos de enchentes em pontos mais baixos; e b) danos à vegetação ciliar. Para esse mesmo autor, ainda é necessário mais estudo para soluções definitivas.

#### **4.2.13.2. Recuperação de matas ciliares e a estabilização das margens**

Outra preocupação recente, com pesquisas iniciadas na década de 80, refere-se ao estudo das formas que o rio encontra para retornar ao seu equilíbrio anterior, em face da intensa erosão de suas margens, assim como a mudança na topografia do fundo do leito, em função do assoreamento. Tem sido usada a técnica de monitoramento de margens para entender os mecanismos que participam desse processo (FERNANDEZ, 1990). Nesse

contexto, a vegetação ciliar apresenta importante papel para auxiliar no controle da erosão das margens dos canais. Entretanto, é preciso que seja bem analisado qual o modelo mais adequado de recuperação, devidamente adaptado à realidade particular de uma determinada área.

Por esses motivos, a vegetação ciliar apresenta funções ecológicas, econômicas e estéticas que evidenciam sua importância e a necessidade de sua recuperação, além de estarem incluídas no Código Florestal (Lei n. 4.777/65) na categoria de áreas de preservação permanente (APP). Como no ambiente ripário a luminosidade é maior, predominam as categorias ecológicas pioneiras e secundárias iniciais. Considerando a sua importância, percebe-se que a destruição dos ecossistemas das matas ciliares interfere na biodiversidade das espécies, na manutenção e conservação dos solos que margeiam os rios e na interceptação da radiação solar, contribuindo para a estabilidade térmica dos cursos d'água. De acordo com RÊGO et al. (2000), para a revegetação são necessários os conhecimentos básicos da auto-ecologia da maioria das espécies nativas componentes do ecossistema em estudo, que devem incluir os mecanismos de propagação, reprodução, regeneração, distribuição espacial, interação planta versus animal, grau de adaptação e produção de sementes. Para MARTINS (2001), é fundamental o conhecimento dos aspectos hidrológicos da área quando o objetivo é a recuperação da vegetação ciliar, posto que irá influenciar na seleção das espécies.

Com a recomposição da vegetação ciliar, fica favorecido o restabelecimento da biota aquática, cuja importância é fundamental para o funcionamento dos ecossistemas continentais - rios e riachos, lagos e lagoas, tanques e represas, além dos pequenos reservatórios. Para todos esses ecossistemas aquáticos, a presença de algas, invertebrados, peixes e outros vertebrados, tais como aves e alguns mamíferos, "têm papel relevante na manutenção dos ciclos biogeoquímicos, na constante reprodução de biomassa viável que interage permanentemente com os vários componentes do sistema", inclusive com papel econômico relevante em algumas áreas. Um dos cuidados a ser tomado durante o processo de recuperação desses ecossistemas, que podem alterar significativamente a biodiversidade aquática, refere-se à introdução de espécies exóticas, especialmente as predadoras. Existem diversos casos onde a introdução de algumas espécies exóticas de peixes para aumentar a produção de biomassa, trouxe efeitos extremamente significativos para a biodiversidade da fauna e da flora local. Nas represas do Nordeste brasileiro, a introdução de tilápias (*Oreochromis tilapia*) alterou os mecanismos de produtividade dos sistemas aquáticos, podendo causar perdas econômicas. Na verdade, ao mesmo tempo em que aumenta a produção pesqueira, tem causado diversos problemas de depleção da biodiversidade e alterações na rede trófica das represas, seja por eutrofização excessiva, aumento da toxicidade aquática, poluição e contaminação, aumento do material em suspensão, ou mesmo, por alteração do nível da água e interferência no regime hidrológico (TUNDISI et al., 1988; TUNDISI, 2003).

De acordo com MARTINS (2001), a escolha do modelo mais adequado para recuperação de área ciliar degradada dependerá de fatores, tais como: “a) informações sobre condições ecológicas da área; b) estado de degradação; c) aspectos da paisagem regional; d) disponibilidade de mudas e de sementes; e) nível de conhecimento ecológico e silvicultural das espécies, em um determinado sítio ou modelo”. Para esse mesmo autor, deve-se considerar que “o processo de criação e de seleção de modelos de recuperação está em constante aprimoramento, demandando contínuas pesquisas de ecologia florestal e de silvicultura”. Entretanto adverte, que os modelos mais complexos com um maior número de espécies, resulta ambientes mais heterogêneos. Apesar de terem um custo mais elevado de implantação, pelo fato de tentarem reproduzir os modelos naturais, inclusive com a restauração de suas funções ecológicas, necessitam de menores custos de manutenção e de monitoramento, com a possibilidade de tornarem-se auto-sustentáveis. Dessa forma, no longo prazo, tornam-se mais econômicos que os modelos mais simples. A recuperação e a proteção do solo proporcionada pela vegetação ciliar, “tendem a promover uma recuperação mais rápida da biodiversidade e da funcionalidade do ecossistema”, por exemplo, favorecendo os recursos hídricos em quantidade e qualidade da água produzida e transportada pelos canais.

#### **4.2.14. Recuperação de bacias hidrográficas**

TUNDISI (2003), compilou dados de diversos pesquisadores e identificou os principais métodos para a recuperação e para o gerenciamento integrado de bacias hidrográficas. Para este mesmo autor, o conjunto de metodologias existentes promove a recuperação de bacias hidrográficas e a capacidade de auto-sustentação do sistema. Afirma, que é fundamental para cada uma destas metodologias, calcular os custos de recuperação e conservação e a relação custo/benefício. O resumo de algumas delas:

- “Reflorestamento da bacia hidrográfica, especialmente florestas ripárias, com espécies nativas (visando aumentar a capacidade de retenção de sedimentos e nutrientes) (Rodrigues e Leitão Filho, 2001)”;
- Recuperação dos rios da bacia hidrográfica (para diminuição das cargas pontuais) (Kortman et al., 1988);
- Conservação e recuperação de áreas alagadas (“wetland”) como sistemas tampão e de tratamento (de acordo com MATOS (2002), as espécies freqüentemente usadas em sistemas de tratamento em áreas alagadas são *Phragmites* sp. (carriço), *Scirpus* sp. (junco) e *Thypha* sp. (taboa)). Várzeas são importantes sistemas de reciclagem biogeoquímica e de controle de volumes e enchentes. Interferem na quantidade e na qualidade das águas (Whitaker, 1993; Mitsch, 1996);
- Pré-reservatórios em tributários com altas taxas de material em suspensão (Straskraba et al., 1995);
- Manutenção e expansão de fragmentos florestais na bacia hidrográfica como sistemas tampão, a fim de controlar fontes não pontuais;

- Introdução de corredores de florestas de espécies nativas na bacia hidrográfica;
- Remoção ou inativação química do sedimento dos rios e tributários para controle das cargas pontuais, principalmente o fósforo;
- Gerenciamento e adequação da aplicação de fertilizantes, pesticidas e herbicidas na bacia hidrográfica, a fim de diminuir fontes não pontuais e controlar eutrofização e toxicidade (Matsui et al., 2002);
- Controle da erosão para diminuir o assoreamento (Tundisi et al., 2003);
- Controle das fontes pontuais e não pontuais de contaminação e eutrofização (várias técnicas) (Likens et al., 1972);
- Tratamento dos efluentes industriais e reuso da água;
- Monitoramento permanente para avaliação de potenciais impactos (Matsumura, Tundisi e Tundisi, 1997);
- Proteção das áreas de alta biodiversidade na bacia hidrográfica (Constanza e Greer, 1998);
- Gerenciamento integrado dos usos do solo da bacia hidrográfica (Tundisi et al., 2003);
- Tratamento de esgotos domésticos, várias técnicas ecotecnológicas”.

#### **4.2.14.1. Mitigação e recuperação de ecossistemas aquáticos eutrofizados**

A eutrofização natural dos ecossistemas aquáticos é o resultado do enriquecimento com nutrientes de plantas, principalmente o fósforo e o nitrogênio, que são despejados de forma dissolvida ou particulada em lagos, represas e rios e são transformados em partículas orgânicas, matéria viva vegetal, pelo metabolismo das plantas. A eutrofização “cultural” é proveniente dos despejos de esgotos domésticos e industriais e da descarga de fertilizantes utilizados na agricultura. Esse tipo de eutrofização acelera o processo de enriquecimento das águas superficiais e subterrâneas, com o rápido desenvolvimento de plantas aquáticas. Inicialmente, cianobactérias ou “algas verdes azuis”, que produzem substâncias tóxicas podendo afetar a saúde humana e causar a morte de animais e intoxicações (associada à ausência de oxigênio - anoxia - dissolvido produzido pelo extenso florescimento de cianobactérias e aumento de matéria orgânica em decomposição). Em seus estágios mais avançados, resulta em crescimento excessivo de aguapé (*Eichhornia crassipes*) ou alface-d’água (*Pistia stratiotes*), que são plantas superiores mais comuns nesse processo. O maior problema da recuperação dessas áreas é “devido à dificuldade da remoção das toxinas produzidas, por serem estáveis e resistentes à hidrólise química ou oxidação” (TUNDISI, 2003). No Quadro 19, pode-se observar os impactos ambientais e problemas de qualidade da água associados à eutrofização.

QUADRO 19 - Impactos ambientais e problemas de qualidade da água associados à eutrofização

Impactos ambientais negativos	Fatores de eutrofização
<ul style="list-style-type: none"> <li>Qualidade, gosto e odor da água</li> </ul>	Nutrientes e sedimentos suspensos degradam a qualidade da água, aumentando o custo da purificação de água potável; condições anóxicas e toxinas produzidas durante o crescimento de algas podem causar a morte dos peixes e fazer com que a água se torne nociva para diversos animais. Antibióticos e substâncias orgânicas nos sistemas de agricultura, podem causar danos.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Baixa diversidade de espécies</li> </ul>	O crescimento estimulado de certos organismos diminui o número e o tamanho da população de outras espécies; com o tempo, os lagos passam a ser dominados por algas e peixes de rápido crescimento. Algumas espécies de algas, as cianofíceas, produzem neurotoxinas que podem levar à morte animais de grande porte.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Prejuízos do uso em recreação e navegação</li> </ul>	O aumento da sedimentação diminui a profundidade do lago, o crescimento vegetativo acelerado bloqueia as águas navegáveis; a biomassa de algas em decomposição promove a proliferação de insetos e produz espumas de odor repugnante.

Fonte: adaptado de SCHAEFER et al., 2000.

O controle da eutrofização inicia-se pela classificação dos lagos e represas em função do estado trófico, a partir de monitoramento, que deve focar os seguintes aspectos fundamentais:

- a) identificar a procedência da eutrofização e das concentrações difusas e pontuais (Chapman, 1992);
- b) realizar balanços de massa (entradas e saídas) de nutrientes para lagos, represas ou rios (Vollenweider e Krekes, 1981);
- c) identificar o estado trófico do ecossistema aquático em função das concentrações de N e P e clorofila (oligotrófico a eutrófico);
- d) criar cenários que possibilitem a avaliação e a progressão do estado trófico em função de futuros impactos (Vollenweider, 1987);
- e) detalhar ações de gerenciamento e tratamento, incluindo custos (Thanh e Biswas, 1990);
- f) identificar possíveis organismos indicadores de eutrofização, além das cianobactérias;
- g) ampliar a informação sobre a eutrofização para o grande público e autoridades” (UNEP/IETC, 2001).

O monitoramento das condições físicas, químicas e biológicas da água deve ser paralelo ao monitoramento biológico. Este deve contemplar a classificação das algas, as flutuações das espécies no espaço e no tempo, a identificação das épocas favoráveis aos florescimentos e a concentração de toxinas na água. Também é fundamental que se utilizem modelo da eutrofização que possibilitem estudar cenários em função de fontes pontuais e não pontuais de N e P (UNEP/IETC, 2001).

De acordo com BRIGANTE et al. (2003a), os fertilizantes nitrogenados são as principais fontes de nitrato na água, que atingem o lençol subterrâneo ou a água superficial por meio do “runoff”. Uma vez na água, o nitrato tende a se concentrar por ser resistente à degradação microbiana: por sua característica resiliente, é um eficiente indicador de poluição. O nitrito, que é uma fase intermediária da amônia e do nitrato, está diretamente ligado à



poluição orgânica. O íon amônio, cuja maior contribuição é dos esgotos, é a forma preferencial de nitrogênio inorgânico para as atividades de bactérias e fungos, o que justifica a importância de seu estudo na água. Segundo WETZEL (1993), o amônio está presente na água como  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{NH}_4\text{OH}$  não dissociado, tornando-se altamente tóxico para muitos organismos.

O fósforo é o principal limitante da produtividade primária dos ecossistemas aquáticos, sendo apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial desses sistemas. De acordo com BRIGANTE et al. (2003a), o fosfato inorgânico presente nas formas  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$  e  $\text{PO}_4^{3-}$ , todas dependentes de pH do meio, é a principal forma de fósforo assimilável pelos vegetais aquáticos, sendo portanto, imprescindível a sua quantificação. Todo fósforo presente em águas naturais encontra-se na forma de fosfato, que pode ser originado de a) fontes naturais, 1) como as rochas da bacia de drenagem, 2) material particulado da atmosfera e 3) decomposição de organismos alóctones; além de b) fontes artificiais, como 1) esgotos e 2) o deflúvio superficial agrícola, que carrega compostos químicos a partir de fertilizantes.

A recuperação definitiva de áreas eutrofizadas é extremamente cara e difícil. Porém, o seu controle depende de ações iniciadas nas bacias hidrográficas e nas fontes pontuais de descarga (esgotos urbanos e industriais) e difusas (atividades agropecuárias) de N e P (TUNDISI, 1999).

#### **4.2.14.2. Métodos ecotecnológicos para aplicação no ecossistema aquático**

Para TUNDISI (2003),

a escassez de água impede o desenvolvimento econômico e limita alternativas econômicas. Poluição e contaminação dos corpos d'água produzem impactos sócio-econômicos em razão da perda de atividades promovidas pelos usos dos recursos hídricos e pelos efeitos diretos e indiretos. Além desses aspectos fundamentais na gestão das águas, deve-se considerar o valor econômico total dos "serviços" proporcionados pelos ecossistemas aquáticos e os custos da perda desses serviços. A gestão das águas será mais eficiente à medida que instrumentos econômicos, como a cobrança pelo uso da água e o princípio do poluidor/pagador, forem introduzidos na legislação. Os custos da recuperação de rios, lagos e represas, têm impacto econômico sobre municípios, estados e países. Um dos grandes desafios atuais é calcular os custos de recuperação de sistemas aquáticos degradados e produzir tecnologias e novas iniciativas institucionais para baixar os custos.

Métodos ecotecnológicos referem-se às tecnologias de baixo custo implementadas com uma visão de funcionamento dos ecossistemas, ou seja, ecotecnologias incorporam um conjunto de técnicas que promovem a utilização de mecanismos inerentes ao ecossistema, tal como, o uso do tempo de retenção em reservatórios para controlar a biomassa de cianobactérias, reduzindo os florescimentos indesejáveis que podem produzir toxinas (Straskraba et al., 1993, 1995 *apud* TUNDISI, 2003). O Quadro 20 descreve um conjunto de

técnicas aplicáveis ao sistema aquático (rio, lago, represa ou tanques artificiais para abastecimento público).

QUADRO 20 - Gerenciamento ecotecnológico local para lagos, rios e represas

Medida	Meio	Referência
Mistura artificial e oxigenação para controlar e inativar o fósforo da carga interna	1. Desestratificação 2. Aeração hipolimnética 3. Mistura epilimnética 4. Mistura metalimnética 5. Aeração de camadas 6. Cone de Speece 7. Mistura por hélices	Symons et al., 1967 Bernhardt, 1967 Straskraba, 1986 Stefan et al., 1987 Kortman et al., 1994 Speece et al., 1982 Fay, 1994
Remoção de sedimentos	Dragagem dos sedimentos	Bjork, 1994
Aeração de sedimentos	Injeção nos sedimentos	Ripl, 1976
Desativação de sedimentos	Cobertura dos sedimentos com matéria orgânica e, ou, argila fina ou sulfato de alumínio*	Peterson, 1982
Desativação do fósforo	Precipitação química	Cooke e Kennedy, 1988
Biomanipulação Controle do fitoplâncton e da Eutrofização	Pesca Controle do zooplâncton / Redução do fitoplâncton	Gulati et al., 1990 Starling, 1999
Controle hidráulico Controle de florescimento de algas	1. Retirada seletiva de água 2. Sifonagem do hipolimnio 3. Cortinas de oxigênio	Straskraba, 1986 Olszewski, 1967
Controle de florescimento de algas	1. Envenenamento por cobre 2. Outros algicidas (Proibido pela atual legislação. Portaria 1.469 MS)	Straskraba e Tundisi, 2000
Redução da luminosidade para controle de florescimento do fitoplâncton	Sombreamento, cobertura, suspensões, cores	Jorgensen, 1980
Controle de macrófitas para redução da carga interna	1. Colheita/remoção 2. Peixes que se alimentam de fitoplâncton e macrófitas 3. Inimigos naturais	IETC, 2000 CITA, 2001

Fonte: Straskraba (1995), Tundisi (1999), Tundisi et al. (2002), modificado de TUNDISI (2003).  
\* N. A. Sulfato de alumínio não pode ser utilizado para controle de lagos em sistemas de abastecimento que serão utilizados com fonte de água potável por razões de saúde pública.

#### 4.2.14.3. A necessidade de priorização de recuperação dos recursos hídricos

Devem ser priorizados os cuidados com os recursos hídricos: a crise de água atingiu muitas regiões do planeta e os conflitos resultantes de seu uso múltiplo redobram-se. Por exemplo, praticamente 70% da água doce utilizada é para irrigação, a maior parte inadequadamente, sem os devidos cuidados de conservação dos recursos - solo e água (o uso de novas tecnologias para irrigação pode reduzir de 30 a 70% o consumo de água) (TUNDISI, 2003).

As principais causas que conduziram à sua degradação, são: 1) crescimento populacional desordenado associados a rápida urbanização; 2) diversificação dos usos múltiplos; 3) gerenciamento não coordenado dos recursos hídricos disponíveis; 4) degradação

do solo por pressão da população, aumentando a erosão e a sedimentação de rios, lagos e represas; e 5) peso excessivo de políticas governamentais nos “serviços de água” - fornecimento de água e tratamento de esgotos - permitindo que tais serviços sejam utilizados para fins de interesses políticos pessoais, tendo como consequência problemas sociais, econômicos e ambientais referentes aos recursos hídricos, posto serem tratados separadamente e de forma pouco eficiente (L'VOVICH e WHITE, 1990).

Caso medidas eficientes não sejam tomadas, em 2025, dois terços da população estará vivendo em regiões com estresse de água e a poluição da água continuará afetando os recursos hídricos continentais e as águas costeiras, com a degradação mais rápida de águas superficiais e subterrâneas, afetando as reservas. Como consequências 1) os riscos de epidemias e efeitos crescentes na saúde humana; 2) conflitos locais, regionais e institucionais sobre os usos múltiplos; e 3) o aumento dos impactos econômicos resultantes da degradação dos recursos hídricos. Dessa forma, as iniciativas têm de ser imediatas, no desenvolvimento de tecnologias, políticas públicas e outras medidas mitigadoras e de impactos no gerenciamento, tais como: 1) gerenciamento integrado, adaptativo, preditivo e atenção para usos múltiplos; 2) consideração da qualidade/quantidade de água por meio de monitoramento permanente e em tempo real; reconhecimento da água como fator econômico; 3) melhoria da capacidade de gerenciamento, treinando recursos humanos (gerentes ambientais, agentes ou gerentes de bacias hidrográficas); 4) implementação de coleta seletiva, redução de lixo e implementação de aterros sanitários nos municípios; 5) tratamento de esgotos dos municípios; 6) reflorestamento ciliar com espécies nativas às margens das represas e dos principais tributários; 7) práticas agrícolas que reduzem a erosão: plantio direto e uso de curvas de nível; 8) controle do uso de agroquímicos; 9) controle dos resíduos industriais nos municípios; 10) implementação de controle e avaliação dos recursos pesqueiros; 11) suporte à medidas e tecnologias inovadoras em nível local, nacional e internacional (TUNDISI, 2003).

Atualmente, os principais problemas resultantes do uso dos recursos hídricos estão relacionados: a) à eutrofização; b) ao aumento da toxicidade das águas superficiais e subterrâneas; e c) às alterações no ciclo hidrológico e na disponibilidade de água, agravando os problemas dos pontos de vista qualitativo e quantitativo (*ibidem*). Para BRIGANTE e ESPÍNDOLA (2003a), “a maioria dos sistemas aquáticos do Brasil necessita de medidas de recuperação e manejo”. Entretanto, para estes mesmos autores, embora haja atualmente uma maior conscientização com relação à essa necessidade, os problemas persistem, “decorrentes da urbanização crescente, da falta de recursos financeiros das administrações públicas locais ou, ainda, pela forma de aplicação dos recursos”.

#### **4.2.14.4. Uso da água: a visão holística da paisagem**

Relacionados ao uso das águas, para TUNDISI (2003), as pesquisas devem estar direcionadas: a) no caso de utilização de aquíferos, determinar o seu rendimento ótimo; b) implementação de programas de reuso de água, particularmente em grandes metrópoles com

grandes déficits hídricos e, principalmente para fins industriais; c) tratamento de esgotos com ampliação dos volumes de águas tratadas e prioridades para estudos epidemiológicos relacionando qualidade da água com a saúde humana, necessitando para isso, da coleta dos esgotos em larga escala; d) detalhamento e ampliação do banco de dados sobre os recursos hídricos, promoção de sistemas de informação e sistemas de suporte à decisão; e) reavaliar os custos de abastecimento, os despejos de águas em zonas metropolitanas, o tratamento de águas residuárias, em face ao grande incremento no consumo de água potável; f) priorizar programas educativos, de conservação e de regulamentação; g) integração de programas sociais no planejamento e distribuição de água, com o fortalecimento do sistema de manutenção e proteção de áreas vulneráveis; h) proteção dos mananciais de águas superficiais e controle do crescimento urbano desordenado que afeta os mananciais; i) treinamento e atualização permanente de técnicos e gerentes; j) diminuição do desperdício na distribuição; k) resolução de conflitos sobre os usos múltiplos; l) avaliação do impacto em águas subterrâneas; m) ampliação da capacidade de gestão preditiva e de antecipação de eventos de alto risco; e n) ampliação e aprofundamento da educação sanitária e ambiental da população (TUNDISI, 2003).

Para SILVA (2002), a solução para conflitos de uso da água deverá ocorrer a partir de uma gestão integrada e compartilhada do uso, controle e conservação dos recursos hídricos. A instalação de Comitês de Bacias Hidrográficas com a participação de usuários, representantes da sociedade civil e dos poderes públicos municipal, estadual e federal, com a contribuição de organizações não-governamentais (ONGs), poderão ser uma importante ferramenta para evitar futuras carência, poluição e fator de conflitos. Deverá ser realizada holisticamente, de forma multidisciplinar e interdisciplinar.

Nesse contexto, para WIENS (2002), considerando que o rio é o principal representante de uma bacia hidrográfica, torna-se obrigatória a compreensão de seus principais fenômenos ecológicos, com vistas às avaliações dos níveis de interferência dos processos ocorridos em sua área de entorno. Dessa forma, “a ecologia da paisagem promove uma visão ampla do sistema lótico, considerando o rio como parte integrante de uma paisagem heterogênea”. Segundo este mesmo autor, “a ecologia de paisagem fluvial considera a influência da dimensão física sobre os processos ecológicos e fornece uma compreensão mais ampla dos processos ocorridos na bacia hidrográfica”. Assim, para BARBOSA e ESPÍNDOLA (2003), os rios e suas respectivas bacias hidrográficas formam um mosaico de manchas, características de cada segmento (como vegetação, sedimentos, fluxo e solo), tendo a conectividade como um dos fatores-chave para a compreensão dos processos físicos e ecológicos do sistema. Esses conhecimentos são fundamentais para os procedimentos de recuperação ambiental. Estes mesmos autores comentam que essa estrutura bastante complexa tem sido abordada por modelos computacionais nos quais é possível incluir diversas variáveis, principalmente processos hidrológicos. Entretanto, “as comunidades aquáticas ainda estão longe de ser modeladas em razão da carência de informações a respeito da diversidade, do ciclo de vida e dos fatores limitantes para os organismos”.

#### **4.2.14.5. Recursos hídricos e a legislação**

Com relação à legislação estadual do Estado de São Paulo e federal sobre a proteção dos corpos d'água, ESPÍNDOLA et al. (2003a) advertem para a necessidade de mudanças. Para estes mesmos autores, “o Decreto Estadual n. 8.468/76, artigo 11, estabelece limites físicos e químicos para corpos d'água de classe 2. No entanto, os limites propostos pela Resolução n. 20 do CONAMA, de 18 de junho de 1986, para a mesma classe, são mais restritivos e abrangentes do que aqueles impostos pelo Decreto Estadual citado”. Assim, se por um lado, o Decreto e a Resolução protegem corpos de água naturais não afetados ou parcialmente afetados pelas atividades antrópicas (classe especial, classe 1 e classe 2), por outro, provoca uma acomodação das ações relativas à melhoria da qualidade dos corpos d'água mais poluídos e, por esse motivo, com usos menos nobres (classes 3 e 4). Afirmam, “que determinado corpo d'água deixa de ter usos menos nobres exatamente em função da degradação contínua de sua qualidade”. Por estas questões, existe a necessidade de alterações ou adequações na legislação das águas.

Para REBOUÇAS (2004), tais problemas ocorrem principalmente devido a existência de um grande número de leis para os recursos hídricos, centralizadas e impostas para todas as regiões do país, não considerando diferenças regionais. Segundo esse mesmo autor, tais leis têm adotado um processo preconcebido excessivamente rígido para incorporar a participação pública, engessando o sistema, dificultando sensivelmente os Comitês de Bacias Hidrográficas. Portanto, para que ocorra agilização e eficiência do sistema de monitoramento e recuperação dos recursos hídricos e suas bacias, deverão ocorrer a descentralização das tomadas de decisões, para que possam ser consideradas as necessidades e as particularidades regionais; portanto, sendo preferível uma abordagem de avaliação flexível e espírito de aprendizagem.

De acordo com SILVA (2002), o manejo integrado de bacias hidrográficas deve constituir a base de gestão dos recursos hídricos, envolvendo a elaboração de uma série de diagnósticos, destacando-se aqueles: a) físico-conservacionista; b) sócio econômico; c) ambiental; d) da água; e) da vegetação; f) do solo; e g) da fauna. A partir destes diagnósticos levantar-se-ão os problemas da bacia, onde serão identificados os conflitos e indicadas as soluções nos diversos níveis, os prognósticos, integrando conclusões e recomendações para a recuperação total do meio ambiente.

#### **4.2.14.6. Gestão dos recursos hídricos**

As alterações da distribuição dos recursos hídricos, considerando a quantidade e a qualidade das águas, representam uma ameaça estratégica à sobrevivência da humanidade e das demais espécies que habitam o Planeta. Por esse motivo, impõe-se a necessidade de esforço conjunto para a) aumentar a capacidade de predição e prognóstico, por meio da integração contínua da ciência interdisciplinar; e b) praticar o planejamento e gerenciamento na área de recursos hídricos. Nesse caso, a Limnologia, a Hidrologia e o gerenciamento de

recursos hídricos ocupam posições essenciais. A gestão estratégica deve ser sistêmica, preditiva e adaptativa, com igual ênfase em medidas estruturais e não estruturais. A nova gestão das águas deverá ser aperfeiçoada com os instrumentos legais disponíveis e o conjunto de ações para proteção, recuperação e conservação de águas superficiais e subterrâneas, que incluem instrumentos legislativos e sistemas de taxação e incentivos adequados (TUNDISI, 2003). No sub-capítulo 4.3.10.4. A postura das empresas com relação aos recursos, será discutida a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos pela Lei 9.433/97 (Lei das Águas).

#### **4.2.15. Quadro atual e sugestões de pesquisas para recuperação ambiental**

Embora tenha existido avanço significativo na Ciência de Recuperação Ambiental, com o passar do tempo mudanças ocorreram e oportunidades surgem para reorientação de disciplinas voltadas para essa Ciência, implicando na necessidade de pesquisas específicas e diferenciadas para cada problema encontrado. Existem particularidades para cada componente no processo de recuperação, com mérito para investigações adicionais. Os comentários seguintes constituem uma lista parcial de possibilidades voltadas para assuntos e, ou, atividades que têm despertado maiores preocupações e interesses, baseados nas diversas bibliografias consultadas, além de percepções concebidas ao longo deste trabalho.

##### **4.2.15.1. A necessidade da interdisciplinaridade na formação de disciplinas**

De acordo com JOLLIVET e PAVÉ (1997), as pesquisas relativas às questões ambientais têm sido conduzidas, ultimamente, a um grande número de indagações bastante diversificadas em seu conteúdo, cujos apelos induzem a participação de múltiplas disciplinas pertencentes a quase todas as grandes áreas de investigação científica. Até a década de 70, a realização dessas operações pluridisciplinares se resumia, na maior parte dos casos, a uma justaposição de trabalhos monodisciplinares. Conduzidas desta forma, de acordo com esses mesmos autores, as pesquisas sobre meio ambiente e recuperação ambiental decorriam, e decorrem ainda freqüentemente, de uma lista de temas teoricamente bem ordenados, e não de um conjunto construído e coerente: ou seja, a prática interdisciplinar permanece incipiente. Para esses mesmos autores, as pesquisas devem propor um processo de recomposição das disciplinas existentes.

Dessa forma, como pode ser observado na Figura 14, o campo de operação das pesquisas para esses fins, resultariam de um jogo tríplice de tensões: 1) entre disciplinas e o ponto de vista comum; 2) entre as disciplinas relativamente ao ponto de vista comum; e 3) entre o ponto de vista comum e os processos que conduzem ao seu reexame e à sua redefinição permanentes.

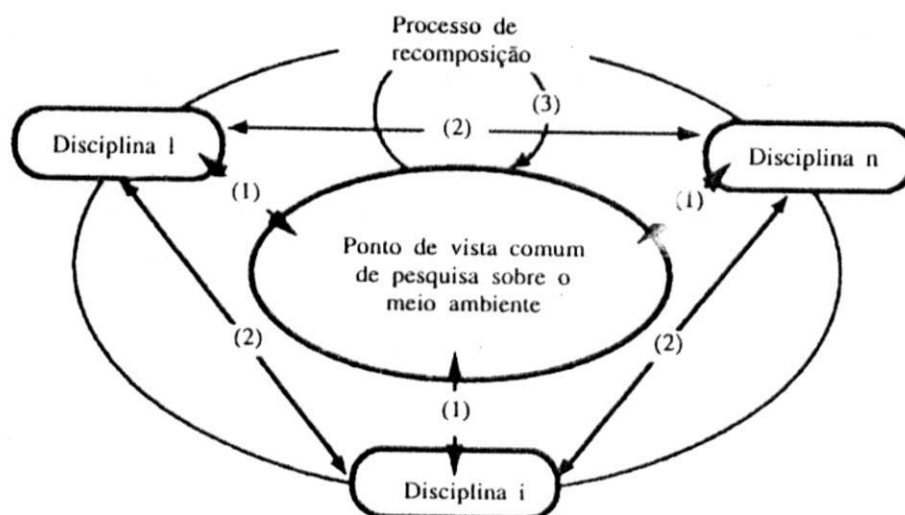


FIGURA 14 - Campo de pesquisas sobre o meio ambiente e recuperação. Fonte: JOLLIVET e PAVÉ (1997).

Essas tensões exercem um papel ao mesmo tempo integrador e dinâmico, dotando assim o campo de pesquisas sobre recuperação ambiental de um princípio de criatividade interna. Assim, seriam instauradas novas disciplinas como um campo específico de pesquisa, como Recuperação de Áreas Degradadas, embasada cientificamente por conceitos já definidos, porém sustentadas por estratégias inovadoras, mesmo daquelas que se propõem a fins diversos.

Por exemplo, Sistemas de Posicionamento Global (GPS) e Sistemas de Informações Geográficas (SIG), são procedimentos que têm apresentado rápido desenvolvimento em novas tecnologias. Por meio destas ferramentas, a distribuição de espaço e características do local, como topografia, geologia, solos, vegetação e hidrologia de superfície e sub-superfície, são registrados, mapeados e analisados com considerável precisão. As informações são facilmente adicionadas, atualizadas e exibidas sempre que desejadas. A construção de espaços orientados, como banco de dados, facilita todos os passos para o sucesso da recuperação (TOY e DANIELS, 1998).

#### 4.2.15.2. As contribuições das diversas ciências

Por todas estas questões, e pela interdisciplinaridade exigida, pode-se observar diversos setores e disciplinas implicadas nas diversas pesquisas sobre recuperação ambiental; porém, algumas dessas ciências ainda não se encontram devidamente envolvidas nesses procedimentos, de acordo com JOLLIVET e PAVÉ (1997):

- Ciências da vida - ecologia (merece destaque especial, mesmo os “ecologistas políticos”, apesar de pouco científicos. Pela própria essência da disciplina, os ecólogos dispõem de uma experiência efetiva de interdisciplinaridade) e biologia (sistemática, fisiologia animal e vegetal, biologia evolutiva, biologia humana, microbiologia, biologia molecular, etc.);

- Química (encontra-se no rol das disciplinas mais engajadas na confrontação dos problemas ambientais, por três razões: 1) origem social - poluição, etc.; 2) origem econômica - elaboração de produtos novos, etc.; e 3) origem científica - sob o impacto dos problemas ambientais, e nela as problemáticas científicas, deverão fazer que a química experimente reorientações especiais;
- Ciências da engenharia - já contribuem bastante para a busca de soluções dos problemas ambientais (aplicações da hidrodinâmica, da acústica, da aerodinâmica,...). Oferecem subsídios diversos com vistas à elaboração do "instrumento universal" fundado na trilogia "modelo, análise, controle" (Lions, 1990 *apud* JOLLIVET e PAVÉ (1997)). Os aspectos tecnológicos, especialmente ligados ao campo da engenharia de processos, situam-se numa posição de vanguarda relativamente a inúmeros problemas industriais e ambientais, inclusive na recuperação de áreas degradadas. A informática e a automação também têm contribuído nesse sentido);
- Ciências do universo - as ciências da astronomia têm apresentado o mais reduzido grau de envolvimento com a questão ambiental, salvo algumas exceções como na avaliação de fenômenos como os efeitos da atividade solar sobre o meio ambiente. Em compensação, as outras disciplinas associadas às ciências do universo, tais como geociências, ciências do solo e da atmosfera e oceanografia, encontram-se bastante envolvidas nos estudos: 1) do meio físico do planeta (geosfera, hidrosfera e atmosfera); 2) de aspectos biológicos (a maior parte da biologia marinha tem sido agregada às ciências do universo); e 3) do passado (paleontologia, paleoclimatologia, etc.);
- Matemática e física de base - a matemática está aparentemente pouco interessada nas questões ambientais, contribuindo indiretamente na modelização e análise de processos de organização; ao tratamento de problemas de escala, espaciais e temporais; a propriedades de sistemas dinâmicos, entre outros, e
- Ciências humanas e sociais: o cerne do debate - apesar de sua importância fundamental, têm sido envolvidas de forma ainda bastante desigual e insuficiente (com exceção no que diz respeito ao "meio ambiente construído"), merecendo destaque: 1) a economia, o direito e a sociologia - nessa seqüência, constituem as três disciplinas que concentram o maior número de pesquisas e que fizeram avançar mais intensamente a problematização das questões suscitadas pela referência ao meio ambiente. Não obstante, a abertura política acabou se processando rapidamente; 2) a geografia e a história - começam a se envolver de maneira mais ativa. Terão um papel central a desempenhar: a primeira, pelo fato de que a questão ambiental reencontra nela seu "paradigma" fundacional, cabendo considerar, para COELHO (2001), que os geógrafos "falham em demonstrar a importância das relações socioespaciais e da estrutura de classe na problemática ambiental"; e a segunda, pelo fato de que a história econômica e social e, de maneira geral, o tempo, contribuem de forma essencial para o desenrolar dos processos que configuram o pano de fundo dos problemas ambientais; 3) a filosofia - ingressou recentemente, mas de forma intensa e muito eficaz, nesse domínio. Entretanto, o campo de ação a ser coberto é vasto e a



epistemologia, principalmente, que deveria assumir um papel importante, tendo em vista a emergência dos problemas metodológicos desvelados pelas pesquisas ambientais (em particular sua dimensão interdisciplinar) permanece ainda distante do campo da ação. A história das ciências e das técnicas configura nesse sentido um elo essencial a ser desenvolvido; 4) a antropologia - oferece uma base de conhecimentos de extrema riqueza com vistas à compreensão das relações natureza-cultura. De acordo com JOLLIVET e PAVÉ (1997), essa base permanece até o momento inexplorada da perspectiva da questão ambiental; 5) a psicologia social - já proporciona uma contribuição não negligenciável para a análise de representações do meio ambiente, mostrando-se como um campo dotado de considerável potencial de desenvolvimento. Entretanto, o lugar reservado à psicologia em sentido estrito, na visão desses mesmos autores, parece ser mais problemático e deveria ser melhor definido; 6) finalmente, a demografia, que para esses mesmos autores, não pode continuar comportando-se de forma ausente como atualmente. A relação entre a evolução das populações humanas e os problemas ambientais são diretos, e isso é válido para todos os níveis. Influencia nos processos de degradação, nos procedimentos de recuperação e na perspectiva de desenvolvimento sustentável. Para COELHO (2001), é necessário que sejam criadas teorias dos processos sociais, para que sejam reduzidos a superficialidade da compreensão social e de suas inter-relações com o meio biofísico. De acordo com essa mesma autora, duas relutâncias precisam ser vencidas:

a) dos cientistas físicos em entender os princípios de estruturação da sociedade; e b) dos cientistas sociais de familiarizarem-se com os princípios básicos da física, da mecânica e da química, e com os processos que incluem a interação entre características físicas e morfológicas, isto é, as interações entre materiais do solo, água, vegetação, gravidade, transporte, redistribuição de materiais e movimentos de massa.

Para JOLLIVET e PAVÉ (1997), “o importante é compreender fundamentalmente de que maneira o homem considera seu meio ambiente, em função de sua história, de sua cultura; de que maneira ele reage ao mesmo e é compelido a explorá-lo, a perturbá-lo gravemente ou, ao contrário, a protegê-lo, a empenhar-se em sua gestão; quais são as ações reguladoras que exerce ou pode vir a exercer”. Tudo isso deve ser examinado em função de tensões sociais, da evolução das sociedades humanas, mas também em função da própria evolução do meio ambiente, devido especialmente à degradação dos meios natural e construído, às modificações climáticas e as suas conseqüências. Para estes mesmos autores, estas disciplinas delimitam o leque atual daquelas envolvidas ou associadas à pesquisa ambiental: quase todos os setores estão representados. Portanto, exprime tanto as dificuldades quanto a riqueza que caracteriza essa problemática. Não constitui surpresa, que por meio da questão ambiental esteja configurado, da maneira a mais crucial possível, o desafio envolvido no processo de construção interdisciplinar, imprescindíveis nos procedimentos de recuperação ambiental. Para estes mesmos autores, as estratégias de pesquisa deverão ser bem definidas, considerando

que o campo a ser coberto é vasto e as forças limitadas, tornando-se, portanto, necessário optar. Nesse contexto, os pontos que surgem como carentes de discussão são os seguintes:

- A participação nos grandes programas internacionais, tendo que ser avaliadas sob as seguintes condições e argumentos: 1) a dimensão planetária dos problemas ambientais; e 2) a necessidade de manter a comunidade científica equiparada ao nível de excelência fixada internacionalmente, afirmando a originalidade de sua pesquisa e a qualidade de seus resultados;
- As políticas nacionais: prioridades políticas e opções científicas, levando em conta prioridades nacionais, não devendo, entretanto, de forma alguma, condicionar ideologicamente as opções fundamentais que presidem à própria dinâmica do trabalho científico;
- A dinâmica interna do campo de pesquisa: prioridades para o conhecimento, posto que o campo de pesquisa delimitado em seus aspectos monodisciplinares ou interdisciplinares deve adquirir uma dinâmica própria. Esta seria configurada “pela investigação dos mecanismos fundamentais que presidem à evolução do meio ambiente e que devem ser tomados como fundamento da definição de ações reguladoras, capazes de permitir o controle dessa evolução”. A aceitação desse pressuposto implica manter a ênfase: 1) na descoberta e na compreensão das transformações ambientais ligadas às atividades humanas; 2) no esforço de evidenciar os perigos de natureza global e local relacionados às sociedades e aos indivíduos; e 3) na pesquisa e na geração de soluções alternativas, de natureza tecnológica, sócio-econômica e política; e
- O emprego adequado do potencial científico nacional e sua valorização.

Finalmente, para que as pesquisas interdisciplinares, indispensáveis para os procedimentos de recuperação ambiental, sejam satisfatórias e alcancem sucesso, faz-se necessário (JOLLIVET e PAVÉ, 1997):

- a) Definir os objetivos das ações a serem empreendidas;
- b) As modalidades de ação para possíveis intervenções, consideradas capazes de, ao mesmo tempo, respeitar a dinâmica do processo e assumir uma diretriz de problematização crescente. Em alguns casos, seria sensato admitir a necessidade de estruturação do esforço de pesquisa, por meio de iniciativas que sejam capazes de cristalizar as diferentes operações; e
- c) As questões de formação, isso porque o desenvolvimento da pesquisa ambiental não poderá se efetivar sem a formação de jovens pesquisadores, cuja geração efetiva de conhecimentos e desenvolvimento tecnológicos exige a presença de “especialistas”, e não generalistas, na área em pauta.

Também, são fundamentais a preparação de docentes e a realização de atividades de sensibilização aos problemas ambientais, onde os estudantes, desde o processo de sua formação, fossem familiarizando-se e sensibilizando-se à especificidade dos problemas ambientais, usando como referência problemas locais. Na verdade, os programas de pesquisa para o meio ambiente e recuperação, devem assumir uma responsabilidade dupla: 1) ao

mesmo tempo relativa ao objeto de sua pesquisa - o meio ambiente; e 2) ao enfoque científico desse objeto - a interdisciplinaridade exigida em recuperação ambiental.

Para SACHS (1997), a regeneração ecológica constitui uma atividade que requer um uso intensivo de mão-de-obra. Caso seja possível associar a garantia de emprego e os programas de recuperação ambiental, seria uma grande oportunidade de satisfazer as demandas da população, particularmente aquelas dos países periféricos, em bases sustentáveis.

#### **4.2.16. Considerações finais**

Recentemente, em todo o mundo, surgiram planos, idéias, recursos e técnicas inovadoras e consistentes acerca da possibilidade da geração de alternativas para a recuperação ambiental. Garantem a possibilidade de superação dessa crise, evitando o surgimento de novas áreas degradadas e recuperando aquelas que se encontram nessa condição, promovendo o desenvolvimento sustentável. As transformações dessas alternativas que se encontram à nossa disposição em realidade, deixou de ser um problema conceitual ou técnico, sendo mais uma questão de iniciativa política. É preciso que sejam implementados modelos de desenvolvimento baseados nessas novas idéias, que ofereçam uma base ideal para o uso dessas tecnologias, sistemas econômicos e instituições sociais com vistas para o futuro.

Os procedimentos de recuperação ambiental devem ter por objetivo auxiliar o desenvolvimento sustentável. Para atingi-lo, a busca deve ser no sentido de propostas alternativas sistêmicas e sinérgicas, tendo como modelo os próprios ecossistemas naturais e com o envolvimento de toda a sociedade. Infelizmente, existem gargalos que têm dificultado os procedimentos de recuperação ambiental, tais como: a) a indefinição de políticas públicas; e b) a falta de ações concretas por parte 1) das organizações de pesquisa e ensino, exigindo novas diretrizes com profundas transformações estruturais; e 2) dos órgãos legisladores, regulamentadores, certificadores e fiscalizadores, exigindo do setor produtivo o cumprimento da legislação. Este último, demonstrando excessiva cautela em situações onde a punição deveria ser mais imediata e rigorosa.

A pesquisa evoluiu significativamente em todo o mundo. Porém, no Brasil, faltam recursos, parcerias com a indústria e um maior intercâmbio entre as diversas instituições de pesquisa. Essa tomada de decisão reduziria os custos e aceleraria os resultados dos procedimentos de recuperação ambiental, criando situações de maior dinamismo e cooperação, posto o caráter multidisciplinar que essa ciência possui e exige. No Brasil, a qualidade do ensino básico, fundamental e superior, bem como os cursos de especialização não são satisfatórios, particularmente por não adotarem uma abordagem sistêmica necessária à realidade atual e, principalmente por a) não visualizarem a História holisticamente ; b) não conduzirem os alunos à uma educação política baseada na ética; e c) não possuírem em sua grade de disciplinas, particularmente nos cursos de recuperação ambiental, disciplinas como Sociologia e Antropologia.

Nos procedimentos de recuperação propriamente ditos, observados todos os requisitos ambientais, sociais, legais e técnicos, o planejamento cuidadoso, a manipulação dos materiais, a reconstrução topográfica e a seleção das espécies para a revegetação, representam a chave para o sucesso. Raramente é possível projetar tais estratégias, para que sejam efetivas e duradouras, sem um profundo conhecimento de trabalhos relativos à perturbação de solo/água e práticas responsáveis pelos impactos ambientais que exigem recuperação. Em função dessa realidade, é necessário para gerentes de recuperação, interagir e entender as perspectivas diversas de engenheiros, geólogos, cientistas de solo, hidrologistas, biólogos e outros profissionais das disciplinas relacionadas, como aquelas anteriormente citadas. Também, estratégias de recuperação devem ser financeiramente viáveis e claramente comunicadas aos proprietários da área e ao órgão responsável pelo controle e fiscalização.

A recuperação de locais com distúrbios envolve uma variedade de práticas de manejo de curto e longo prazo, normalmente projetadas antes da perturbação, para minimizar os impactos adversos e maximizar o potencial produtivo futuro do local. Porém, é importante perceber, que alguns efeitos de curto prazo, como aumento do escoamento superficial, produção de sedimentos e deslocamento da vida selvagem, são inevitáveis em atividades perturbadoras de solo. Assim, embora o enfoque das metas de recuperação ou reconstrução da pedopaisagem seja de longo prazo, todo impacto hidrológico, estratégias de revegetação e recuperação após o uso do solo, deve-se estabelecer um programa ativo de mitigação dos impactos temporários, devendo ser incluído em planos contingenciais de operações diárias.

Finalmente, o local recuperado deverá fundir-se amplamente com a paisagem da qual será uma parte funcional. A paisagem circundante provê áreas de referência para pesquisa comparativa. Frequentemente, é possível utilizar o processo de recuperação para produzir pedopaisagens mais produtivas àquelas originalmente ocupadas no local. Isto é nitidamente possível, quando o pré-distúrbio da paisagem foi previamente degradada por erosão de solo, movimentos de massa ou antigo local de mineração.

Posteriormente, para que o sucesso e o equilíbrio da área recuperada seja alcançado e conservado, dependerá, em grande parte, da maneira como o solo será utilizado e manejado. Práticas conservacionistas e manejo terão grande influência sobre processos erosivos que influenciarão na produtividade dessas áreas. Por esse motivo, para uma exploração racional, a área recuperada deverá ser utilizada de acordo com a sua capacidade de uso. Na ocorrência de excessos, que ultrapassem o limite de sua capacidade de suporte, haverá riscos de deterioração. Isso é importante no caso de áreas recuperadas, particularmente com referência a uma questão que nem sempre tem sido abordada: o custo do “progresso”.

Observando-se a História, particularmente a mais recente, aprende-se que apesar de ter havido crescimento econômico e um considerável avanço da ciência, em função das diversas condições de desequilíbrio que interferiram significativamente sobre as condições ambientais, na maioria das vezes situações criadas pelo próprio progresso, não houve uma melhoria eqüitativa na qualidade de vida que o justifique. Ao mesmo tempo, diante do contínuo crescimento populacional, exigindo um aumento proporcional na demanda por alimentos e na

geração de empregos e renda, é necessário que sejam tomadas medidas imediatas para alteração dos modelos de produção e de desenvolvimento.

É sabido que a pobreza e a miséria impostas a milhões de habitantes de nosso planeta, que os conduzem a um nível de vida incompatível com a dignidade humana, gera degradação. Mesmo tendo havido significativos avanços em recuperação ambiental, é necessário poupar os recursos naturais imprescindíveis ao desenvolvimento sócio-econômico, visando uma concreta melhoria na qualidade de vida atual e que crie condições de sustentabilidade para as futuras gerações. Esse é o grande desafio para que ocorra uma nova ordem ambiental, em todo o mundo: mais justa, saudável e equilibrada.

São fundamentais a adoção de sistemas de gestão ambiental pelas empresas e a educação ambiental da população. Deverão ocorrer com a incorporação de novos valores onde a ética e a moral sejam componentes integrantes desse novo modelo. Dessa forma, poder-se-ão evitar novos casos de degradação e mantidas as áreas recuperadas. Para isso, faz-se necessário o acesso à informação e a criação de uma visão compartilhada com a sociedade. Somente dessa forma, dentro de uma nova consciência ambiental e sustentado por condições que permitam uma maior equidade social, os procedimentos de recuperação ambiental serão efetivamente duradouros, tornando-se possível o desenvolvimento sustentável.

Atualmente, a exploração agropecuária, florestal e industrial racional, é o desafio do século XXI. Para tanto, é necessário que sejam revistos os conceitos em termos de manejo e de utilização de práticas conservacionistas. Deve-se adotar uma educação ambiental crítica voltada para a necessária transformação da sociedade, para que esse cenário possa ser revertido na direção da sustentabilidade, baseada em novas condições que reordenarão os novos modelos de produção.

## CAPÍTULO III

### 4.3. O desenvolvimento sustentável

#### 4.3.1. Objetivos

O objetivo principal deste capítulo é identificar a importância da recuperação ambiental no contexto de desenvolvimento sustentável. Para isso, é necessário que sejam conhecidas as questões ambientais atuais, para que possam ser traçadas as diretrizes necessárias que possibilitem o fim dos processos que geram degradação, com vistas à sustentabilidade. Objetiva também:

- Identificar as relações sistêmicas existentes nos sistemas físico e social;
- Caracterizar as políticas públicas do passado e as atuais;
- Conhecer procedimentos para a geração de tecnologias apropriadas;
- Identificar a postura das empresas nesse processo e o seu potencial de participação;
- Demonstrar a importância da implantação do Sistema de Gestão Ambiental e do Licenciamento Ambiental como aliados à promoção do desenvolvimento sustentável.

#### 4.3.2. Introdução

A evolução natural das condições ambientais por um período prolongado de tempo, proporcionou a evolução natural das espécies, permitindo o surgimento dos seres humanos. Nesse mesmo período, houve um grande número de espécies extintas pelo fato do ambiente ter-se modificado para condições adversas a estas. Por esse motivo, ao recriar-se um novo ambiente, pode ser gerado, paralelamente, uma série de efeitos colaterais, que poderão facilitar, dificultar ou mesmo impedir o desenvolvimento e a qualidade de vida da humanidade, a medida que alteram os ecossistemas (BELLIA, 1996).

Na abordagem de Marx, *apud* SCHMIDT (1976), as relações sociedade/natureza são enfocadas nas formas como determinada sociedade se organiza para o acesso e uso dos recursos naturais. Na concepção marxista, a relação do homem com a natureza é sempre dialética: o homem informa a natureza ao mesmo tempo em que esta o informa. Com esse conceito de intercâmbio orgânico, Marx introduz uma concepção nova da relação do homem com a natureza. Assim, de acordo com KELLE e KOVALZON (1977), esse materialismo dialético tratou de unificar e sintetizar dois elementos antes separados - o materialismo filosófico e as ciências naturais, mediante uma visão da realidade que parte do problema do movimento, do desenvolvimento, ou mais exatamente do “autodinamismo do desenvolvimento mediante contradições dialéticas”. Dessa forma, o universo é visto como um sistema total composto de subsistemas interligados, que se afetam recíproca e continuamente, produzindo movimento e desenvolvimento; ou seja, pressupõe-se teoricamente a indissociabilidade entre natureza e sociedade.

Para BERNARDES e FERREIRA (2003), nesse processo de metabolismo, a natureza se humaniza e o homem se naturaliza, influenciados por fatores historicamente existentes em uma determinada época e situação. Dessa maneira, ocorre uma troca material, estabelecendo-se uma relação do valor de uso entre a natureza e os seres humanos. Observa-se, então, que existe além da necessidade biológica do homem viver da natureza, também a relação social estabelecida é fundamental. Para Marx, *apud* KELLE e KOVALZON (1977), o ser social é que determina a consciência humana. Assim, para SMITH (1998), “a relação com a natureza acompanha o desenvolvimento das relações sociais e, na medida em que estas são contraditórias, também o é a relação com a natureza”.

Entretanto, analisando a relação sociedade/natureza em uma abordagem não determinística, MASER (1999) afirma que deve ser incumbência das atuais gerações, direcionar o caminho futuro a ser seguido. É necessário para tal, entre outros fatores, um planejamento consciente, começando com o estímulo à formação de uma visão compartilhada local, visando proteger cuidadosamente os principais valores ambientais e humanos, propositadamente entrelaçados dentro do tecido interpessoal de suas respectivas comunidades. Alfred North Whitehead, filósofo e matemático inglês, *apud* MASER (1999), tratou esse assunto com a seguinte observação: “a arte do progresso é preservar a ordem em meio a mudanças e preservar as mudanças em meio a ordem”. Assim, evidencia-se a importância da construção da visão compartilhada (também defendida por SENGE, 1990), devendo, entretanto, para inspirar confiança, estar fundamentada no respeito mútuo, na ética e na responsabilidade. Para esses mesmos autores, relações interpessoais funcionam como uma engrenagem social que ligam os membros de uma comunidade - e o mundo das sociedades humanas interdependentes - unindo esforços que direcionam para o desenvolvimento sustentável.

Para BUTTEL (1998), a adoção dessa postura, aquela que fortalece as relações interpessoais, representaria um apelo moral persuasivo efetivamente voltada para políticas de desenvolvimento mais humanas e coerentes com as reais necessidades das comunidades. Conduziriam à conservação dos recursos e à estratégias para um desenvolvimento econômico com maior equidade social. Para esse mesmo autor, o conceito de sustentabilidade recentemente tão discutido, foi sujeito a inúmeras críticas por ser vago, técnico e retórico, estando a literatura existente sobre o assunto muito dispersa: até certo ponto justificável, por ser um conceito proveniente de uma preocupação recente e complexa, que envolve interesses muitas vezes antagônicos.

Nesse contexto, pode-se afirmar que a idéia de objetivar o desenvolvimento sustentável revela, inicialmente, a crescente insatisfação com a situação criada e imposta pelos modelos vigentes de desenvolvimento e de produção das atividades antrópicas. Resulta de emergentes pressões sociais pelo estabelecimento de uma maior equidade social. Na elaboração da Agenda 21 Brasileira, foi considerada fundamental que se promova à substituição progressiva dos sistemas agropecuários e florestais simplificados, como as monoculturas, por sistemas diversificados que integrem a produção animal e vegetal. Porém,

estes sistemas são mais exigentes em conhecimento ecológico do que os monoculturais, por não possuírem pacotes tecnológicos, e serem específicos para cada ecossistema. Portanto, exigem a combinação dos conhecimentos agrônômicos e florestais clássicos com o conhecimento “sistêmico”, ou seja, que permitam integrar os diversos componentes de um agroecossistema.

Dessa forma, a proposta da Agenda 21 é bem mais complexa do ponto de vista metodológico, demandando disponibilidade, aptidão e cooperação dos ensinamentos específicos, assumindo perspectivas interdisciplinares. Esse tipo de conhecimento depende, em grande parte, da adoção de políticas públicas que promovam avanços nessa direção, atentando para o fato de que tão importante quanto gerar novos conhecimentos e tecnologias apropriadas, é fazê-los chegar ao seu destino. Na transição a um padrão sustentável, os gargalos estão mais no âmbito do desempenho institucional, posto ser precária a difusão dessas opções pelos órgãos oficiais de assistência técnica e cooperativas, e as contribuições das ONGs, apesar de importantes, continuam modestas.

Ultimamente, organismos internacionais, como o BIRD e o BID, têm advertido que ações de desenvolvimento que utilizam métodos participativos têm resultados superiores às que se baseiam em estruturas hierárquicas. Nessas circunstâncias, o Estado deve ser o coordenador da formação de uma abordagem sistêmica que integre organismos públicos envolvidos nesses sistemas produtivos, de ensino e de pesquisa, ONGs, empresas privadas e sociedades civil organizadas, por meio da formação de uma visão compartilhada, detectando e preparando lideranças da qual resulte seu pacto de desenvolvimento sustentável. A sua formação deve começar pela união dos diversos atores envolvidos, incluindo pesquisadores e extensionistas, que devem conhecer bem essas comunidades e, preferencialmente, tendo como coordenador uma “organização social” criada exatamente para transformar essa estratégia em projetos e definir os meios para sua implementação. A extensão e a pesquisa têm estado voltadas para esta dupla preocupação: intensificação do uso do solo nas terras já ocupadas e o desenvolvimento de fontes de geração de renda em sistemas baseados na conservação dos recursos naturais (ENA, 2003).

Este fato justifica-se porque a estratégia para o desenvolvimento sustentável no Brasil não pode basear-se na continuidade dos processos de redução e degradação da sua biodiversidade, devendo, portanto, ser otimizada as superfícies já incorporadas à produção agropecuária e florestal, recuperando aquelas degradadas. Dentro de uma organização empresarial, também nas atividades rurais, otimizar a produção é um aspecto importante no significado econômico, podendo garantir a sustentabilidade do sistema, pois exerce uma ação motivadora na implantação, na condução e na manutenção da atividade. O equilíbrio entre demanda e oferta, é o princípio econômico que funciona como um fator de direcionamento em relação ao que se deve produzir, a quantidade que se vai produzir e a maneira pela qual a produção vai ser obtida, tendo como objetivo a manutenção contínua da atividade (SILVA, 2000).



Percebe-se, que as propriedades rurais e as diversas comunidades, não estão aproveitando efetivamente os seus recursos. Estes incluem seu potencial de transformação dos produtos agropecuários, da matéria-prima florestal e agroflorestal, e da administração de seus resíduos gerados durante os processos produtivos, urbanos e rurais, em produtos de maior valor agregado. Por esse motivo, faz-se necessário as seguintes mudanças nos modelos vigentes de produção: a) inicialmente, a recuperação ambiental fundamentada em princípios éticos, ou seja, onde exista a real preocupação com o meio ambiente, dentro das propostas do desenvolvimento sustentável; b) a elaboração de tecnologias apropriadas que poupem e conservem os recursos naturais; c) maior rigor na concessão do licenciamento ambiental, condicionando-o à adoção de sistemas de gestão ambiental; d) efetividade no monitoramento e na fiscalização pelos órgãos responsáveis, com a participação de toda a sociedade, politizada e ambientalmente educada; e e) políticas públicas voltadas nessa direção e com a necessária determinação exigida nesse momento. Dessa forma, poderá haver uma melhor distribuição dos benefícios do desenvolvimento, reduzindo os casos de pobreza extrema e de iniquidade sócio-econômica, característicos da sociedade brasileira.

#### **4.3.3. Conceitos**

##### **➤ Visão econômica/antropocêntrica**

Define-se o desenvolvimento “como as modificações da biosfera e a aplicação dos recursos humanos, financeiros, vivos e inanimados, que visam a satisfação das necessidades humanas e a melhoria da qualidade de vida do homem” (MACEDO et al., 2000).

##### **➤ Visão ecológica/ecocêntrica**

Em 1987, a Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela ONU em 1983, onze anos depois da Conferência de Estocolmo, publicaram um relatório intitulado “Nosso Futuro Comum”, sendo iniciado um processo de debate sobre as questões ambientais e o desenvolvimento, aonde, apesar do homem ser o centro das preocupações, começou a preocupação com as gerações futuras e da consciência que a sua qualidade de vida é dependente da qualidade do meio ambiente (BRUNTLAND, 1987). Esse relatório contém a definição a respeito de desenvolvimento sustentável mais divulgada e reconhecida mundialmente: “é o conjunto de ações que geram processos de transformações na exploração dos recursos naturais, na direção dos investimentos e na orientação do desenvolvimento tecnológico com vistas a garantir a expectativa e o potencial de vida presente e das gerações futuras”.

#### 4.3.4. Análise conceitual: divergências e propostas alternativas

Na visão econômica/antropocêntrica, desenvolvimento significa a manutenção ou a melhoria dos padrões de vida humana. Sob a ótica ecológica/ecocêntrica, significa a manutenção das funções dos sistemas ecológicos. Por esse motivo, TOMAN (1992) comenta que tal discordância prejudica a definição de respostas adequadas para conduzir ações concretas e atingir o desenvolvimento sustentável. Realmente, alcançar uma relação de harmonização entre objetivos considerados, a princípio tão opostos, como aqueles relacionados à conservação ambiental e à promoção do desenvolvimento sócio-econômico, não é tarefa fácil. Para GODARD (1997), a gestão dos recursos deve estar imbuída de uma visão estratégica do desenvolvimento em longo prazo, que lhe confere um sentido para além dos usos cotidianos.

Sobre o excesso de participação e importância dessa questão conflitante capital/ecologia/ desenvolvimento sustentável, ZACARIAS (2000) cita a pensadora indiana Vandana Shiva (1991), que afirma

que a ideologia do desenvolvimento sustentável vem sendo constituída dentro dos limites da economia de mercado, oferecendo, portanto, soluções de mercado à crise ecológica. Para ela, essa falsa noção se baseia em três erros ontológicos: 1) a primazia ontológica do capital; 2) a separação ontológica entre produção e a conservação, tornando esta última dependente do capital; e 3) dar por sustentada a substituição da natureza pelo capital”.

Com a introdução da visão ecológica/ecocêntrica ao conceito de desenvolvimento, deverá ocorrer a inclusão de princípios éticos, a partir do momento em que passa a existir preocupação para com as futuras gerações; contudo, sem despreocupar-se com as exigências de satisfação da atual. Foi reconhecida a necessidade a) fundamental de prioridade aos pobres; b) de impor limites à tecnologia evitando riscos aos sistemas naturais e ao esgotamento de seus recursos; c) recuperar as áreas degradadas; e d) de estimular a reciclagem, entre outros, demonstrando a preocupação com o excessivo crescimento da população e as suas conseqüências imprevisíveis. Principalmente, nos países em desenvolvimento, aonde a consciência da necessidade de conservação dos recursos é menor, em face da obrigatoriedade de seu uso, posto que, em algumas regiões, são estes recursos que garantem a sua própria sobrevivência. A partir dessa nova visão ambiental percebe-se: para atingir a sustentabilidade existe a necessidade da melhoria da qualidade de vida de toda a humanidade.

Dessa forma, o objetivo é reduzir a pobreza absoluta em todo o mundo, com o provimento de bens vitais para minimizar o depauperamento dos recursos, a degradação ambiental, as rupturas culturais e a instabilidade social. Na medida que a expressão “desenvolvimento sustentável” já está consolidada e referenciada aos problemas ambientais, procurando dar também um enfoque econômico, deve-se procurar reunir a eficácia do uso do fator de produção recursos naturais (como “desenvolvimento”), com sua estimulação (da

eficácia) como meta, no mínimo, com a conservação do fator recursos naturais (como “sustentável”) (BELLIA, 1996).

GOODLAND (1989) abstraindo o significado da palavra “eficaz”, que no seu conceito de desenvolvimento dispensa o adjetivo “sustentável”, atribuindo ao substantivo “desenvolvimento” a necessidade de eficácia no uso do meio ambiente, define: “é o padrão das transformações econômicas, sociais e estruturais, por meio da melhoria qualitativa do equilíbrio relativo ao meio ambiente”.

A partir desse conceito, o Centro Nacional para o Desenvolvimento Sustentado das Populações Tradicionais (CNPT) do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), definiu desenvolvimento sustentável apropriando-a ao caso dos povos que vivem nas “Reservas Extrativistas” (Resex), criadas em 1990 pelo Decreto 98.897, quando passaram a integrar o Programa Nacional de Meio Ambiente, evitando a destruição de suas culturas e conhecimentos (PDSA, 2003):

conceitua-se desenvolvimento sustentável para as populações tradicionais, o processo de transformação no qual a exploração dos recursos, a direção dos investimentos, a orientação do desenvolvimento tecnológico e a mudança institucional se harmonizam, reforçando o potencial presente e futuro do meio ambiente suporte das atividades econômicas destas populações, a fim de melhor atender as suas necessidades e aspirações, respeitando a livre determinação sobre a evolução de seus perfis culturais.

O Governo do Estado do Amapá defende essa abordagem de desenvolvimento sustentável no sentido de promover a valorização e modernização do extrativismo, objetivando a proteção dos recursos florestais, assegurando a permanência das comunidades tradicionais nas áreas que habitam e melhorando suas condições de vida (PDSA, 2003). Nesse mesmo sentido, o RELATÓRIO...(1991) e DIEGUES (1997), fazendo a análise da cultura indígena, fornecem um conjunto de informações e conhecimentos sobre os processos da natureza, que devem ser bem repensados para o aprofundamento da reflexão sobre as questões ambientais. Grandes áreas preservadas da Amazônia, florestas e savanas, possivelmente, são o resultado de milênios de remanejamento empreendido por essas comunidades, ou seja, aproveitamento sustentável dos ecossistemas amazônicos. Entretanto, para ANDERSON (1992), o modelo de produção altamente extensivo de uso da terra, não garante as necessidades econômicas básicas para as populações atuais e seus futuros descendentes. Para esse mesmo autor, as populações das Resex deveriam associar às suas práticas extensivas, algumas formas mais intensivas de uso da terra, desde que manejada corretamente.

Dentro dessa visão utilitarista, considerando o manejo que deverá ser dado a uma área recuperada para que se mantenha sustentável (permite intervenção humana), e não auto-sustentada (sem intervenção humana), o conceito que melhor se adequa à essa visão, é o proposto pela FAO, *apud* BRIDGES et al. (2001):

é o gerenciamento e a conservação da base de recursos naturais e a orientação de mudanças tecnológicas e institucionais, de maneira a garantir a obtenção e satisfação contínua das necessidades humanas para as gerações presentes e futuras. Tal desenvolvimento sustentável (na agricultura, floresta e setores pesqueiros) resulta na conservação do solo, da terra e da água e dos recursos genéticos animais e vegetais, além de não degradar o ambiente e ser tecnologicamente apropriado, economicamente viável e socialmente aceito.

Observa-se, entre as diversas definições existentes sobre o desenvolvimento sustentável, que podem ser enfocadas sob diferentes abordagens, como as caracterizadas por ADLARD (1993), envolvendo desde a manutenção da produtividade biológica até o desenvolvimento do bem-estar humano e a continuidade da vida do Planeta:

- “Produção Sustentável” - nessa abordagem, o conceito do “bom cultivo”, que tem implicações nos conceitos de “bom manejo”, mantém-se como a base para a utilização dos recursos naturais. Dessa forma, produção sustentável refere-se ao uso do solo e à sustentabilidade da produção nele desenvolvida, considerando a capacidade de cada geração de manter e repassar às futuras gerações um estoque de recursos naturais não menos produtivo ou utilizável do que aquele que herdou. Nesse estoque estariam englobados: florestas, terras para produção agrícola e para desenvolvimento urbano, áreas protegidas para abastecimento de água, entre outros;
- “Sustentabilidade do bem-estar humano” e “vida sustentável” - nessas duas abordagens, o foco está sobre a manutenção e melhoria do bem-estar humano num sentido mais amplo, do que apenas garantir a conservação da base de recursos naturais, da qual o bem-estar é, em parte, dependente. Nesse contexto, “a sustentabilidade é uma preocupação global e tem-se tornado familiar para a maioria das pessoas, principalmente nos países desenvolvidos. É discutida no sentido de redução da degradação ambiental, considerada como consequência imediata do crescimento econômico”.

Para GODARD (1997), o futuro do meio ambiente deve ser questionado sobretudo no domínio das modalidades de gestão dos seus recursos, tanto no caso dos mesmos estarem sendo superexplorados, quanto no caso de sua exploração estar acarretando a degradação do meio ambiente, ou, enfim, “levando-se em conta o fato de os recursos estarem sendo descuidados, implicando assim o abandono das práticas de conservação do meio que resultavam de sua valorização econômica; seja no contexto da economia doméstica, seja naquele ligado à economia de mercado”. Na visão desse mesmo autor, para que essa harmonização tenha êxito, torna-se necessário, contudo, “que o meio ambiente não seja visto somente como uma fonte de coações e de custos suplementares imateriais e como um potencial de recursos naturais a serem mobilizados visando o desenvolvimento econômico e social”.

Assim, a gestão dos recursos visando o desenvolvimento sustentável, implica na consideração de pelo menos dois níveis (*ibidem*): 1) aquele onde comparece uma multiplicidade de atores intervindo diretamente no processo de gestão (deve ser buscada junto

àqueles que se encontram cotidianamente próximos dos mesmos); e 2) aquele relacionado aos mecanismos institucionais que têm por objetivo/função integrar, coordenar, estimular e controlar a gestão dos recursos sem se constituírem em atores diretos ou, pelo menos, em atores exclusivos do processo (não devem ser confundidos com as instituições habituais que enquadram a orientação e o planejamento do desenvolvimento, a ação administrativa, ou o funcionamento econômico). Para a obtenção de tal resultado, é preciso que se reafirme a implicação e a responsabilidade da sociedade civil relativamente aos recursos e ao espaço.

Para DIEGUES (1997), as estratégias alternativas de desenvolvimento sustentável devem incluir como seus componentes essenciais: a) “o respeito pela dinâmica dos sistemas naturais; b) o uso de tecnologias científicas capazes de incorporar a riqueza embutida nas formas tradicionais de conhecimento dos ecossistemas; e c) a preocupação pela equidade social e pela viabilidade econômica das ações de desenvolvimento”.

#### **4.3.5. Questões ambientais atuais**

Apesar de toda a polêmica gerada, recentemente, as questões ambientais têm conquistado adeptos em todo o mundo. Os movimentos ecológicos, por exemplo, apesar de algumas contradições e diversidade de opiniões, chamam atenção à questão do desenvolvimento sustentável. Alguns, a consideram uma racionalização da sociedade com a implantação de um desenvolvimento mais limpo; entretanto, outros a consideram uma utopia romântica (BERNARDES e FERREIRA, 2003).

Para Sallier (1990), *apud* BELLIA (1996), deve haver um equilíbrio, e não oposição, entre o econômico e o ecológico; ou seja, na sua visão, o conceito de desenvolvimento sustentável nos convida a administrar o presente tendo em vista o futuro das próximas gerações, por meio de uma arbitragem entre o desejável altruísta e o possível egoísta. Para o RELATÓRIO...(1991), “não tem sentido opor meio ambiente e desenvolvimento, pois a qualidade do primeiro é o resultado da dinâmica do segundo”.

PEARCE e TURNER (1989), considerando a importância dos aspectos ecológicos e, também, do econômico, advertem: benefícios imediatos, geralmente, não são consistentes com o bem-estar de longo prazo, ou mesmo, com a própria sobrevivência humana. Dessa forma, afirmam que alguns objetivos sociais, tal como os ganhos de bem-estar, cujas políticas de suporte exigem pré-condições ecológicas não consistentes para a manutenção da qualidade de vida, devem ser questionadas para que não haja prejuízo para as gerações futuras. Acrescentam ainda, que no longo prazo, poderemos ter ganhos e, ou, perdas incomensuráveis, quando as medidas em termos de moeda não se apresentarem apoiadas em valores e políticas ambientais que garantam a conservação.

Essa preocupação é concreta e deve existir, posto que os recursos naturais são “ativos dilapidáveis”, caso eles sejam não renováveis (minerais), ou se eles forem renováveis (solo, florestas, pesqueiros), mas que não sejam “renovados” por meio de manejo cuidadoso, capazes de garantir, no mínimo, receitas idênticas no futuro (EL SERAFY, 1989). Esse fato é

confirmado pelo RELATÓRIO..., (1991), que afirma estarmos vivendo uma crise que é ecológica (esgotamento progressivo da base de recursos naturais, por exemplo, a redução da biodiversidade, interferindo nas relações entre os seres vivos) e ambiental (redução da capacidade de recuperação dos ecossistemas, em face da grande interferência humana). Adverte, entretanto, que também é uma crise política, estando diretamente relacionada com os sistemas de poder para a distribuição e utilização dos recursos naturais pela sociedade, pois da forma como vem sendo conduzida essa questão, determina a situação de escassez absoluta (esgotamento do estoque de recursos) ou relativa (padrões insustentáveis de consumo ou iniquidades no acesso a eles).

Na verdade, a desarticulação entre as ações e estratégias de gestão ambiental e territorial, pode ser explicada em grande parte, pela incapacidade do Estado brasileiro implementar políticas de transformação dos comportamentos individual e coletivo. O novo modelo de gestão dos recursos hídricos no Brasil, por exemplo, tenta romper essa antiga regra (CUNHA e COELHO, 2003).

#### **4.3.6. Diretrizes necessárias**

Na prática, é preciso que ocorra uma mudança em todo o campo organizacional (meio em que ocorre a evolução das práticas ambientais dentro do contexto social, político e econômico, tais como ONGs, grupos de base e comunitários com mínima organização formal) e nas práticas educacionais que visem transformações sólidas e duradouras. Para isso, entre outros, faz-se necessário: a) uma melhor distribuição de renda, visando a superação da pobreza e das desigualdades que dela emerge; e b) a participação e controle social do desenvolvimento, que exige o surgimento de lideranças locais, nacionais e mundiais, determinadas e confiáveis. Devem ter a iniciativa de propor posicionamentos mais coerentes com esse apelo por mudanças, necessitando, portanto, de uma visão estratégica do desenvolvimento em longo prazo, que implicam no projeto de uma gestão mais integrada dos recursos naturais e do meio ambiente (GODARD, 1997; HOFFMAN, 1997).

Porém, para MASER (1999), a imprescindível liderança necessária para o desenvolvimento de elevados padrões moral e nível de consciência, infelizmente, tem sido confundidos e desviados atualmente. Para este mesmo autor, a evolução de consciência ambiental de cada sociedade, desde tempos primitivos até hoje, pode ser visualizada. Sintetiza, que a singular lição que a história da experiência humana nos evidencia, é que nós, coletivamente, poderemos recuperar nosso planeta somente quando individualmente recuperarmos nossas próprias vidas: portanto, nossa respectiva sociedade. E afirma: a recuperação somente dar-se-á quando transcendermos dos fascínios produzidos pela ciência, cujas próprias verdades possuem um limite temporal, objetivando efetivamente a natureza. Essa manifestação deve vir acompanhada por um conhecimento racional, de tal forma a respeitá-la: pode ser referenciada pelos conhecimentos intuitivos que a ciência ajuda a elucidar, mas deve haver a consciência de que não pode, plenamente, explicá-la ou substituí-

la. Isto porque não podemos responder às nossas profundas e fundamentais questões sócio-ambientais exclusivamente por meio da ciência, posto não serem meramente questões científicas: são questões de cunho moral, valores e princípios, que desobedecem nossa fragmentada visão do mundo - uma corrente econômica mecanicista.

Por esse motivo, a tomada de consciência para a participação humana na evolução sustentável do Planeta, deve estar baseada na evolução moral da sociedade. Deve-se levar em consideração as características dessa sociedade e a sua cultura, que é o produto de seu modo dominante de pensamento. MASER (1999) considera que basicamente são dois os padrões de pensamento humano: 1) padrão linear - equipara a produção e acumulação de produtos materiais como propósito primário da vida; e 2) padrão cíclico - compara os seres como parte integral dos processos que constituem o centro espiritual do ciclo da vida. Em resumo, estes padrões de pensamento determinam o núcleo da cultura da sociedade.

O padrão linear do pensamento humano produz a cultura, como a Ocidental industrializada, que determina o modo das instituições e relega aos aspectos espirituais, o degrau inferior da escala social. Por outro lado, o padrão cíclico de pensamento humano produz a cultura, como aquelas dos anos iniciais da América, dos aborígenes da Austrália ou dos samoas na Polinésia, aonde a espiritualidade é a força que dirige a sociedade e determina os princípios de sua economia e de suas instituições. Segundo MASER (1999), dada a mesma área de terra a ambos, cada cultura poderá produzir, de maneira ampla, um diferente projeto baseado no seu pensamento padrão de cultura, o qual será o molde do senso individual de valores refletidos do espelho social coletivo - o meio ambiente. Afirma que, apesar de existir tais diferenças, todas as pessoas devem ser direcionadas para um determinado caminho, porém unidas com o meio ambiente e considerando a sua forma de cultura: isso é importante e imprescindível porque o meio ambiente e as pessoas são inseparáveis. Como os valores sociais determinam a cultura e como esta é uma expressão de seu valor, também são tomados os valores do meio ambiente pelas pessoas, por meio da imagem vista de forças ocultas dos seus psiquismos sociais.

Visto dessa forma, o meio ambiente deve ser analisado de uma maneira holística. Isso é argumentado por Bennett e Charley, *apud* BOWONDER (1987), posto que a percepção é função de diversos fatores, tais como informação, experiência do passado, prontidão perceptiva, estresse, pressão de grupo, papel social de interação, grupos de referência social, posição hierárquica organizacional e sistema de incentivo. Então, após interligados todos esses fatores, o meio ambiente assim compreendido, é derivado do próprio invento. Assim, para BELLIA (1996), cada período histórico e cada sociedade transforma o ambiente em recurso de uma determinada maneira.

Consciente dessa realidade, PURSER (1997) afirma que o desenvolvimento sustentável requererá mudanças fundamentais na percepção cultural, como a consciência de que o meio ambiente não está limitado aos ecossistemas biofísicos, mas inclui uma rede de interações entre a consciência humana, os sistemas sociais e o meio natural, formando um

centro integrado. Ou seja, fica caracterizada a importância dessa visão holística do meio ambiente.

Por esse motivo, MASER (1999) afirma que a trajetória do desenvolvimento escolhida por uma determinada comunidade, ou seja, a tomada de consciência, poderá ser cooperativa e ecologicamente benigna, ou competitiva e ecologicamente maligna, dependendo da interação desses diversos fatores. Porém adverte, não importando a trajetória escolhida, ela deve ser pessoal, para que posteriormente, possam ser suportadas sem a ocorrência de conflitos. Para esse fim, é necessário optar por decisões que guiem o quanto as políticas vindouras deverão ser direcionadas para satisfazer e cumprir a nossa participação com cidadão planetário, posto que o nosso comportamento na comunidade local, quando tomados coletivamente, afeta o mundo como um todo – a testemunha é a depleção da camada de ozônio e a poluição dos oceanos. Por esse motivo, a instrução inicial deve ser para que os cidadãos do Planeta vivam em humildade e harmonia, simultaneamente, minimizando as interferências em todos os processos evolutivos da natureza. Para BUTTEL (1998), é necessário que haja uma prática sociorregulatória decorrentes de uma regulação ambiental dentro de uma nova visão de sustentabilidade.

GUIMARÃES (1995) defende uma postura crítica relacionada a essa proposta:

se a proposta de desenvolvimento sustentável parece plenamente justificável e legítima, a sua aceitação generalizada tem-se caracterizado por uma postura acrítica e alienada em relação a dinâmicas sócio-políticas concretas. Para que tal proposta não represente apenas um “enverdecimento” do estilo atual, cujo conteúdo se esgotaria no nível da retórica, impõe-se examinar as contradições ideológicas, sociais e institucionais do próprio discurso da sustentabilidade, bem como analisar distintas dimensões de sustentabilidade ecológica, ambiental, social, cultural e outras para transformá-las em critérios objetivos de política pública.

Para CUNHA e COELHO (2003), é difícil visualizar todas as idéias que contribuíram para moldar a política ambiental brasileira das últimas décadas. A opção foi priorizar alguns campos de debate: a) considerando a relação com as políticas públicas que serão agora discutidas; e b) a relevância dessas idéias “na construção de uma percepção crítica da atuação do Estado na regulação do uso dos recursos naturais no Brasil”. O que pode ser questionado é o papel do Estado na regulação do comportamento de indivíduos e grupos sociais com relação ao uso da base de recursos naturais. As divergências entre essas abordagens, de acordo com essas mesmas autoras, podem ser resumidas em dois aspectos principais:

- a) A definição dos arranjos institucionais mais adequados à regulação ambiental, com posições marcadas pela forte intervenção do Estado, pela auto-regulação dos usuários dos recursos e pelas leis do mercado; e
- b) O caráter das relações entre sociedade e meio ambiente, em que as divergências estão colocadas principalmente em termos de crença ou não na possibilidade de que sejam harmonizados o uso humano de recursos naturais e a conservação da natureza, agindo, portanto, de forma seletivamente intervencionista (CUNHA e COELHO, 2003).



#### 4.3.6.1. Política pública

As leis ambientais e políticas públicas no Brasil, em função da percepção surgida a partir da década de 70, quando a degradação aumentava de forma dramática, devido à maior mobilizações sociais em torno das questões ambientais, passaram a ser tratadas pelo governo com o enfoque de assunto estratégico. As manifestações e críticas nacionais e internacionais que exigiam uma definição na política ambiental, receberam especial atenção, particularmente durante a elaboração da Constituição de 1988, resultando em um capítulo inteiramente dedicado à questões ambientais. Efetivamente, houve a elaboração e implementação de políticas públicas com caráter marcadamente ambiental e com forte tendência descentralizadora. Para GODARD (1997), as políticas públicas e as suas instituições, devem procurar organizar a cooperação entre as diversas atividades produtivas de um determinado local, a fim de desenvolver sinergias possíveis na utilização dos recursos e alcançar uma gestão global dos meios e dos equilíbrios naturais.

De acordo com CUNHA e COELHO (2003), é possível identificar, nitidamente, pelo menos três tipos de políticas ambientais: as regulatórias, as estruturadoras e as indutoras de comportamento.

- Regulatórias - referem-se à “elaboração de legislação específica para estabelecer ou regulamentar normas e regras de uso e acesso ao ambiente natural e a seus recursos, bem como à criação de aparatos institucionais que garantam o cumprimento da lei”. Como alguns exemplos mais recentes: criação, em 1973, da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA); Resolução sobre a obrigatoriedade do EIA/RIMA (1986); promulgação de leis dos crimes relativos aos agrotóxicos e à poluição (1989); criação da Secretaria do Meio Ambiente (1990) e do Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal (MMA) (1993); Promulgação da Lei dos Crimes Ambientais (1998); criação da Agência da Água (ANA) (2000) e do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (2000);
- Estruturadoras - tais políticas “implicam intervenção direta do poder público ou de organismos não-governamentais na proteção ao meio ambiente”. Como exemplos: formulação da Política Nacional do Meio Ambiente (1981); elaboração da Política Nacional do Meio Ambiente e do Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras (1981); formulação da Política Nacional do Meio Ambiente (1989); definição e criação de Áreas de Proteção Ambiental (APA) (criadas em 1981 e regulamentadas em 1990); formulação da Política Nacional do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (1999); e
- Indutoras - refere-se “a ações que objetivam influenciar o comportamento de indivíduos ou grupos sociais, normalmente identificadas com a noção de desenvolvimento sustentável e são implementadas por meio de linhas especiais de financiamento ou de políticas fiscais e tributárias”. Dessa forma, representam iniciativas destinadas a otimizar a alocação de recursos, inviabilizando práticas capazes de resultar em degradação ambiental. Como exemplos: implantação de certificação ambiental (selo verde) e das ISOs (International Organization for Standardization), ISO 9000 e ISO 14000; construção da Agenda 21

Local/Regional (a partir de 1992); promoção de ações de educação ambiental, incentivos aos processos de gestão ambiental para a reversão de práticas agropecuárias (década de 1990).

Recentemente, essas políticas têm promovido transformações em todos os segmentos da sociedade. Esta tem adotado uma postura diferenciada, exigindo das empresas maiores cuidados com o meio ambiente durante os processos de produção e comercialização, além de cobrar, do poder público, maior atuação nas suas fiscalização e monitoramento. Porém, deve-se estar consciente, que o modelo estatal ou tecnocrata de regulação, quando não é acompanhado de políticas estruturadoras e indutoras, frente à carência de pessoal, fundos e equipamentos necessários para a execução dessas atividades, de fiscalização e monitoramento das regras de uso e acesso aos recursos naturais, estabelecidos por leis e decretos, particularmente nos países em desenvolvimento, por não possuírem bancos de dados com informações disponíveis às instituições públicas, além do seu elevado custo, impossibilitam o Estado de atuar de forma eficiente. Como alternativa, tem sido estimuladas estratégias de co-manejo (ou manejo participativo) com a incorporação de iniciativas locais de regulação à estrutura formal do manejo dos recursos naturais, sendo reconhecidas pelo Estado como legítimas dando-lhes apoio e tendo como resultado dos esforços locais uma parceria no monitoramento (McGRATH, 2003).

BERNARDES e FERREIRA (2003) afirmam, que apesar da poluição estar piorando em algumas partes do mundo, as políticas públicas, influenciadas por movimentos ecológicos, vêm provocando algumas mudanças significativas de atitude, tais como: a) o estilo de vida da classe média ocidental está em transformação; b) o consumo de produtos ecológicos cresce sistematicamente; c) o tamanho das famílias diminuiu; d) a economia doméstica de recursos é uma realidade; e) mundialmente, aumentam as implantações de reservas naturais e a preservação de áreas históricas; f) há um crescimento de agências governamentais (internacionais, nacionais e locais) relacionadas à questão ambiental; e g) aumento de leis ambientais.

Para o RELATÓRIO...(1991), as políticas públicas devem constituir mais do que uma aspiração, “uma necessidade biológica para a própria manutenção dos sistemas naturais que tornam possível a vida”. Porém, impõe-se que o direcionamento seja na busca do desenvolvimento sustentável, necessitando que as atividades antrópicas pratiquem a exploração criteriosa dos recursos naturais, em face do reconhecimento que a humanidade atravessa um período de transição ecológica: em virtude dos modelos de produção e de desenvolvimento que priorizam o consumo e o desenvolvimento econômico, a sociedade mostra-se incapaz de enfrentar adequadamente os desafios dessa transição.

Essa dificuldade pode ser entendida por meio do estudo de CUNHA e COELHO (2003), onde explicitam que até meados da década de 1980, cabia ao Estado ditar, de forma centralizada, a política ambiental a ser seguida no Brasil. Somente a partir dessa época, o processo de formulação e implementação da política ambiental no país “passou a ser, cada vez mais, produto da interação entre idéias, valores e estratégias de ação de atores sociais

diversos, num campo marcado por contradições, alianças e conflitos que emergem da multiplicidade de interesses envolvidos com o problema da proteção do meio ambiente”. Ou seja, está havendo, nessa fase de transição, transformações das estruturas sociais, de seus símbolos e de seus paradigmas. Afirmam, entretanto, que “a esfera estatal continua sendo a instância em que se negociam decisões em que conceitos são instrumentalizados em políticas públicas para o setor”. Comentam ainda, que apesar dos avanços verificados

nas decisões e ações ambientais participativas, encabeçadas e patrocinadas pelo poder público, o Estado continua a formular e implementar políticas antagônicas. Dita tanto normas e regras de proteção ambiental quanto estabelece leis contraditórias de incentivos fiscais e creditícios ou de criação de reservas legais no interior das propriedades (rurais), que acabam por contribuir para acelerar os processos de exploração florestal e de devastação dos demais recursos naturais.

Esse fato é evidenciado na prática, posto que as políticas públicas brasileiras voltadas para a proteção e conservação ambiental, ainda são insuficientes e ineficientes, por exemplo, com relação à biodiversidade: foi o caso da Mata Atlântica no passado e tem sido a história atual da Floresta Amazônica. De acordo com DIEGUES (1997), a ocupação da região amazônica demonstra essa realidade, onde o próprio Estado criou políticas e mecanismos de incentivos fiscais que acabaram contribuindo para o agravamento dos processos de degradação ambiental.

Para o relatório do WORLD WILDLIFE FUND - WWF (1999), apesar da posição de destaque do Brasil face às nossas riquezas naturais e possuindo umas das mais rigorosas legislações ambientais do mundo, afirma que os órgãos responsáveis pela fiscalização e monitoramento vêm se mostrando ineficazes no combate à devastação, resultando em perda de biodiversidade. Considerando as unidades de conservação federais (UCs), esse relatório comenta a) que das 86 unidades avaliadas, 41% foram consideradas medianamente ou muito vulneráveis à ações antrópicas; e b) que aquelas UCs de uso integral (lugar onde o uso dos recursos naturais não é permitido), 41% delas têm mais da metade da área de seu entorno desmatada e vulneráveis: ocupadas por agricultura intensiva, pólos industriais, centros urbanos ou mineradoras. Conclui afirmando que três quartos dos parques e das reservas nacionais estão ameaçadas devido a) à combinação de falta de implementação das unidades e alta vulnerabilidade; e b) à desobediência do estabelecimento de “Zona Tampão” no entorno dessa unidades. De acordo com a UNIÃO INTERNACIONAL PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA (UICN, 1993), a zona tampão deve abranger um raio de 10 Km a partir dos limites do Parque (também em conformidade com a resolução do CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA) de 2 de dezembro de 1990).

TERBORGH (1999) avaliando questões relativas à conservação da natureza identificou como os maiores desafios os problemas relacionados aos aspectos sociais, tais como a) superpopulação; b) desigualdades de poder e riqueza; c) exaustão dos recursos naturais; d) corrupção e falta de leis; e) pobreza; e f) intranquilidade social. Assim, as pressões

exercidas pela busca de desenvolvimento econômico e pelo crescimento populacional, nos trópicos, seriam a principal causa da destruição da natureza. Quando analisa as áreas preservadas e parques sob a ótica das populações locais, na maioria dos casos, são vistos como imposições do governo infringindo as formas tradicionais de uso da terra. Apesar desse pensamento, esse mesmo autor recomenda delimitações destas áreas com a manutenção de um forte aparato policial para resguardá-las, enquanto não for promovida uma efetiva educação ambiental nas comunidades.

De acordo com o RELATÓRIO...(1991), a educação ambiental é fundamental nesse processo de transformação no qual a sociedade está vivenciando: inclusive, consta na Constituição como “incumbência do setor público, juntamente com a promoção da conscientização social para a defesa do meio ambiente”. Existem Leis federais, decretos, constituições estaduais, leis municipais, normas e portarias que abrigam dispositivos que determinam, em escalas variadas, a obrigatoriedade de educação ambiental. Porém, de acordo com esse relatório, a efetividade de tais dispositivos esbarra nos problemas estruturais e carência da educação formal do país e, a sua lentidão inicial, pode ser atribuída à falta de qualificação do corpo docente. Em 1985, houve a determinação do Conselho Federal de Educação, que o tema ecologia não deveria se organizar como disciplina específica, justificado pela sobrecarga de disciplinas nos currículos escolares e o caráter multidisciplinar da matéria. Mesmo tendo havido a capacitação de docentes na maioria dos estados brasileiros, esse relatório afirma que os resultados obtidos na área de educação ambiental pela iniciativa pública, deve-se mais às ações do Sistema Nacional de Meio Ambiente do que ao engajamento do aparato oficial do setor educacional. Afirma ainda, que a maior contribuição ao processo de conscientização do público em relação às questões ambientais foram conseguidos por meio dos movimentos da própria sociedade civil, dos veículos de comunicação, dos movimentos políticos e culturais, e das ONGs.

BERNARDES e FERREIRA (2003) enfatizam o papel das ONGs dentro desse contexto de organização social ligados ao surgimento do movimento ambientalista, como um fator marcante desde o fim dos anos 60. Comentam que o principal objetivo delas é pressionar os Estados na condução das políticas públicas e a iniciativa privada com relação aos anseios da sociedade, alterando comportamentos. No entanto, advertem: algumas dessas organizações estão ligadas aos interesses econômicos e financeiros da indústria e do mercado. Por esse motivo, afirmam, não existe um padrão único de ONG e sim uma enorme diversidade, sem, contudo poder ignorar a sua influência, inclusive a sua contribuição pela popularização das questões ambientais, apesar de muitas vezes equivocadamente interpretados.

Isso acontece porque, na verdade, existe um contraste entre a ciência ecológica profissional e o ambientalismo. Para TUNDISI (2003), esses conceitos têm sido confundidos, até certo ponto, produzindo e introduzindo visões contraditórias entre gerenciamento profissional e ativismo ambiental não profissional. Este mesmo autor considera esse ativismo importante, mas não pode ser desprovido de embasamento técnico e capacidade de solução

de problemas, posto que sozinho, não resolve situações. Para ele, embora o foco em sistemas naturais possa ser um elo entre os ecólogos profissionais e os ambientalistas, os objetivos e as atividades são muito diferentes. Na recente ênfase de gestão de recursos hídricos, a bacia hidrográfica como conceito de estudo e gerenciamento, pode prover esta melhor integração entre ecologia profissional e ativismo ambiental.

O conceito de bacia hidrográfica aplicada ao gerenciamento de recursos hídricos, “estende as barreiras políticas tradicionais (municípios, estados, países) para uma unidade física de gerenciamento e planejamento e desenvolvimento econômico e social” (SCHIAVETTI e CAMARGO, 2002). “A falta de visão sistêmica na gestão de recursos hídricos e a incapacidade de incorporar/adaptar o projeto a processos econômicos e sociais atrasam o planejamento e interferem em políticas públicas competentes e saudáveis” (BISWAS, 1983). Para TUNDISI (2002), o gerenciamento adequado da bacia hidrográfica é fundamental, exigindo que ocorra a integração entre o setor privado e usuários, universidade e setor público.

Analisando as ONGs envolvidas no setor florestal, HOFFMAN (1997) percebeu que estas adotam basicamente dois procedimentos diferenciados: 1) consultoras - tentam buscar soluções alternativas, atuando diretamente na dinâmica institucional, participando efetivamente na solução, sem contudo participar do problema. Com esse procedimento, influenciam mudanças dentro da corporação, por meio de pressões no campo organizacional, conseguindo que as inovações sejam institucionalizadas; e 2) ativistas - atuam por meio de denúncias dos problemas, na tentativa de influenciar a opinião pública. Trazem resultados devido à influência que exercem sobre o poder público, possuindo o apoio da comunidade, que colaboram por meio de pressões, cobranças e denúncias.

Atualmente, o setor ambiental é um dos mais influenciados pela atuação das ONGs: a) por ações de financiamento de projetos; b) do exercício de pressão sobre o Estado; ou c) em realização de pesquisas que influenciam a elaboração de políticas. Para HALL (1997), a gestão dos recursos naturais tem sido diretamente influenciada durante as negociações com representantes das ONGs e, inclusive, estas têm assumido funções que eram exclusividade dos órgãos públicos: a) por meio de oferta de serviços públicos; ou b) na fiscalização do cumprimento de acordos e regulações ambientais. Dessa forma, de acordo com GOHN (1997), pode-se afirmar que a ação das ONGs promoveu a criação de uma nova esfera de atuação: a pública não-estatal.

Para NARDELLI (2001), apesar das críticas do meio empresarial com relação a esses procedimentos, para o setor florestal, o seu papel em catalisar eventos foi decisivo para direcionar a institucionalização de normas e conceitos comuns de comportamento desse setor. Afirma ainda que, provavelmente, sem a sua atuação e na ausência de eventos mais evidentes, as mudanças poderiam ser lentas ou o comportamento do sistema poderia ser imprevisível ou sem rumo.

O mesmo vem acontecendo com as políticas públicas voltadas para o meio rural. De acordo com WEID (1997), para que atendam as reais necessidades requeridas para o desenvolvimento sustentável, devem ser direcionadas no sentido de promoverem: a) o acesso

à terra, com modelos de associativismo e cooperativismo, incluindo educação ambiental como estratégia de difusão de tecnologia, visando tirar a reforma agrária da crítica do desastre ambiental; b) questões no campo técnico e do manejo e conservação dos recursos, visando a mudança do modelo convencional de agricultura para outro que valorize os conhecimentos e a cultura local, com baixo uso de insumos energéticos e de alta diversidade ecológica; c) questões de pesquisa e do conhecimento - exige nova organização em sua execução, posto não poder ser feita em laboratório e nem universalizada, tendo como elaboradores os produtores, os pesquisadores e os técnicos; d) questões econômicas - deve atender os quesitos da sustentabilidade e possibilitar a ascensão do produtor; e) alterações no plano ideológico - apesar do meio científico estar culturalmente ligado ao modelo convencional, a agricultura familiar deve aproveitar o momento de busca pela naturalidade e passar a receber o suporte e o direcionamento de políticas públicas como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF); e f) perspectiva político-organizativa - a política ideológica deve ser no sentido da incorporação de práticas agrícolas alternativas, como a agroecologia, pelas organizações representativas.

WEID (1997), sugere ainda algumas propostas de políticas públicas: a) valorização regional por meio da difusão de aspectos culturais, recursos hídricos, riqueza de flora e fauna, ambientes naturais; fiscalização e denúncia da destruição de recursos, divulgar experiências de êxito de produção sustentável; intensificar os trabalhos de educação ambiental; centros de comercialização de produtos e divulgação de iniciativas de desenvolvimento sustentável; b) implantação de ampla reforma agrária, considerando a sustentabilidade; c) promoção da agricultura familiar e adoção de um modelo de produção sustentável; d) envolvimento com a academia e desenvolvimento de tecnologia, mediante a criação de banco de dados de experiências de êxito; valorização dos conhecimentos tradicionais; maior intercâmbio entre a academia e os agricultores familiares; demanda de alternativas às universidades para a incorporação de abordagens alternativas de desenvolvimento; entre outros.

#### **Estudo de caso 4.3.6.1. (7) A política agrícola atual, a pesquisa e o meio ambiente segundo SANTOS (1999).**

O conceito legal de meio ambiente, introduzido no ordenamento jurídico brasileiro pela Lei federal n. 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, conferindo-lhe a devida amplitude em seu art. 3º, inciso I:

Art. 3º Para fins previstos nesta lei, entende-se por:

I - meio ambiente, o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas.

Nos termos do artigo 174 da Constituição Federal, o Estado, como regulador da atividade econômica, deverá estabelecer por lei as diretrizes e bases do planejamento do desenvolvimento nacional equilibrado, incorporando planos nacionais e regionais.

Nessa obrigação constitucional está a instituição da política agrícola, a qual deverá ser planejada e executada na forma da lei, com participação efetiva do setor de produção,

envolvendo trabalhadores rurais, setores de comercialização, armazenamento e de transportes (artigo 187 da Carta Magna).

A política agrícola foi instituída pela Lei 8.171, de 17 de janeiro de 1991, que fixou os seus fundamentos, definiu objetivos e competências institucionais, previu recursos e estabeleceu suas ações e instrumentos, relativamente às atividades agropecuárias, agroindustriais e de planejamento das atividades pesqueiras e florestais (artigo 1º). Em vários de seus dispositivos, encontra-se alusão à proteção do meio ambiente, começando pelo artigo 2º, o qual dispõe que a política agrícola se fundamenta em vários pressupostos, entre eles, o da observância da função social da propriedade. Ou seja, nos termos do artigo 186 da Constituição Federal, esta é cumprida quando a propriedade rural atende à utilização adequada dos recursos disponíveis e à conservação do ambiente.

Dentre os objetivos da política agrícola, a Lei 8.171/91 estipula a proteção do ambiente para garantir seu uso racional e estimular a recuperação dos recursos naturais (artigo 3º, IV). Determina que suas ações e instrumentos devem se referir à proteção do meio ambiente, conservação e recuperação dos recursos naturais (artigo 4º, IV). Também, a pesquisa agrícola deve respeitar a preservação da saúde e do ambiente (artigo 12º, IV).

É interessante observar que a citada lei tem um capítulo inteiro dedicado à proteção do meio ambiente e à conservação dos recursos naturais (Capítulo VI), onde determina ao Poder Público: "Integrar o governo em todos os seus níveis com as comunidades na preservação do meio ambiente e conservação dos recursos naturais; realizar os zoneamentos agroecológicos; recuperar áreas em processo de desertificação; desenvolver a educação ambiental; fomentar a produção de sementes e mudas de espécies nativas e conservar as nascentes por meio de programas (artigo 19º)". Deverá, ainda, o Poder Público proteger as bacias hidrográficas (artigo 20º), bem como prestar serviços e aplicar recursos em atividades agrícolas por meio de manejo racional dos recursos naturais (artigo 22º).

Determina, também, a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais com programas plurianuais e planos operativos anuais organizados e mantidos pelo Poder Público (artigo 26º). Obriga ao proprietário rural recompor a reserva florestal legal, prevista na Lei 4.771/65, isentando-o do pagamento do Imposto Territorial Rural (artigo 99º e artigo 104º); assunto polêmico que está sendo discutido e revisto atualmente. Também os artigos 27º a 29º da Lei 8.171/91, acrescentados pela Lei 9.712, de 20 de novembro de 1998, referentes à defesa agropecuária mostram a preocupação com o meio ambiente, o mesmo ocorrendo com a Portaria n. 505, de 16 de outubro de 1998, do Ministério da Agricultura, que disciplina o sistema de produção agropecuária e industrial.

Considerando o teor da legislação específica citada, a política agrícola em termos gerais, com seus programas, projetos, reformas e agendas, deve atender às exigências e necessidades do desenvolvimento econômico do setor agropecuário e florestal, ao mesmo tempo em que deve pautar sua atuação pela preservação dos recursos naturais e do ambiente como um todo, sob pena de se tornar inviável em pouco tempo à sobrevivência humana. Dentro dessa nova visão, amparada pela Constituição brasileira, o compromisso e as

responsabilidades dos produtores e pesquisadores com a degradação ambiental aumentam, tornando-se efetivamente uma obrigação; ou seja, contempla a filosofia de desenvolvimento sustentável. Porém, na prática, esses preceitos não vêm funcionando na intensidade necessária e na velocidade prevista, perpetuando-se os casos de degradação, produzindo êxodo rural e caos urbano.

#### **4.3.6.2. Visão e postura do setor produtivo**

De acordo com o RELATÓRIO...(1991), a relação do setor privado com a proteção ambiental, fundamental para o desenvolvimento sustentável, deve ser entendida “como parte do processo político-institucional histórico do país, em especial do papel que o Estado desempenhou na mediação entre as forças sociais e na garantia dos direitos democráticos”. Segundo este “documento”, tais características, aliadas ao perfil da distribuição de renda, explicam como, em geral, “o eixo de decisões na sociedade pende excessivamente para o mesmo lado da concentração de renda, penalizando o exercício de direitos básicos de cidadania, entre os quais o da qualidade de vida”. Posto assim, o poder econômico, em nome do desenvolvimento, sucessivamente, promoveu agressões ao meio ambiente, desconsiderando a existência das leis. Atualmente, em face das pressões exercidas pela sociedade aliadas ao aperfeiçoamento dos mecanismos jurídicos e institucionais de defesa dos direitos sociais, que não mais admite tal postura de desenvolvimento sem condicionamentos ambientais, inclusive com a participação do setor ambiental nos órgãos de planejamento e fiscalização, existe uma nova visão - em formação, fornecendo indicadores de que “a relação setor produtivo/proteção ambiental passa por uma transição de perspectivas”.

Porém, é necessário que a gestão ambiental seja inserida no planejamento e na operação industrial, da mesma maneira que as relações com a comunidade, ou seja, é preciso que ocorram mudanças no campo organizacional. HOFFMAN (1997) define campo organizacional “como um sistema aberto de interação entre os atores sociais interessados nas atividades empresariais realizadas dentro de uma determinada comunidade”. Dessa forma, dada uma cultura, as empresas agem dentro de variados campos, comportando-se sob diferentes níveis de atenção, cuidados e postura. Para BELLIA (1996), são as diferentes formas de relacionar-se economicamente com o ambiente, que caracterizam a transformação dos elementos da natureza em recursos naturais. Na sua visão, é o somatório das modificações (solos agrícolas levados pela erosão, contaminação de águas, de solos, do ar, etc.), que podem levar comunidades ou mesmo países ao rápido empobrecimento e, ou, à eliminação de oportunidades de enriquecimento. Por outro lado, o somatório de ações conservacionistas locais e regionais podem ter efeito planetário.

Na visão de SANCHES (1997), as empresas respondem às questões ambientais de forma diferenciada, que dependerá do tipo de negócio envolvidos e dos possíveis problemas ambientais potenciais decorrentes da atividade, das pressões sociais, do tamanho da organização e da complexidade da estrutura corporativa. Embora tenha havido uma



significativa mudança de comportamento por parte das empresas, para essa mesma autora existem diferentes posturas adotadas pelas empresas, com relação às questões ambientais:

- Postura de não-conformidade - a empresa não atenderia nem mesmo as exigências determinadas pelas leis ambientais;
- Postura reativa - a empresa procura se adaptar à regulamentação ou exigência de mercado, porém o meio ambiente é ainda considerado como um fator externo ao sistema produtivo;
- Postura em transição - a empresa busca proporcionar a integração da dimensão ambiental na estrutura organizacional sem, contudo, atender todas as pressões econômicas e sociais; e
- Postura pró-ativa - a empresa tem por meta alcançar a excelência ambiental em todos os processos administrativos, considerando a responsabilidade ambiental e o desenvolvimento sustentável.

Segundo CONTADINI (1997), a conquista dessa excelência ambiental pretendida por uma determinada empresa percorre, principalmente, três caminhos: a) a melhoria da imagem institucional; b) a melhoria do desempenho ambiental; e c) o aproveitamento das oportunidades de negócios (serão discutidos no item 4.3.10. Gestão ambiental).

Para HOFFMAN (1997) e NARDELLI (2001), entender o momento atual do ambientalismo empresarial, ainda contraditório, é necessário uma abordagem sistêmica do contexto organizacional, vislumbrando outros aspectos além daqueles mecanismos políticos e legais relacionados aos problemas ambientais. Afirmam, que em alguns casos, a atenção empresarial ao meio ambiente segue mais a oscilação da opinião pública relativas às questões ambientais, que as restrições legais e os custos. Dessa forma, fica caracterizado o ambientalismo corporativo, ou seja, mudanças nos sistemas de valores alternadas ou duplamente vivenciadas por condições objetivas, como degradação e riscos ambientais. Visto dessa maneira, o gerenciamento assim definido e praticado pelas empresas com relação às questões ambientais, refletem exatamente o pensamento da sociedade e as suas cobranças com relação às empresas para resolvê-las. Porém, para HOFFMAN (1997), visões opostas de sustentabilidade refletindo diferentes suposições culturais, estão sendo desenvolvidas em diferentes esferas. Para ele, a abordagem empresarial é central no campo organizacional, dominando atualmente a formação de conceitos. Com as novas visões alternativas que estão sendo formadas, podem resultar conflitos institucionais a partir desses conceitos divergentes de desenvolvimento sustentável. Dependendo da pressão desses grupos de interesse, haverá a imposição de uma nova visão, reestruturando o campo organizacional e permitindo o surgimento de novas instituições, a partir daquelas já existentes. Dessa forma, com a mudança institucional decorrente do estabelecimento dessa nova visão de sustentabilidade, ela passará a ser evolucionária, desde que os novos arranjos dentro do campo organizacional forem obtidos a partir de compromissos negociados e do consenso entre as diversas partes interessadas, respeitando os conflitos culturais entre os grupos que representam os interesses

sociais, econômicos e ambientais. Para NARDELLI (2001), os conflitos deverão ser negociados para que a convergência social seja alcançada.

Assim, com a atitude consciente da necessidade de conservação do meio ambiente, que seria a base para a auto-regulação, não vendo a obrigação de cumprimento às leis ambientais apenas como um custo adicional para a empresa, provavelmente, os benefícios ambientais tornar-se-ão benefícios econômicos, em muitos casos, bastante atraentes. Inclusive, por meio dessa postura, seriam capazes de criar instituições estáveis destinadas a evitar a degradação ambiental dos recursos de base comum, alterando as previsões da tragédia dos comuns, evitando a necessidade de intervenção tão marcante do Estado (OSTROM, 1990). Entretanto, para Kapp (1976) *apud* GODARD (1997), “não se deve subestimar o conjunto das determinações que pesam sobre o comportamento dos atores públicos e privados, e a lógica própria a uma economia de mercado, que implica o exercício de uma pressão permanente no sentido da externalização de custos e da internalização de lucros”.

Para isso, de acordo com NARDELLI e GRIFFITH (2000), é necessário e imprescindível que promovam um planejamento adequado das ações e dos investimentos a serem realizados, que podem ser obtidos a partir de arranjos institucionais e um bom gerenciamento ambiental, garantindo as perspectivas de sucesso. Para GODARD (1997), é fundamental o conhecimento dos obstáculos mais importantes, como: a) evidenciar mecanismos de incitação dos atores no sentido da realização de uma forte integração entre as partes; e b) cobrar dos promotores do projeto e dos agentes econômicos a necessidade de consideração dos impactos de suas ações sobre o meio ambiente.

#### **4.3.6.3. Os aspectos sociais - liderança, visão compartilhada e ética**

Para MASER (1999), formar lideranças é fundamental para a obtenção do desenvolvimento sustentável. A tarefa do líder deverá ser desenvolver a sua capacidade de melhoria e transformações, ajudando os membros componentes de uma determinada comunidade a expandir a noção dos próprios interesses individuais direcionando-os para a comunidade, dando origem a uma visão compartilhada. Esta, sob a sua ótica, deve ter origem local e não imposta por visões exteriores àquela comunidade, posto que as peculiaridades das situações, somente são encontradas nesse nível. Os efeitos da visão individual das atividades locais, quando tomados coletivamente, produzirão efeitos em nível global. Porém, adverte: os seus benefícios só poderão ser concretizados quando as lideranças mundiais e as suas respectivas nações fizerem as suas partes em manterem limpos ar, água e solo. Para isso, é necessária a adoção de políticas públicas que promovam o desenvolvimento econômico associado à proteção ambiental. Essa postura também é defendida por OSTROM (1990), afirmando que quando os indivíduos tendem a agir racionalmente na busca de garantir seus melhores interesses, a sua ação individual pode prejudicar os interesses da coletividade. Adverte, que devem ser criadas instituições locais, que possuam representatividade, com a

finalidade de regular o comportamento dos indivíduos e reduzir as incertezas, por exemplo, com relação aos bens de livre acesso ou de propriedade comum.

De acordo com REIGOTA (1997), o caráter social que representa essa liderança transparece na função específica que elas desempenham na comunidade, como a de contribuir para os processos de formação de condutas e de orientação das comunicações sociais. Dessa forma, as representações sociais equivalem a um conjunto de princípios construídos interativamente e compartilhados por diferentes grupos, que, por meio delas, compreendem e transformam a realidade.

Porém, fica evidente, atualmente, que além dessas considerações, impõe-se a necessidade de uma melhor distribuição de rendas, em face do reconhecimento da relação entre degradação ambiental e pauperização, posto que vivendo no limite da subsistência não é possível preocupar-se com a manutenção e conservação racional dos recursos. De acordo com CERNEA (1993), os aspectos sociais exercem importância crucial para a sustentabilidade, sendo necessário o reconhecimento dos atores sociais e de suas instituições para o desenvolvimento sustentável. Para esse mesmo autor, maiores níveis de organização social conduzem ao maior bem-estar e podem assegurar uma melhor gestão ambiental.

PEARCE et al. (1988) analisando a importância e o problema das questões sociais, reconhecendo que a economia, por ser um ramo das Ciências Sociais, não pode, portanto, prescindir em qualquer de suas análises, da obediência a parâmetros éticos bem estabelecidos. Então, partem do princípio que “desenvolvimento é um vetor de objetivos sociais desejáveis, que podem incluir: a) aumento da renda *per capita*; b) melhoria das condições de saúde e nutrição; c) melhoria educacional; d) acesso aos recursos; e) distribuição mais justa da renda; e f) acréscimos nas liberdades básicas”. Na análise de BELLIA (1996) sobre esta questão, a sustentabilidade deve ser definida como requerimento geral de um vetor que defina as características do desenvolvimento, crescente monotonicamente ao longo do tempo, em que os elementos a serem incluídos no vetor (e seus pesos relativos) estejam abertos ao debate ético e, o horizonte de tempo a ser considerado para a tomada de decisões, deve ser similarmente determinado, à parte de acordos intergeracionais. Um debate ético desta natureza pode ser iluminado pela discussão de visões alternativas em ambas as questões (componentes que medirão o desenvolvimento e horizonte de tempo), mas não poderá ser resolvido de outra forma que não por um consenso, ele próprio essencialmente ético.

#### **4.3.6.4. Condições éticas**

Atualmente, em face às preocupações quanto a sobrevivência do homem no planeta e, inclusive, do próprio planeta, as atenções voltam-se para as relações homem-natureza e ciência-tecnologia-técnica. Sugere-se seguir caminhos harmoniosos que são economicamente eficazes, socialmente equilibradas e ecologicamente prudentes, ou seja, condições básicas relativas a princípios éticos (BRÜSEKE, 1998).

Para o PNUMA, *apud* RELATÓRIO... (1991), as duas causas básicas da crise ambiental são a pobreza e o mau uso da riqueza: os pobres são compelidos a destruir, no curto prazo, precisamente os recursos nos quais se baseiam as suas perspectivas de subsistência em longo prazo, enquanto a minoria rica provoca demandas à base de recursos que em última instância são insustentáveis, transferindo os custos uma vez mais aos pobres.

De acordo com PEARCE et al. (1988) e PEARCE e TURNER (1989), as condições éticas que envolvem o desenvolvimento sustentável, a garantia contra o empobrecimento e a conservação do capital natural, é consistente com:

- a) Justiça com os socialmente desprovidos (equidade intrageracional) - é necessário a conservação ou o crescimento do estoque de capital natural (EKN) como propósito de justiça com os mais pobres. Nesse caso, a preocupação deve ser com as nações pobres e com os pobres dos países ricos. Principalmente nos países menos desenvolvidos, existe uma grande dependência dos recursos naturais para a sobrevivência, tais como a biomassa como combustível, os resíduos orgânicos não tratados, água em condições sanitárias deficientes e garimpos, conduzem à degradação e ao depauperamento ambiental, reduzindo as expectativas futuras de sobrevivência;
- b) Justiça entre as gerações (equidade intergeracional) - considerando que todos desejam a melhoria das condições de vida de seus filhos, desejos ligados aos instintos de autopreservação e de preservação da espécie, dentro desse raciocínio cabem a conservação do capital natural e do feito pelo homem. Existem, porém, dois motivos que fazem com que o natural seja mais importante: 1) o capital natural (KN) é composto por bens primários, logo, deseja-se racionalmente sempre mais; e 2) a sua irreversibilidade, posto que pode ser diminuído, freqüentemente não pode ser aumentado e pode ser inutilizado se decréscimos anteriores o levaram à extinção;
- c) Aversão ao risco - decorre da ignorância humana sobre as conseqüências das interações entre o ambiente, economia e a sociedade, e dos prejuízos econômicos e sociais originados nas baixas margens de resiliência a “choques externos” ou a “stress” (a racionalidade da conservação do KN é mais fraca nos países desenvolvidos em face as mais largas margens de flexibilidade de suas sociedades que aquelas mais pobres, nas quais o crescimento da população e o baixo rendimento econômico produzem margens de risco muito estreitas, em face de perturbações externas). Estima-se, que a resiliência comparativa do mundo desenvolvido a tais choques e “stress” pode estar sendo subestimada, à medida que suas tecnologias usam bens de propriedade comum global para descarga de seus detritos, além de utilizar os recursos naturais extraídos de forma não sustentável de territórios e países bem mais pobres; e
- d) Eficiência econômica - como o capital natural tende a prover os serviços ambientais, para os quais não há mercado, não havendo, portanto renda recebida, a tendência é de que a política de desenvolvimento privilegie o capital do homem (KM). Assim, como o preço de KN aparenta ser igual a zero, mais KN será usado com relação a KM, não havendo incentivos a investimentos em KN. Sabe-se atualmente, que o esforço para dar valores

econômicos a estes produtos ambientais, extramercado, como a melhoria da qualidade da água ou a purificação do ar, demonstram que a taxa de retorno de investimentos em KN é significativamente maior do que a parcela comercializável. Portanto, considerando os dois competirem por um mesmo fundo de investimento, a eficiência econômica não favorece KM em relação a KN, com o critério de benefício-custo exigindo maior compreensão da valorização das funções econômicas totais exercidas por KN.

#### **4.3.7. Perspectivas para o desenvolvimento sustentável**

De acordo com o RELATÓRIO... (1991), a tão discutida retomada do crescimento, persistente inclusive atualmente, não é suficiente para a solução dos diversos problemas e a solução para o desenvolvimento sustentável. É necessário que haja, paralelamente à transformação da estrutura produtiva que garanta a recuperação do dinamismo econômico e políticas que promovam uma maior equidade social. Os critérios de eficiência econômica já discutidos, orientados apenas pelas forças de mercado não são suficientes para reduzir as desigualdades sociais e regionais, típicas no Brasil, e ao uso racional dos recursos naturais, ou seja, de acordo com a sua aptidão. Dessa forma, o uso intensivo dos fatores de produção induziria a reprodução do modelo inicial que lhe proporcionou sustentação. Então, é necessário que as políticas sociais trouxessem propostas além da redução da pobreza, como a reforma das organizações e dos programas da área social voltado no longo prazo. Assim, afirma o RELATÓRIO...(1991), o maior desafio permanece sendo no setor político-institucional, aonde devem ser construídas novas alianças entre todos os grupos sociais e reformas das instituições públicas que visem obter a base de sustentação e consenso para as mudanças propostas.

Entretanto, para NARDELLI (2001), a fase atual difere de outras pelo fim do antagonismo entre desenvolvimento e meio ambiente. O setor empresarial, por exigências de mercado e por essa emergente consciência ambiental, passou a considerar a variável ambiental como uma variável de mercado, atuando, então, como um diferencial que favorecesse o aumento da sua competitividade e, não simplesmente, como um custo adicional ou uma exigência legal. Para esta mesma autora, foi essa nova realidade que impulsionou todos os esforços para que efetivamente ocorresse uma mudança no campo organizacional e, a adesão aos sistemas voluntários de certificação, que o setor florestal adotou recentemente, como forma de que funcione como um instrumento para conferir credibilidade e garantia aos diferentes membros do campo organizacional, é uma dessas confirmações. Porém, afirma que ainda existem conflitos culturais entre os grupos que representam os interesses sócio-econômicos e ambientais.

Dentro desse contexto, para GRIFFITH (1992), particularmente a partir de 1990, as organizações atuam sob novas demandas institucionais, incluindo em seus negócios princípios éticos e uma maior responsabilidade social. Pode ser observado no cenário mundial processo de democratização, descentralização e liberalização econômica que permite à sociedade questionar e criticar projetos e modelos de desenvolvimento econômico que não contenham na sua essência medidas de proteção ambiental.

Dessa forma, as organizações preocupadas com o seu sucesso, que dentro dessa nova visão, depende da avaliação de suas atitudes tanto internas quanto externas, vêm buscando se adaptarem ao meio na qual estão inseridas, visando moldar os seus processos produtivos àquela realidade que seja favorável as comunidades e ao meio ambiente. Provavelmente, tal procedimento garantirá o mercado e a perpetuidade dessas organizações. Porém, como a transformação ambiental não é exclusivamente estrutural, envolvendo a necessidade profunda de comportamentos, será então a cultura organizacional que irá determinar os fundamentos, a profundidade e a permanência desses novos comportamentos (NARDELLI, 2001).

Para HOFFMAN (1997), o comportamento interno da organização com relação as questões ambientais refletem diretamente, em grande parte, as exigências exteriores, que são particulares para cada cultura e estrutura social. Comenta ainda, que a verdadeira medida do grau no qual o ambientalismo está integrado em uma empresa, está mais nas mudanças em suas estrutura e estratégia organizacionais do que no seu desenvolvimento tecnológico. Portanto, “isso representa os fundamentos de como a empresa atua e revela a profundidade e a permanência de qualquer mudança para guiar futuras estratégias”.

#### **4.3.8. Procedimentos necessários para atingir o desenvolvimento sustentável**

Na visão do RELATÓRIO...(1991) são os seguintes principais procedimentos necessários para atingir o desenvolvimento sustentável:

- Formação de recursos humanos - desta, deverão resultar a universalização do acesso à educação básica e à conscientização da população com respeito aos problemas ambientais;
- Política pública - deverá ter como prioridade a área social voltada para os recursos humanos, sendo necessário ampliar e intensificar a formação de educadores e profissionais dos mais diversos ramos da ciência;
- Organização e administração dos processos de trabalho nos diversos setores - deverá contar com a participação dos produtores em decisões que afetem seus destinos;
- Descentralização sistemática do aparelho decisório;
- Desenvolver políticas específicas em função das peculiaridades regionais e a promoção prioritária de atividades geradoras de empregos, capazes de assimilar e incorporar tecnologias que maximizem o aproveitamento de recursos energéticos locais e desenvolvam novos produtos orientados para os mercados interno e externo;
- Formação interna e intercâmbio com pesquisadores do exterior, seguidos de sua fixação em instituições brasileiras de ensino e pesquisa, que permitam a geração de uma competência científica emergente às questões ambientais;
- Estimular cursos de formação, reciclagem e pós-graduação dirigidos à área ambiental;
- Promover treinamentos intensivos em gestão de recursos e impactos ambientais, nas empresas privadas e nas instituições públicas;

- Criar uma base organizacional compatível com novos modelos de gestão;
- Colocar em prática uma nova gestão ambiental, na qual o Estado deve repartir responsabilidades com o setor privado, ONGs e com a sociedade em geral, tanto por questões financeiras, como democráticas. Deverá ser descentralizada, com maior equidade na distribuição de custos, ter visão abrangente, considerando as questões ambientais e as de desenvolvimento sócio-econômico; e
- Criar sistemas tecnológicos fechados, ou seja, com o mínimo de dependência dos recursos naturais.

Porém, segundo esse relatório, apesar de ter ocorrido no Brasil, alterações significativas no tratamento das questões ambientais, do ponto de vista político, legal e institucional, o mesmo não pode ser dito do ponto de vista econômico, financeiro, científico e tecnológico, cujas questões estruturais impedem a plena concretização de soluções de curto prazo. Isso porque a recuperação ambiental exige também, que sejam revistos os conceitos sócio-econômicos, necessitando, portanto, alterações das políticas públicas.

Dessa forma, fica evidente a necessidade de formulação de novas estratégias, entre as nações e instituições, sobretudo em matéria tecnológica e financeira, envolvendo o setor privado, pelo papel que este desempenha na geração de tecnologias e no sistema financeiro internacional. É fundamental que haja ética nesses relacionamentos para que sejam criadas bases sustentáveis, inclusive com a transferência de tecnologias aos países em desenvolvimento. Há que se considerar, que este relatório foi produzido há 13 anos. Atualmente, transformações ocorreram em todos os campos citados, tendo ocorrido um avanço significativo.

Os tópicos fundamentais para a elaboração de um banco de dados, vital para a implementação de projetos de desenvolvimento sustentável, são (BANCO MUNDIAL, 1998): biodiversidade, recursos hídricos, dinâmica populacional, mudanças globais, degradação do solo, recursos humanos, poluição e contaminação e integração econômica. Os bancos de dados em cada região devem partir dessa base.

#### **4.3.9. Tecnologias apropriadas e o desenvolvimento sustentável**

De acordo com SACHS (1997), as biotecnologias aplicadas à produção e ao processamento vegetal e animal são as mais novas perspectivas de opções tecnológicas. Elas podem converter-se num instrumento útil de desenvolvimento sustentável, por meio do desenvolvimento da agricultura biológica, da agrossilvicultura e da aquíicultura. Substituiria estratégias que buscam alcançar a sustentabilidade mediante um consumo intenso de energia comercial e de nutrientes, com um volume maior de biomassa podendo ser processado, visando uma grande produtividade final. Todavia, “o contexto no qual as biotecnologias vêm se desenvolvendo até o momento não dá margem a muito otimismo”.

Principalmente, nos países em desenvolvimento, as biotecnologias têm sido percebidas, na visão deste mesmo autor, como uma ameaça, principalmente por serem

totalmente controladas por empresas privadas, algumas multinacionais, cujo acesso vem sendo limitado por meio de patentes e de um conjunto de práticas restritivas, em contraste com o que ocorreu por ocasião da primeira Revolução Verde. Assim, “novamente poderia ser drenado para os países industrializados a produção de certos produtos primários, ou substituí-los, deprimindo ainda mais os mercados de produtos básicos”.

De acordo com BELLIA (1996), analisando o comportamento da humanidade ao longo de sua história, observa-se um enorme fascínio pelo uso de novas tecnologias, associadas ao desenvolvimento de novos produtos e, ou, processos de produção. Porém, apesar de significativas vantagens proporcionadas com essas inovações, servindo de auxílio para a solução de grandes problemas, questiona-se a sua efetividade, com inúmeras dúvidas, tais como: a) Tem havido melhoria na qualidade de vida?; b) Até onde ir com a modernização dos padrões tecnológicos?; c) Algumas tecnologias contribuem efetiva e decisivamente para o aumento do bem-estar dos indivíduos e o aprimoramento dos sistemas sociais?; d) Estariam as inovações levando apenas à degradação progressiva da qualidade da vida humana?; e) Qual tem sido a participação e o grau de envolvimento dos centros de pesquisa e universidades públicas nessas questões? Estas perguntas devem ser profundamente analisadas quando o objetivo é o desenvolvimento sustentável, e as suas respostas devem estar apoiadas no campo ético-moral.

Caso desconsidere-se a história do pensamento ético e das formas de moralidade nas sociedades, para ficar apenas com o que foi proposto pelo pensamento ocidental moderno, pode-se dizer que o campo ético-moral consciente: a) é dotado de vontade para controlar seus instintos, impulsos e paixões; e b) capaz de deliberar e perceber as situações como simultaneamente determinadas e abertas, necessárias e possíveis. Dessa forma, o homem ético-moral é igualmente capaz: a) de definir os fins da ação ético-moral como recusa da violência contra si e contra os outros; e b) de estabelecer uma relação justa e legítima entre os meios e os fins da ação, considerando que meios violentos são incompatíveis com fins ético-morais. O campo ético-moral é formado ainda por valores e normas, construídos pelos próprios homens ético-morais, na qualidade de deveres, virtudes ou bens realizáveis por todos e cada um (CHAUI, 1994).

A ciência antiga definia-se como teoria, ou seja, estudava aquela realidade que independe de toda ação e intervenção humana. A ciência moderna, contrariamente, afirmou que a teoria tinha como finalidade abrir o caminho para que os humanos se apropriassem da realidade natural e social. Todavia, ainda acreditava que a realidade existia em si mesma, separada do sujeito do conhecimento e que este apenas podia descrevê-la por meio de leis e agir sobre ela por meio das técnicas. A ciência contemporânea, porém, não contempla nem descreve realidades, mas as constrói intelectual e experimentalmente nos laboratórios (*ibidem*).

A ciência moderna modificou a natureza dos objetos técnicos porque os transformou em objetos tecnológicos, isto é, em ciência materializada, de tal maneira que a teoria cria objetos técnicos e estes agem sobre os conhecimentos teóricos. A ciência contemporânea foi além ao transformar os objetos em autômatos, capazes de intervir não só sobre teorias e



práticas, mas sobre a organização social e política. Dessa forma, a ciência e a técnica contemporâneas tornaram-se forças produtivas e trouxeram um crescimento brutal do poderio humano sobre a realidade total, a qual é construída pelos próprios homens. As tecnologias desenvolvidas revelam a capacidade humana para um controle total sobre a natureza, a sociedade e a cultura. Controle que, não sendo puramente intelectual, mas determinado pelos poderes econômicos e políticos, pode ameaçar todo o planeta (*ibidem*).

Na busca para o desenvolvimento sustentável, não podem ser considerados apenas fatores como a eficiência para afirmar que uma determinada tecnologia é apropriada para a manutenção, elevação ou degradação da qualidade de um determinado sistema social, sendo necessário a definição do grupo de critérios a serem utilizados para a determinação se uma tecnologia é apropriada ou não. Questões como o consumo de energia na produção, geração de resíduos e o tempo para a degradação natural de um produto, devem ser considerados no desenvolvimento das novas tecnologias, que deverão possuir os atributos e critérios das tecnologias apropriadas.

#### **4.3.9.1. Atributos e critérios das tecnologias apropriadas**

O conceito de desenvolvimento sustentável, que é condicionado a posturas éticas-morais e sustentado por uma efetiva equidade social, tem criado uma série de tecnologias alternativas ou intermediárias, onde recentemente várias linhas de pesquisa têm sido desenvolvidas. Para BELLIA (1996), “três ênfases básicas podem ser identificadas no desenvolvimento do conceito de tecnologia apropriada: a) a preocupação com o significado sócio-político das tecnologias; b) com o seu tamanho, nível de modernidade e sofisticação; e c) com o impacto ambiental causado por elas”.

As desigualdades econômicas e sociais alcançaram patamares extremos, com a forma contemporânea do capitalismo e da política liberal operando com o encolhimento do espaço público e o alargamento do espaço privado, com o desemprego estrutural e a exclusão sociopolítica, polarizando a sociedade brasileira entre a carência e o privilégio: na medida em que prevalecem carências e privilégios, e os direitos não conseguem instituir-se, inexistem condições para a cidadania e para a democracia, que se tornam inseparáveis da ética (CHAUI, 1994).

Na medida em que não vigoram os princípios da igualdade, da liberdade, da responsabilidade, da representação e da participação, nem o da justiça e dos direitos, a lei não funciona como lei, isto é, não institui um pólo de generalidade e universalidade social e política, no qual a sociedade se reconheça. A lei funciona como repressão, do lado dos carentes, e como conservação de privilégios, do lado dos dominantes. Por não ser reconhecida como expressão de uma vontade social, a lei é percebida como inútil, inócua, incompreensível, podendo ou devendo ser transgredida, em vez de ser transformada (*ibidem*).

Para VEIGA (1994), os atributos e critérios das tecnologias que garantem o desenvolvimento sustentável são aqueles que garantem: a) a manutenção em longo prazo dos

recursos naturais e da produtividade agropecuária e florestal; b) mínimo de impactos adversos aos produtores; c) retorno adequado aos produtores; d) otimização da produção com o mínimo de insumos externos, reduzindo os riscos de poluição e aumento da entropia no sistema; e) satisfação das necessidades sociais das famílias e das comunidades rurais; e f) satisfação das necessidades humanas de alimentos e renda.

Baseado nesses princípios e condições, considerando a cultura e desejo pessoal dos produtores e das comunidades, devem sair as linhas de pesquisa que definirão as tecnologias apropriadas. CASTOR (1983), propôs um grupo de critérios para analisar de maneira multidimensional as tecnologias:

- Eficiência econômica - a sustentabilidade de qualquer atividade depende de seu sucesso econômico. Portanto, devem ser consideradas as regras de mercado e a competição para que sobrevivam no longo prazo, posto que a pauperização conduz à degradação. Assim, a tecnologia apropriada será aquela que possibilite o seu efetivo uso, com a necessidade mínima de energia externa ao sistema;
- Escala de funcionamento - quanto maior for a compatibilidade entre escala de funcionamento de uma tecnologia e as finalidades de seu uso, mais apropriadas ela será;
- Grau de simplicidade - a facilidade de uso propicia a adoção da tecnologia. Portanto, a simplicidade torna-se um atributo das tecnologias apropriadas;
- Densidade de capital e trabalho - considerando a realidade dos países em desenvolvimento, onde a disponibilidade de mão-de-obra é grande, as tecnologias que favoreçam a sua utilização serão a mais apropriada;
- Nível de agressividade ambiental - obviamente, quanto menor agressão ao meio ambiente, mais apropriada será;
- Demanda de recursos finitos - para ser apropriada, a tecnologia deverá consumir o mínimo de materiais finitos, sendo ideal aquelas que se baseiam em fluxos renováveis de energia, apresentem alta durabilidade e possam ser reciclados; e
- Grau de autoctonia e auto-sustentação - quanto maior for a dependência de uma tecnologia de recursos disponíveis no próprio sistema social no qual será empregada, mais apropriada será.

De acordo com BELLIA (1996), a autoctonia é um elemento importante para a preservação da cultura local e, comenta: deve-se ser trabalhada de tal forma a não se transformar em imobilismo social.

Para TUNDISI (2003), todos os conceitos - educacionais, liberdades individuais e coletivas, etc. - devem estar articulados com os conceitos de sustentabilidade dos recursos naturais, porém embasados sob uma nova ética, a qual, a par de novas tecnologias, produzirão avanços consistentes e consolidados na gestão dos recursos naturais e no enfrentamento da escassez atual e futura.

#### **4.3.9.2. Gestão da tecnologia**

De acordo com o RELATÓRIO...(1991), os avanços científicos e tecnológicos voltados para o setor produtivo, deverão permitir a implantação de indústrias limpas, “que estão na base de um crescimento econômico mais equilibrado e integrado como o meio ambiente”. Para isso deve haver uma visão equilibrada e integrada do meio ambiente, sistêmica, que favoreçam a própria gestão da tecnologia. Dessa forma, os usos de tecnologias apropriados oferecerão oportunidades de otimizações regionais, absorvendo a tradição cultural do meio onde estão inseridas, oferecendo uma base empírica para a compreensão dos problemas locais e favorecendo o surgimento de empreendimentos. De acordo com esse mesmo autor, a biotecnologia é uma opção natural para o desenvolvimento brasileiro, com o auxílio da informática e da pesquisa sobre novos materiais.

#### **4.3.10. Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável**

O conceito de gestão ambiental ganha um maior número de adeptos no início da década de 90, fruto da crescente conscientização da sociedade pela necessidade da conservação dos recursos naturais e da consolidação das políticas ambientais do tipo indutoras de programas e projetos com caráter ambiental. Ocorre a mobilização dos diversos setores da sociedade civil organizada, tais como o setor produtivo, as ONGs e as entidades de classe. Nesse período, aconteceu a Conferência Mundial do Meio Ambiente (ECO-92), realizada no Rio de Janeiro e a edição da série ISO 14000 que certifica o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) da empresa. A implantação dos SGAs nas empresas torna possível a redução e o controle dos impactos causados ao meio ambiente por suas atividades produtivas, compatibilizando o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental, ou seja, visa a promoção do desenvolvimento sustentável.

O desenvolvimento sustentável tornou-se a meta da sociedade, com o apoio incondicional de toda a comunidade mundial, cabendo considerar, entretanto, ainda estar sendo manifestado em escalas diferenciadas pelos diversos países. Ao mesmo tempo, no Brasil, a sociedade demanda, em unanimidade, a retomada de uma política de crescimento. Por esse motivo, a questão não é mais “crescer ou não crescer”, mas “como crescer” (BORGER, 1998). Observa-se, dessa forma, que o crescimento econômico, não mais pode ser pensado separadamente dos acontecimentos ambientais e de políticas claras de inclusão social, em virtude de que preterindo o meio ambiente e valorizando o desenvolvimento econômico, pode-se estar caminhando para uma possível exaustão dos recursos naturais.

A degradação ambiental, conseqüência do modelo de desenvolvimento vigente baseado na produção excessiva de resíduos (agentes de poluição) e, ou, no uso intensivo de energia (como os agroquímicos, que aumentam a entropia dos sistemas), ambos causando sérios impactos e degradação ambiental, tornou-se uma preocupação de caráter mundial. Um ambiente que favoreça a manutenção da biodiversidade, só poderá persistir se a humanidade -

indivíduos, comunidades e empresas - rever suas práticas cotidianas por meio de uma revisão nos seus procedimentos diários e processos de produção, construindo novos valores referentes à natureza. Nesse aspecto, a educação ambiental é uma importante ferramenta para resgatar esses valores, evidenciando a cada indivíduo como sendo um componente ativo do meio ambiente. Este, por meio de suas ações, sofreu agressões que produziram impactos ambientais, eliminando espécies e reduzindo a própria perspectiva de vida e a das gerações futuras.

O surgimento de uma nova regulação ambiental tem promovido alterações significativas na legislação. Paralelamente, observa-se uma nova consciência por parte da população, preferências do consumidor aos produtos mais “limpos”, pressão das ONGs, entre outros. Com o auxílio da ciência e da tecnologia, apesar de algumas vezes equivocadas, idéias concretas nesse sentido estão sendo desenvolvidas, por comunidades e empresas, em várias partes do mundo. Existe, inclusive, casos que atingiram bastante sucesso, sugerindo a possibilidade de uma verdadeira “revolução ambiental”. A adoção do SGA propicia ambiente para essas alterações. Inicialmente, é necessário identificar todos os atores sociais diretamente interessados no uso e no manejo dos recursos naturais, de tal forma a envolvê-los nos processos de tomada de decisão, especialmente os grupos mais marginalizados.

#### **4.3.10.1. Definição**

A ISO (International Organization for Standardization) desenvolveu uma série de normas para gestão ambiental. Define o SGA como “a parte do sistema de gestão global, que inclui estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidade, práticas, procedimentos, processos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter a política ambiental de uma organização” (NBR ISO 14001, 1996).

A ISO 14.000 é uma série de normas editadas pela ISO, com a finalidade de padronizar a implementação voluntária de sistemas de gestão ambiental. “O Sistema de Gestão Ambiental (SGA), como parte da administração geral, é a estrutura que orienta, segundo a visão institucional, o empenho ambiental da organização que incentiva respostas sinérgicas para as oportunidades e os riscos apresentados pela globalização”. Nesse conceito, o SGA exige que a organização tenha uma visão do futuro, um desenvolvimento duradouro e sustentável, requerendo uma compreensão sistêmica dos seus processos. Dessa forma, o respeito às normas contidas na série ISO 14000, “fornecem à administração os instrumentos necessários para o gerenciamento dos principais impactos ambientais da operação de um empreendimento, no que se refere às atividades, produtos e serviços” (NARDELLI e GRIFFITH, 2000).

Apenas no ano de 1999, o número de empresas brasileiras com SGA, certificado pela série ISO 14000, aumentou em 87,5%. A empresa que obtém o certificado ISO 14001, que é a norma de especificação do modelo SGA, deverá apresentar uma melhoria contínua de suas metas e objetivos ambientais, condição observada durante as auditorias realizadas

periodicamente (a cada seis meses), para a verificação do seu cumprimento (GESTÃO e NEGÓCIO, 2003).

Toda empresa que vise a exportação deve possuir esse certificado. Funciona como um atestado de que o seu sistema de gestão está adequado com as normas e com as exigências ambientais nacionais e internacionais.

#### **4.3.10.2. Objetivos**

Para BELLIA (1996), o objetivo básico da gestão, considerando a consciência de que os recursos naturais são finitos, é a obtenção dos maiores benefícios por meio da aplicação dos menores esforços. Dessa forma, o indivíduo, a comunidade e as empresas, buscam otimizar o uso dos recursos disponíveis, sejam eles de ordem financeira, material ou humana. Para GODARD (1997), a gestão de um sistema tem por objetivo assegurar seu bom funcionamento e seu melhor rendimento, mas também sua perenidade e seu desenvolvimento.

O SGA busca melhorar o desempenho ambiental e a operacionalização de uma organização, levando a empresa a adotar uma postura preventiva ao invés de corretiva. Dessa forma, são evitados os desperdícios, por meio da redução no uso de matéria-prima e da prática de reciclagem dos resíduos. Com essa medida, economizam-se recursos e a própria produção de resíduos, reduzindo os impactos ao meio ambiente (GESTÃO e NEGOCIO, 2003).

Para BRUNTLAND (1988), a humanidade que vem se preocupando com os impactos do crescimento econômico sobre o meio ambiente, deve agora se preocupar com os impactos do desgaste ecológico sobre nossas perspectivas econômicas. Assim, o objetivo final da gestão ambiental é favorecer o desenvolvimento sustentável, garantindo que ele atenda às necessidades humanas atuais, sem o comprometimento das gerações futuras atenderem às suas.

#### **4.3.10.3. Postura das empresas com relação aos recursos**

De acordo com BELLIA (1996), os principais entraves enfrentados para o estabelecimento definitivo de propostas sustentáveis de desenvolvimento têm origem na Ética e na própria História da humanidade, a qual mostra com exceção de casos pontuais, não ter conseguido efetivamente encontrar soluções definitivas para tais problemas. Uma das evidências foi o descaso com a gestão dos recursos naturais, marcada pela ausência de ética patrimonial. Para MONTGOLFIER e NATALI (1997), do ponto de vista dos instrumentos a serem considerados no processo de gestão patrimonial dos recursos naturais, três aspectos decisivos devem ser retidos:

- a) uma posição ética, referenciada à preocupação pelo longo prazo e à vontade de preservar as liberdades de escolha das gerações futuras;
- b) um conjunto de instrumentos de análise científica, tomados de empréstimo à economia, à ecologia, e à sociologia, permitindo analisar uma dada situação e avaliar estratégias alternativas;
- e c)

uma pesquisa que visa concretizar novos procedimentos concretos de gestão dos recursos e dos meios naturais, por meio de mecanismos de negociação entre os diferentes atores sociais envolvidos.

Isso porque, a gestão da qualidade ambiental depende do conjunto de questões relativas à apreensão da especificidade dos sistemas vivos nos processos de conhecimento e ação. Inicialmente, deve ser promovido o conhecimento do capital natural, com enfoque patrimonial, no qual o ponto de partida reside no reconhecimento da complexidade, da globalidade, da totalidade e da interatividade que caracterizam os sistemas vivos e a esfera humana. De acordo com OLLAGNON (1997), essa realidade faz com que sejam consideradas três orientações gerais: a) um enfoque sistêmico; b) o acolhimento a todas as formas de conhecimento; e c) um procedimento centrado num objetivo de ação.

Para GUSMÃO (2003), existe uma relação direta entre gestão ambiental e desenvolvimento sustentável, para qualquer atividade. Devem gerar riquezas, contudo, sem se opor à responsabilidade ambiental e o valor social. Isso significa centrar forças num novo projeto de sociedade, no qual a proteção e a filantropia deram lugar à participação cidadã das empresas rumo à transformação social. A ética, a transparência e a responsabilidade social devem ser a prioridade das organizações mais avançadas: esses conceitos, antes restritos ao universo do terceiro setor, são hoje, debatidos no mais alto nível das corporações. As organizações só serão capazes de sobreviver no mundo globalizado, caso tenham a capacidade de aliar à eficácia técnica e operacional de suas estruturas, um senso profundo de responsabilidade social. Dessa forma, haverá o processo de transformação social e de fortalecimento da cidadania, para que as empresas não sejam rejeitadas pela sociedade – consumidores, clientes, funcionários e opinião pública. Portanto, a implantação de um SGA deve estar fundamentada e apoiada em três pilares, que garantirão que esta seja viável em seus aspectos econômicos, sociais e ambientais:

- Aspecto econômico - não existe nenhum tipo de questionamento com a importância de sua relação, posto ser o princípio básico à sobrevivência de qualquer atividade do setor produtivo;
- Aspecto social - passou a ser incorporado recentemente, já dentro dos princípios de desenvolvimento sustentável, no sentido de que a sociedade aceite a forma de trabalho e a sua remuneração, onde haja ética e transparência. Por exemplo, é inadmissível o trabalho escravo ou infantil; e
- Aspecto ambiental - seu mais novo componente, que associado ao grande déficit social, é fundamental a sua observância para a imagem e a sobrevivência da empresa, no longo prazo.

Considerando a importância no fortalecimento desses três aspectos, a gestão ambiental tende a evoluir do controle centralizado e rígido e do planejamento ineficiente atual, para uma linha de ação que induza a cooperação de um grande número de atores com um comportamento coerente e participativo, contudo, sem a necessidade de constituir uma organização formal (GONDALO, 1998). Assim, um dos entraves que devem ser superados

para que ocorra a gestão ambiental de uma forma eficiente, deve ser a descentralização de poder, visto que a maioria da população fica vulnerável aos grupos de interesses econômicos dominantes, não conseguindo impor suas reais necessidades. Para MONTGOLFIER e NATALI (1997), a descentralização oferece importantes espaços de manobra para a implantação de procedimentos de gestão patrimonial, na mediada em que ela amplia a responsabilidade direta dos agentes do setor público sobre aquilo que configura a qualidade cotidiana da vida em suas comunidades, seus estados ou suas regiões.

Por meio deste viés relacionado à qualidade de vida, pode-se esperar que sejam efetivados procedimentos de gestão próximos dos procedimentos de gestão patrimonial em regime de propriedade comum, do que os procedimentos clássicos de gestão em regime de propriedade estatal, colocadas sob a responsabilidade de administrações centralizadas, e onde cada uma delas acaba atuando como um mono-ator em seu domínio específico de competência. Para isso, a participação deve ser pensada em todos os seus níveis: a) nos processos de formulação das políticas e nas estratégias de gestão ambiental descentralizada das instituições públicas; e b) nas etapas de implementação dos projetos (CUNHA e COELHO, 2003).

Dessa forma, as empresas, de grande e pequeno porte, devem investir em SGA não só preocupadas com a relação benefício-custo. Existe, pelo menos, duas questões a serem consideradas (GUSMÃO, 2003):

- A questão legal - desde 1981, fortalecidas com a constituição de 1988, o Brasil é um dos países do mundo onde as leis ambientais estão entre as mais completas e exigentes. Por esse motivo, o argumento do não conhecimento das leis não serve de subsídio a crimes ambientais; e
- A questão social - a imagem perante a sociedade, inclusive para a manutenção do próprio negócio, posto que a sociedade já não aceita compactuar com empresas constantemente envolvidas em escândalos ambientais. O que tem sido observado nas empresas que valorizam as questões sociais, é o retorno em forma de lucro.

A Agenda 21 brasileira incentiva o planejamento e a gestão participativa para o desenvolvimento local, com a participação de todos os atores sociais, dando autenticidade e autonomia às comunidades no caminho do desenvolvimento de suas economias, na geração de renda e emprego, na proteção ambiental e justiça social (SEABRA, 2003).

Para MASER (1999), a participação da comunidade poderá ser a pedra angular para que ocorra efetivamente a sua implantação, propiciando uma maior longevidade dos ecossistemas e bem-estar às comunidades locais. As questões ambientais devem ser vistas pelas comunidades como uma questão de vizinhança, em face à interligação existente entre ela e o meio ambiente. Não é condizente com a atual situação, a população esperar que o governo e as organizações tomem iniciativas para a solução dos problemas, sem a sua efetiva participação.

Compete a cada comunidade se organizar e sair da teoria para ações concretas, promovendo discussões em torno do planejamento e da gestão participativa em escala local,

cujos efeitos poderão interferir nas políticas públicas e, posteriormente, serem notados globalmente. Por esse motivo, a questão ambiental deve significar perspectiva para a obtenção de melhoria da qualidade de vida, por meio de relações de cooperação e conflito entre Estado e atores não-governamentais, marcadas pelas mediações de diferentes conjuntos de crenças, idéias e valores (CUNHA e COELHO, 2003). Para GODARD (1997), “a combinação de um grande número de ações determinadas, cada uma em função de racionalidades fragmentadas e locais, pode gerar efeitos globais de transformação do meio ambiente que não são levados em conta pelos mecanismos de regulação pela troca”, fenômeno bastante conhecido nos casos da poluição do ar ou da água.

Nos últimos dez anos, no Brasil, o modelo de gestão das bacias hidrográficas, adotados na legislação brasileira com a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, pela Lei 9.433/97 (Lei das Águas) e regulado pelo Decreto 2.612/98, é baseado nos pressupostos do co-manejo e da descentralização das tomadas de decisão. A abordagem tradicional sempre foi realizada de forma compartimentada e não integrada. Com o conceito de bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, representou um avanço conceitual importante e integrado de ação. Nesse sentido, os comitês de bacia e as agências de água representam (re) arranjos institucionais com o objetivo de conciliar interesse diversos e muitas vezes antagônicos, assim como controlar conflitos e repartir responsabilidades (SILVA, 2002; CUNHA e COELHO, 2003; TUNDISI, 2003).

Desta perspectiva, “a promoção de uma gestão integrada de recursos naturais e do meio ambiente pode nos levar não só ao questionamento de certas modalidades técnicas de exploração, mas também estimular a busca de transformações das condições sociais que cercam seu exercício. A simples gestão de recursos naturais pressupõe certamente que se possa apreender ao mesmo tempo os aspectos técnicos e sócio-institucionais do processo de desenvolvimento” (GODARD, 1997).

#### **4.3.10.4. Sistemas de Gestão Ambiental: oportunidades e riscos**

Com a implantação do SGA, espera-se que a empresa obtenha os seguintes resultados diante das questões ambientais (GESTÃO e NEGÓCIO, 2003): a) prevenir-se de riscos e prejuízos; b) observar os requisitos legais pertinentes; c) melhorar o desempenho ambiental com a redução de desperdícios por meio da otimização dos recursos e aproveitamento de resíduos; d) melhorar o relacionamento com a comunidade de seu entorno, promovendo o conhecimento mútuo, o que reduz as resistências de ambas as partes; e) cativar clientes, aumentando as chances de novos negócios, particularmente os voltados para o exterior, associando a empresa ao espírito de cidadania; f) atrair a atenção positiva da mídia, beneficiando-se do “*marketing verde*”; g) reforçar a imagem institucional, ligando a empresa a causas de interesse público; e h) melhorar a vida da comunidade, que do ponto de vista dos negócios, também significa fazer dela um lugar melhor para seu crescimento sustentável. Essas observações são pertinentes, posto que, na visão de SACHS (1997), o conceito de



desenvolvimento sustentável apresenta cinco dimensões principais de sustentabilidade: a) social; b) econômica; c) ecológica; d) geográfica; e e) cultural.

Os procedimentos de fabricação, relações externas com os clientes e relações internas de trabalho constituem os elementos essenciais do patrimônio de uma empresa. A criação de círculos de qualidade, constituído de um grupo composto de cinco a dez voluntários pertencentes a uma mesma unidade, têm por meta enriquecer constantemente este patrimônio, em benefício de todos os atores implicados (diretores, funcionários, clientes), por meio de procedimentos que integram o diagnóstico dos problemas e a negociação de soluções. Tais procedimentos respeitam a arbitragem final da parte da direção, mas sem excluir o recurso à intervenção dos facilitadores (ou mediadores, ou auditores) (MONTGOLFIER e NATALI, 1997).

Busca-se, diante dessas questões de gestão dos recursos naturais, a excelência ambiental. Esta poderá ser atingida por três caminhos, de acordo com CONTADINI (1997): a) melhoria da imagem institucional; b) melhor desempenho ambiental; e c) maior aproveitamento das oportunidades de negócios.

#### **4.3.10.4.1. Melhoria da imagem institucional**

De acordo com NARDELLI e GRIFFITH (2000), a melhoria da imagem institucional refere-se à preocupação das empresas em demonstrar a terceiros a sua efetiva preocupação com o meio ambiente. Inclusive, permite que sistemas de diferentes organizações possam ser comparados, significando benefícios para o consumidor e para o governo em face da possibilidade de controle sobre os seus fornecedores. Para isso, é preciso que sejam traçadas estratégias - entre o setor público, privado e a sociedade civil - cujas alianças são fundamentais para que as ações voluntárias sejam eficientes e atinjam, monotonicamente, um maior número de pessoas, capazes de potencializar toda uma gama de programas e projetos nas mais diversas frentes de atuação.

Para isso, NARDELLI (2001) afirma que as empresas não devem ter apenas a preocupação com o cumprimento dos requisitos legais ou com sua imagem, quando no fundo o objetivo principal é aferir lucros, provenientes do possível retorno proporcionado pelo “*marketing verde*”; portanto, sendo conflitantes com os interesses de conservação ambiental e da geração de benefícios sociais. Essa mesma autora comenta, citando Coelho (2000), que para muitas empresas, o meio ambiente é a principal preocupação e a última prioridade. Ou seja, a inserção do setor empresarial no ambientalismo não é resultado de sua conscientização ambiental, mas sim de uma motivação econômica.

A formação, o fortalecimento e o uso de uma imagem ambiental positiva, para que sejam legítimos, deverão ser sustentados por atitudes e compromissos reais por parte da organização, tais como: a) a adoção de tecnologias limpas que minimizem os impactos ambientais negativos; b) a economia de matérias-primas e outros insumos; c) o aproveitamento de subprodutos; d) a otimização de processos; e e) menores custos com o tratamento e a disposição de resíduos. Isto exige que a gestão dos sistemas produtivos permaneça sempre

sensível às limitações e oportunidades de cada ecossistema natural. Portanto, devem ser bem visualizadas pelas organizações, qual a maneira como planejam e implementam suas estratégias e táticas para percorrer esses caminhos que irão influenciar o sucesso ou o fracasso de sua gestão ambiental, em vez de buscar falsas vantagens competitivas mediante a superexploração dos recursos e, ou, uma política salarial desfavorável à força de trabalho local (Galopin, 1988 *apud* SACHS, 1997; NARDELLI, 2001).

Observa-se, entretanto, que para atingir esse objetivo, é necessário que as organizações dediquem os seus esforços administrativos e gerenciais para fora de seu espaço físico de atuação e do seu quadro de funcionários. Deve trabalhar com a comunidade local por meio da criação e formação de lideranças conscientes, de tal forma que possibilite o desenvolvimento de relações físicas, biológicas, políticas, sócio-econômicas, tecnológicas e culturais inseridas no contexto dessa comunidade, gerando um maior envolvimento empresa/comunidade, que garantirão a estabilidade ambiental e social da região abrangente. Dessa forma, haverá o surgimento de uma noção de gestão de recursos humanos. Essa postura favorecerá a própria sobrevivência desta organização, posto se tratar de uma estratégia fundamentada em uma visão sistêmica de todo o processo. Assim, para NARDELLI (2001), as organizações operando em permanente mudança, com as pessoas que as compõe gerando novas formas de organização e alterando o próprio meio institucional no qual estão atuando, faria com que a empresa passasse a interagir com todo o sistema e não apenas a reagir à pressões de forma pontual.

Entretanto, para GODARD (1997), “considerando os laços estreitos que unem certos recursos às diversas funções ecológicas do meio exigem, para os primeiros, um tipo de gestão permanente, orientada com base na consideração dos ritmos assumidos pelos processos ecológicos de reconstituição dos meios naturais”. Para este mesmo autor, poderia ser introduzida nesse caso, a noção de “gestão durável” como perspectiva organizadora, onde não houvesse a tendência de otimizar a taxa de exploração dos recursos sem considerar a sua capacidade de reprodução e de regeneração.

Para PORTER e BROWN (1996), caberia ao Estado definir as linhas de atuação dos atores não-estatais (organizações internacionais, ONGs e grandes corporações), decidindo sobre linhas de financiamento, legitimando ações e criando condições favoráveis para a implementação de projetos.

#### **4.3.10.4.2. Melhoria do desempenho ambiental**

De acordo com NARDELLI e GRIFFITH (2000) refere-se objetivamente à economia de recursos e a redução da produção de resíduos, sendo necessário a otimização de processos e esperando como resultado menores custos com o tratamento e disposição de resíduos. Para PORTER e BROWN (1996), as grandes corporações, que também formulam e executam políticas ambientais, devem criar áreas de proteção ambiental ou investir em projetos estatais ou ONGs, de acordo com seus interesses empresariais e de “marketing”. Para SACHS (1997), a busca deve ser por “um padrão de industrialização caracterizado por uma

transformação simultânea da estrutura da oferta de produtos, das modalidades de uso dos recursos naturais, e da forma pela qual eles são produzidos”. Para esse mesmo autor, isso pode ser conseguido mediante uma “combinação judiciosa de vários aspectos - seleção de matérias-primas, de fontes de energia, de técnicas e de espaços para a instalação de sistemas produtivos. Dessa forma, seriam conciliados o desenvolvimento com a gestão racional da natureza, fazendo uso, concomitantemente, da industrialização como uma alavanca de transformação estrutural de suas economias, visando melhorar sua produtividade, reduzir sua heterogeneidade, aumentar sua resistência às tendências desfavoráveis da economia mundial e gerar os recursos necessários à redução da dívida social acumulada”.

### ➤ **A gestão dos resíduos**

De acordo com NARDELLI e GRIFFITH (2000) a gestão atual deve consistir no planejamento, na organização e na alocação de recursos (físicos, financeiros e tecnológicos) e na formação de lideranças que criem uma visão compartilhada nas comunidades onde a empresa está inserida, possibilitando atingir os objetivos desta organização ou empreendimento. Deverá, também, gerar emprego e renda possibilitando uma maior equidade social, tendo como resultado final a redução da pobreza e dos impactos ambientais.

Uma empresa que produz um excessivo volume de resíduos, poluindo excessivamente, pode-se concluir que, no mínimo, está sendo ineficiente do ponto de vista produtivo e econômico. As empresas eficientes não devem produzir resíduos: devem reduzir a utilização de matéria-prima, reutilizar os recursos disponíveis e reciclar os resíduos gerados durante o processo produtivo. Apenas quando não mais houver possibilidade de reaproveitamento, os resíduos deverão ser encaminhados para compostagem, no caso dos orgânicos, ou transformar-se em insumo para outra empresa. Como último recurso, deverá ser encaminhado para aterro sanitário.

A reciclagem, em muitas empresas, além dos benefícios ambientais e o auxílio à criação de inúmeros empregos, reduz o seu custo de produção. Isso melhora a visão institucional da empresa frente à sociedade, revertendo em lucro e garantindo a sustentabilidade. Para isso, é necessário que haja esforço em toda a cadeia produtiva, para que reduzam os impactos ambientais e sociais.

Com esses procedimentos, o investimento em SGA produz retorno significativo, tais como (GUSMÃO, 2003):

- Gestão dos resíduos, que poderão, inclusive, ser comercializados;
- Melhoria nos índices dos indicadores ambientais, eficiência energética e de insumos;
- Redução direta de consumo de energia e água; e
- Melhoria da visão institucional, principalmente quando o objetivo é a exportação.

Algumas empresas conseguem reciclar até 90% de seus resíduos gerados nos processos produtivos. Significa que além de estar poupando recursos naturais, também está cumprindo a legislação ambiental. Porém, para que as mudanças sejam efetivas, deverão

envolver todos os seus quadros de funcionários, a comunidade onde está inserida, entre outros, por meio de educação e práticas ambientais, que forneçam subsídios à formação de um elevado grau de conscientização. Dessa forma, a possibilidade de sucesso será maior e possibilitará que sejam duradouras (GESTÃO e NEGÓCIO, 2003).

Nesse processo educativo, onde deve ser trabalhadas a empresa e a comunidade para o desenvolvimento de uma visão compartilhada, deve ser evidenciado como fundamental a contribuição individual para a integração de todo o processo. Porém, no Brasil ainda é incipiente a adesão das empresas à implantação do SGA, com exceção daquelas de maior porte.

BERDAGUE et al. (2002) elaboraram uma proposta de implementação de um sistema de gestão ambiental (SGA) para a Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo do Município de Viçosa, MG, com o objetivo de fornecer ferramentas que pudessem dirimir eventuais falhas operacionais e gerenciais, possibilitando que o empreendimento obtivesse as licenças ambientais pertinentes e operasse de forma plena. O desenvolvimento e implantação do SGA, apesar de útil para o processo de licenciamento ambiental pelo qual a Usina terá de passar, entre outros, não despertaram o interesse de todos os membros da alta administração, composta pelas Secretarias Municipais de Agricultura e de Ação Social.

#### **4.3.10.4.3. Melhoria e maior aproveitamento das oportunidades de negócios**

A busca por produtos e serviços produzidos por processos limpos, que não causem impactos e degradação ao meio ambiente é cada vez maior. O consumidor, ao fazer uma compra ou utilizar um serviço, inclui na sua decisão a análise de quanto socialmente responsável ele julga que uma empresa é. Portanto, os modelos de produção agropecuários, florestais e industriais, que por natureza são agressivos ao meio ambiente, necessitam de alternativas tecnológicas mais saudáveis, por meio de ações efetivas, para atender à essa demanda. Fica claro que, para atingir a sustentabilidade, deverá haver uma integração entre os pontos de vista econômico, ecológico e social, necessitando de políticas públicas efetivas direcionadas nesse sentido, dedicados à promoção de um novo modelo de desenvolvimento, que favoreçam uma melhor distribuição dos recursos disponíveis evitando os processos de acumulação.

Dessa forma, com a atitude consciente da necessidade de conservação do meio ambiente, não vendo a obrigação de cumprimento às leis ambientais apenas como um custo adicional para a empresa, provavelmente, os benefícios ambientais tornar-se-ão benefícios econômicos. Para isso, de acordo com NARDELLI e GRIFFITH (2000), é necessário e imprescindível que promovam um planejamento adequado das ações e dos investimentos a serem realizados, que podem ser obtidos a partir de um eficiente sistema de gestão ambiental.

O planejamento do SGA pode ser definido como o processo no qual um conjunto de informações é trabalhado no sentido de orientar as atividades, produtos e serviços da organização de forma a satisfazer as principais necessidades e exigências, que gerem ao

mesmo tempo, um valor econômico e um valor social e ambiental, para as partes interessadas. Dessa forma, as empresas devem incluir a criação de valores sociais e ambientais, além do lucro propriamente dito.

#### **4.3.10.5. Implantação do Sistema de Gestão Ambiental**

A formação e o surgimento da noção de gestão de recursos humanos é fundamental. Utilizar essa noção de gestão para os recursos naturais implica na necessidade de que sejam identificados os titulares de direitos sobre estes recursos e que sejam examinados os objetivos atribuídos à sua gestão. Na escala da sociedade, a gestão ambiental aparece como um dos principais componentes da gestão das interações entre sociedade/natureza e de suas transformações reciprocamente impostas ou possíveis numa perspectiva de co-evolução no longo prazo. Portanto, o SGA deve garantir a princípio: a) assegurar sua boa integração ao processo de desenvolvimento econômico; e b) assumir as interações entre recursos e condições de reprodução do meio ambiente, organizando uma articulação satisfatória com a gestão do espaço e aquela relativa aos meios naturais. O sucesso dependerá da orientação inicial do SGA que deverá estar de acordo: a) com os interesses sociais representados; b) com os objetivos que estimulam o desenvolvimento sócio-econômico; e c) com os meios e instrumentos que se encontram à disposição dos gestores. Portanto, a gestão ambiental constitui atualmente o centro onde se confrontam e se reencontram os objetivos associados ao desenvolvimento e ao ordenamento, com aqueles direcionados à conservação da natureza ou da qualidade ambiental.

Para o desenvolvimento do Sistema de Gestão Ambiental, devem ser seguidos os passos constantes na NBR ISO 14.001, que são: o estabelecimento da política ambiental e o planejamento de sua implantação.

Constitui o primeiro passo: a) o comprometimento da alta administração; b) a revisão dos aspectos ambientais envolvidos; e c) a elaboração da política ambiental propriamente dita. Posteriormente, passa-se a fase de planejamento: deve-se orientar pela política ambiental preestabelecida, identificando e avaliando os aspectos ambientais, analisando os requisitos legais, os critérios internos de desempenho e definindo os objetivos e metas ambientais a serem alcançados (NARDELLI e GRIFFITH, 2000; BERDAGUE et al., 2002).

#### **4.3.11. Licenciamento ambiental**

Atualmente, num contexto mundial, fica evidente a crescente preocupação com as questões de âmbito ambiental. No setor empresarial essa conscientização se evidencia essencialmente pela crescente adoção, de caráter voluntário, de sistemas de gestão que contemplam metodologias cujo enfoque é o desenvolvimento sustentável.

A adoção dos chamados “Sistemas de Gestão Ambiental” pelas empresas, cada vez mais de caráter efetivo, reflete claramente a mudança da consciência ambiental, onde já se

considera como parte integrante do negócio se preocupar com o meio ambiente e atingir níveis elevados de sustentabilidade. Essa postura tem um efeito direto e muito significativo no que diz respeito ao cumprimento dos dispositivos legais que regem sobre os cuidados devidos ao meio ambiente.

A avaliação de impactos ambientais é uma ferramenta da Política Ambiental usada no âmbito do licenciamento ambiental, instituído em nível nacional pela Lei 6.938/81 e modificada, em parte, pela Lei 7.804/89. O licenciamento ambiental é o procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação, modificação e operação de atividades e empreendimentos utilizadores de recursos ambientais considerados efetiva ou potencialmente poluidores ou daqueles que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, desde que verificado em cada caso concreto, que foram preenchidos pelo empreendedor os requisitos legais exigidos. O licenciamento ambiental pode ser considerado um sistema de gestão ambiental, pois, ele auxilia na detecção de falhas na cadeia produtiva (SILVA, 1998; FEAM, 2002).

Os benefícios gerados pelo licenciamento são diversos, pelo caráter democrático que inclui a participação da sociedade em todos os processos de concessão de licença, podendo ser observados ao nível de governo, consumidores e empreendedor (SANTOS et al., 2002):

- Para o governo, o licenciamento ambiental é extremamente importante, gerando benefícios tais como: a) facilidade no controle e monitoramento; b) na fiscalização ambiental; c) auxiliar a traçar diretrizes de normatizações ambientais; e c) padronização nas ações corretivas aos impactos para uma determinada atividade;
- Para os consumidores, destacando-se a) a padronização dos produtos finais; b) uma maior qualidade e sanidade dos produtos; c) a possibilidade de redução no custo final; e d) a aquisição de produtos ambientalmente corretos; e
- Para o empreendedor proporciona a) a otimização no uso de energia; b) um ambiente de trabalho mais seguro; c) a redução de desperdícios e custos de produção; d) a qualidade final do produto é garantida; e) a facilidade de comercialização dos seus produtos; f) o maior valor de revenda; e g) a maior facilidade de exportação.

#### **4.3.11.1. Sistemática de licenciamento ambiental**

##### **➤ No Estado do Paraná**

Para a solicitação de qualquer modalidade de licenciamento de atividades poluidoras degradantes e, ou, modificadoras do meio ambiente, será exigido ao requerente a apresentação do "Requerimento de Licenciamento Ambiental", contendo o detalhamento de sua pretensão. No Estado do Paraná, por exemplo, este documento representa a formalização legal e legítima da solicitação junto ao Instituto Ambiental do Paraná (IAP), órgão responsável pelo licenciamento ambiental neste estado.

Quando solicitado, é obrigatória, por parte do solicitante, a apresentação de Plano/Projeto de Sistema de Controle Ambiental, elaborado e a ser executado por profissional habilitado, acompanhado de Anotação ou Registro de Responsabilidade Técnica - ART (quando exigível ao profissional/técnico elaborador ou executor do plano/projeto), na forma da Lei e em conformidade com as diretrizes estabelecidas pelo IAP de acordo com a modalidade de licenciamento ambiental requerida.

Nos procedimentos relativos ao licenciamento ambiental em qualquer de suas modalidades o IAP observará o seguinte:

- Utilizará sua estrutura organizacional descentralizada nos Escritórios Regionais - ESREG, coordenados pela Diretoria de Controle de Recursos Ambientais - DIRAM e, somente em casos especiais, a seu critério, decidirá pela concessão do licenciamento na sede do IAP;
- Utilizará critérios diferenciados para licenciamento, em função das características, do porte, da localização e do potencial poluidor e, ou, degradante dos empreendimentos, atividades ou obras; além de considerar os níveis de tolerância para carga poluidora na região solicitada para sua instalação;
- Realizará as vistorias técnicas para avaliação da eficiência da implantação dos sistemas de controle ambiental por meio de técnicos habilitados lotados nos Escritórios Regionais e, ou, da DIRAM, no caso de necessidade de apoio técnico;
- Encaminhará as licenças concedidas, cadastros e anexos, por meio de via postal ou aguardará que sejam retiradas pelo requerente no Escritório Regional mais próximo da localização do empreendimento, conforme opção no momento do requerimento do licenciamento;
- Emitirá parecer negativo quanto à localização, nos casos em que não for possível a concessão de licença prévia, considerando, inclusive, a possibilidade de acidentes ecológicos mesmo com a existência de sistemas de controle ambiental adequado à fonte de poluição;
- Considerará critérios de densidade demográfica para o licenciamento prévio de empreendimentos como loteamentos, edificações pluri-domiciliares, restaurantes, hospedarias, escolas, empreendimentos comerciais e outros empreendimentos de prestação de serviços.

#### ➤ **No Estado de Minas Gerais**

Em Minas Gerais, o licenciamento ambiental é exercido pelo COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental, por intermédio das Câmaras Especializadas; da FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente, no tocante às atividades industriais, minerárias e de infra-estrutura; e do IEF - Instituto Estadual de Florestas, no tocante às atividades agrícolas, pecuárias e florestais (FEAM, 2002).

As bases legais para o licenciamento e o controle das atividades efetiva ou potencialmente poluidoras em Minas Gerais estão estabelecidas na Lei n. 7.772, de 8 de

setembro de 1980 e no Decreto n. 39.424, de 05 de fevereiro de 1998, que a regulamenta, compatibilizados com a legislação federal (FEAM, 2002).

Complementar ao Decreto, as deliberações normativas e resoluções do COPAM a) normatizam as condições para o sistema de licenciamento ambiental; b) classificam os empreendimentos e atividades segundo o porte e potencial poluidor; c) estabelecem limites para o lançamento de substâncias poluidoras no ar, na água e no solo, de forma a garantir a qualidade do meio ambiente; e d) definem os procedimentos a serem adotados pelo empreendedor para a obtenção das licenças ambientais: Licença Prévia (LP); Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO), as quais poderão ser expedidas isoladas ou sucessivamente, de acordo com a natureza, características e fase do empreendimento ou atividade (*ibidem*). Há que se considerar, que na primeira fase, o licenciamento prévio, discute-se a viabilidade ambiental do empreendimento, por meio dos EIA/RIMA para os projetos mais complexos, ou do PCA/RCA para projetos mais simples. Durante a análise dessa licença poderá ocorrer a audiência pública, onde serão discutidos com a comunidade interessada, o projeto e seus estudos ambientais. Dessa forma, a LP não concede nenhum direito de intervenção ambiental, posto referir-se a uma fase ainda conceitual (RIBEIRO, 2002).

Para os empreendimentos já existentes em Minas Gerais antes de março de 1981, quando foi regulamentada a Lei Ambiental do Estado, é adotado o chamado licenciamento corretivo, por meio de convocação a registro. Nesse caso, a regularização é obtida mediante a obtenção da Licença de Operação corretiva, condicionada ao cumprimento de Plano de Controle Ambiental - PCA, aprovado pela competente Câmara Especializada do COPAM. O licenciamento corretivo é aplicado também aos empreendimentos instalados depois de março de 1981, à revelia da Legislação Ambiental, com o objetivo de permitir a regularização de suas atividades (*ibidem*).

Os órgãos e entidades da administração estadual, direta e indireta, somente aprovam projeto de implantação ou ampliação de atividades efetiva ou potencialmente degradadoras do meio ambiente, após o licenciamento ambiental, sob pena de responsabilização administrativa e nulidade de seus atos. Dessa forma, para a liberação de recursos referentes a concessão de incentivos fiscais ou financeiros, a empresa beneficiária deve apresentar a licença do COPAM (SANTOS et al., 2002; FEAM, 2002).

#### ➤ **Comparando com outros locais**

SANTOS et al. (2002) estudaram os procedimentos de licenciamento ambiental dos Estados de Minas Gerais e Bahia e dos países México e Portugal, com o objetivo de verificarem as suas eficiências. Concluíram que é impossível dizer que qualquer um dos quatro processos é mais eficiente, pois existem aspectos onde se diferem: sobressaem-se em alguns e complementam-se em outros. Entre os dois Estados brasileiros, acharam interessante que o Centro de Recursos Ambientais (CRA) da Bahia adote o Formulário de Orientação Básica



(FOB), evitando assim equívocos na entrega de documentos, além de ser uma forma de documentar as exigências do órgão.

Com relação a Portugal e México, não diferenciam as licenças ambientais como o fazem os Estados brasileiros - LP, LI e LO. Existe um processo único, ao fim do qual o empreendimento é ou não licenciado, considerando todos os seus aspectos: localização, alternativa tecnológica, potencial poluidor, entre outros. Outra vantagem deste sistema é a unificação das taxas a serem pagas e a agilização do processo.

Uma vantagem do processo em Minas Gerais é o menor prazo de validade das licenças, principalmente os da classe III (empreendimentos de grande porte; e aqueles de pequeno porte, mas com grande potencial poluidor), obrigando a revisão mais freqüente do seu funcionamento. Pode-se afirmar, entretanto, que o processo de licenciamento ambiental em Minas Gerais é bastante criterioso, encontrando-se entre os mais modernos de todo o país e, também, atende às exigências dos países mais desenvolvidos, de todo o mundo, com respeito às questões ambientais (SANTOS et al., 2002).

#### **4.3.11.2. Perspectivas para o licenciamento ambiental em Minas Gerais**

Pretende-se unir e transformar os diversos órgãos ambientais de Minas Gerais, nos moldes de agências de meio ambiente e desenvolvimento sustentável do Primeiro Mundo, com a integração e simplificação informatizada dos órgãos oficiais que cuidam da questão ambiental. Essa proposta, de acordo com CARVALHO (2003), Secretário de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD), visa desburocratizá-los para que não mais funcionem como “cartórios” verdes. A mudança proposta visa introduzir o auto e declaratório licenciamento ambiental por parte das empresas, as quais responderão penalmente, caso descoberto, como danosas ao meio ambiente. Tal proposta será sugerida ao CONAMA, como “um meio de extirpar o preconceito de que a questão ambiental entrava o desenvolvimento econômico quando, na verdade, é a única maneira dele acontecer de maneira sustentável, não predatória e sem exclusão social”.

Tal proposta, que pretende ser revista até junho deste ano (2004), quando todo o sistema estará informatizado (por meio do Sistema Integrado de Informação Ambiental - SIAM), tem sido conduzida de maneira democrática, com ampla discussão e participação dos segmentos produtivos, dos ambientalistas e da sociedade civil organizada, o que implica diretamente no envolvimento e crivo do COPAM, antes de virar sugestão do CONAMA. Esse trabalho tem sido realizado em parceria com nove Estados da Federação, tentando fazer as necessárias e indispensáveis alterações na base de sustentação do sistema. Para CARVALHO (2003), as iniciativas previstas não só procuram atualizar a política ambiental oficial, como também “incorporar novas dimensões conceituais que foram surgindo ao longo dos anos, principalmente nessa última década, e que ainda não fazem parte das políticas públicas de meio ambiente”. Para esse mesmo autor, o momento eletrônico e político atual favorecem, sendo que o objetivo maior é desburocratizar e simplificar o sistema de licenciamento

ambiental e o monitoramento vigente em Minas Gerais e no Brasil, onde haverá a incorporação da nova visão da gestão territorial, na qual o meio ambiente deve ser visto de uma forma holística e sinérgica.

Considerando que todo o sistema esteja informatizado, o cidadão comum terá acesso ao Sistema Estadual de Meio Ambiente e a todos os seus órgãos vinculados, podendo receber orientações quanto ao licenciamento e à fiscalização. Dessa forma, pretende-se simplificar, sensivelmente, o modo como se aceita e acompanha a proposta de desempenho de toda atividade industrial. A partir do momento que existe uma base de dados unificada e georeferenciada, contendo todas as informações necessárias (rede hidrológica, cobertura vegetal, relevo, etc.), cuja ausência tornavam lento o procedimento de licenciamento de atividades potencialmente poluidoras, serão agilizadas as decisões sobre os aspectos locacionais do empreendimento. Isso fará com que o licenciamento ambiental e o monitoramento se transformem em instrumentos vinculados à meta de qualidade, tendo como referência espacial a bacia hidrográfica. Para CARVALHO (2003) e JUNQUEIRA (2003), da Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM), esse fato poderá tornar-se realidade, caso sejam adotados para os empreendimentos classes I e II (empreendimentos de pequeno porte com potencial poluidor pequeno e médio - classe I; e empreendimentos de médio porte que tenham potencial poluidor pequeno - classe II), o autolicensing perante a legislação ambiental, sob o nome de responsabilidade civil (já acontece em países como a França e Espanha).

Tal procedimento visa a redução dos custos de licenciamento para os pequenos e médios empresários, extremamente onerosos, corrigindo uma antiga injustiça. Isso será possível porque grande parte das informações exigidas à elaboração do EIA/RIMA, necessárias para a aprovação do projeto, cujos custos de consultoria são elevados, estarão disponíveis "on line" no sistema ambiental do Estado. Ao mesmo tempo, as atividades com maior risco de produzirem impactos de elevadas magnitude e importância, serão analisadas e, posteriormente, fiscalizadas, com maior rigor. Nos empreendimentos de classe III e IV (empreendimentos de pequeno porte, mas com grande potencial poluidor ou de grande porte - classe III; e os empreendimentos grandes, mas de pequeno potencial poluidor - serão classe IV). Os pequenos empreendimentos ficarão sujeitos à auditorias por amostragem, feitas pelo órgão ambiental (CARVALHO, 2003; JUNQUEIRA, 2003).

Para RICAS (2003), superintendente-executiva da Associação Mineira de Defesa do Meio Ambiente (AMDA), "a proposta é pertinente, na medida que pretende corrigir os problemas relativos aos licenciamentos, afirmando ser impossível querer que o Estado esteja presente em todos os empreendimentos". Porém adverte: só funcionará exemplarmente, quando na amostragem, na malha fina de fiscalização pretendida pelo governo, a descoberta do poluidor for acrescida de multas rigorosas. Iniciativas como a regionalização do COPAM e a unificação da entrada dos processos para análise, podem contribuir nesse sentido.

Uma das vantagens desse novo procedimento, é que evita o aumento do tamanho do Estado pela contratação de um maior número de pessoal para administrar o setor ambiental, posto existir atualmente grande ineficiência nessa área. Tal situação, típica do Brasil, é

insustentável, posto que o custo recairá sobre o contribuinte. A expectativa é que com o autolicensing ambiental, sejam desocupados 60% do tempo dos técnicos, orientando-os para o que é realmente mais importante e fundamental em termos de fiscalização e aplicação da lei, nas atividades que têm, efetivamente, efeito poluidor, com alto grau de risco para o meio ambiente e a saúde da população. O subsídio para essa tomada de decisão vem do recente cadastro de 1.305 indústrias com potencial poluidor, cujos dados apontam que apenas 35 destas, respondem por 91% do total de resíduos sólidos gerados no meio ambiente (CARVALHO, 2003; JUNQUEIRA, 2003). De acordo com JUNQUEIRA (2003), no Brasil existem atualmente, aproximadamente, cinco mil indústrias licenciadas, mas sem nenhuma condição de acompanhamento.

Para CARVALHO (2003), o EIA/RIMA atual, apresenta um diagnóstico setorial com um grande número de compêndios, muito bem elaborados, porém com um volume reduzido de prognósticos. Considerando que esses diagnósticos já se encontram disponíveis no sistema, o importante deve ser os prognósticos, onde estão as sugestões de solução, com as ações para mitigar ou evitar a poluição de uma atividade efetiva ou potencialmente poluidora, que não vinha recebendo o merecido destaque. Dessa forma, o sistema tornar-se-á pró-ativo, com uma gestão moderna e eficaz.

Também, visando a agilização dos procedimentos de licenciamento para os empreendimentos das classes III e IV, a simplificação proposta é facultar as fases de licenças prévias e de instalação, e concomitantes. De acordo com JUNQUEIRA (2003), “o Brasil é o único país do mundo que ainda trabalha com licenciamento em três estágios”. Entretanto, para RICAS (2003), “as mudanças não podem substituir, de maneira única e indistinta, as ações tradicionais de comando e controle por parte dos seus órgãos ambientais”. Isso porque, para essa mesma autora, “mesmo não sendo uma política efetiva, a normatização e a fiscalização por parte do Estado brasileiro, ainda é fundamental para aqueles que não querem cumprir a lei”. Adverte ainda, com relação a excessiva preocupação com a agenda marrom (cuida da poluição industrial), enquanto que pouca atenção recebem as agendas verde (relativa às florestas, fauna e flora) e azul (gestão e uso dos recursos hídricos), posto que setores tradicionalmente retrógrados com a questão ambiental, como a pecuária e a agricultura, continuam degradando o meio ambiente.

#### **4.3.12. Considerações finais**

Impõe-se, como questão prioritária a ser resolvida para atingir o desenvolvimento sustentável, a extinção ou redução da pobreza, para que haja uma maior equidade social, possibilitando a participação da sociedade no controle do desenvolvimento. Esta, deve ser reavaliada a) entre as nações, podendo ser amenizada em termos de mudanças nos modelos de produção e desenvolvimento; e b) dentro de cada país, que pode ser conseguida por meio de uma melhor distribuição de renda e mudanças de hábitos de consumo; ou seja, exige-se mudanças estruturais na sociedade. Esse aspecto é fundamental, posto que o indivíduo

marginalizado da sociedade, sem emprego ou acesso à educação e à saúde, seu compromisso maior destina-se à própria sobrevivência. Dessa forma, considerando a sua condição de degradação humana, não haverá como exigir deste indivíduo a sua preocupação com a degradação ambiental.

A política ambiental, após a elaboração da Constituição de 1988, garantiu direito a todo brasileiro ao meio ambiente equilibrado, posto ser um bem de uso comum e fundamental para que se tenha qualidade de vida e desenvolvimento sustentável. Também, a Constituição a) estimula a ação popular ambiental, enfatizando o papel do cidadão; b) cria dispositivos concedendo autonomia a estados e municípios; c) inclui como função de promover a proteção do meio ambiente entre as incumbências institucionais do Ministério Público; d) impõe a defesa do meio ambiente como um dos princípios gerais da ordem econômica; e) condiciona o direito de propriedade à preservação ambiental; e f) evidencia a necessidade de recuperação de áreas degradadas, entre outros.

Após a promulgação da Constituição, houve mudanças substanciais nas propostas originais do governo, entenda-se como planejamento, que propiciaram inovações legais e a criação de diversos programas que, na verdade, garantem o desenvolvimento sustentável, tais como: a) criação do IBAMA, agência governamental com amplas responsabilidades na condução da política ambiental; b) ampliação das restrições contidas no Código Florestal, com ênfase para proibições de desmatamento; c) suspensão de financiamentos a atividades que impliquem desmatamento e afetem ecossistemas primários; d) vinculação da outorga de concessão de lavra garimpeira ao licenciamento ambiental; e e) criação de lei dispor sobre o controle de todas as etapas do uso de agrotóxicos no país. Com a Lei 8.028/90, foi criada a Secretaria do Meio Ambiente (SEMAM), com a finalidade de planejar, coordenar, supervisionar e controlar as atividades relativas à Política Nacional de Meio Ambiente e à preservação, conservação e uso racional dos recursos naturais renováveis.

Considerando que as comunidades de todo o mundo têm por objetivo atual, exigir do sistema produtivo a conservação dos recursos naturais e a manutenção do meio ambiente saudável, o SGA e o licenciamento ambiental podem funcionar como importantes ferramentas para este fim. Na verdade, um novo tipo de gestão da natureza carece da participação de novos tipos de gestores e da criação de novas maneiras de gestão. Faz-se necessário a alteração dos modelos de produção, com a educação ambiental das empresas e das próprias comunidades, visando a redução da poluição, o descarte excessivo de resíduos e a substituição do modelo energético: a reciclagem é uma alternativa concreta do ponto de vista técnico, econômico e social, que contribui diretamente nesses três aspectos. Dessa forma, em diferentes graus, os diversos atores da sociedade deverão se constituir em gestores de qualidade da natureza, posto que direta ou indiretamente, todos influenciam na sua qualidade.

As leis ambientais, que exigem a avaliação de impactos ambientais e o licenciamento, com as suas imposições, tais como controle, monitoramento e multas, bem como os procedimentos de certificação vêm funcionando como instrumentos efetivos às causas ambientais. Entretanto, os processos de certificação, que é um processo voluntário, só terão

resultados efetivos se visualizarem e aprenderem a origem social dos problemas ambientais. Serão mais eficientes quando o comprador/consumidor o exigirem. Também, deverão contribuir para o desenvolvimento de novas instituições para o manejo, haja vista que o seu objetivo principal, o de reduzir o ritmo do desmatamento das florestas tropicais do mundo, não têm surtido o efeito esperado. É fundamental trabalhar as comunidades visando o aumento do seu nível de consciência ambiental, paralelamente à redução das desigualdades de poder e riquezas, para que possam exigir uma postura mais definida na elaboração das políticas públicas, cobrando das empresas a implantação do SGA.

O Estado deve ser o principal mediador nesse processo de regulação e uso dos recursos naturais e de proteção ao meio ambiente. Então, impõe-se construir modelos de gestão que integre os interesses diversos, solucionando as contradições surgidas no caminho para o desenvolvimento econômico e a conservação da natureza, mesmo que seja por meio de política regulatória, como é a política nacional de recursos hídricos. Para esse fim, devem ser estimulados os conceitos de desenvolvimento sustentável, manejo de recursos naturais e democratização e descentralização das decisões, como as políticas ambientais estruturadoras e indutoras sendo estimuladas, de forma a desonerar o Estado, no seu sentido mais amplo, com a participação dos organismos internacionais, ONGs e corporações integradas na elaboração e na implementação de políticas ambientais.

A degradação, ambiental e humana, está diretamente relacionada com a condição de perpetuação de modelos de produção que agridem o meio ambiente e conduzem à pauperização. A recuperação ambiental, além dos recursos técnicos, depende de mudanças de condutas e de valores; e o desenvolvimento sustentável será consequência dessas transformações. Questionam-se se as instituições de ensino estão cumprindo o seu papel, de formação política dos futuros pesquisadores e gestores, baseada e fundamentada na ética, com vistas às transformações sociais necessárias que proporcionem tais condições, de maior equidade e justiça social. Breve, estes serão os responsáveis para o desenvolvimento de tecnologias, que deverão ser apropriadas e sustentadas por princípios éticos. As transformações necessárias devem ser propostas, evidenciando preocupação mais efetiva com o meio ambiente.

Consciente desta realidade, o desenvolvimento sustentável requererá mudanças fundamentais na percepção cultural, onde exista a consciência de que o meio ambiente não está limitado aos ecossistemas biofísicos, mas inclui uma rede de interações entre a consciência humana, os sistemas sociais e o meio natural, formando um centro integrado, sendo necessário, portanto, uma visão sistêmica. É sabido, que o comportamento interno da organização com relação às questões ambientais refletem diretamente, em grande parte, as exigências exteriores, que são particulares para cada cultura e estrutura social. Então, para que a ética passe a ser incorporada e integrada de forma verdadeira, faz-se necessário mudanças na estrutura e estratégia organizacionais, preocupações que deverão ser anteriores ao seu próprio desenvolvimento tecnológico.

Dessa forma, a pesquisa e a ética com vistas a sustentabilidade, seriam desenvolvidas ao longo do tempo, onde os elementos a serem incluídos nesse processo estariam abertos ao debate ético. O horizonte de tempo a ser considerado para a tomada de decisões, deverá ser similarmente determinado. Um debate desta natureza pode ser iluminado pela discussão de visões alternativas em ambas as questões - desenvolvimento e horizonte de tempo - mas que não poderá ser resolvido de outra forma que não por um consenso, ele próprio essencialmente ético. Portanto, é preciso que sejam definidos critérios objetivos de políticas públicas, para gerenciarem essas questões, inclusive as novas tecnologias, que deverão possuir os atributos e critérios das tecnologias apropriadas. Inclusive, com propostas de modelos de produção que auxiliem na recuperação ambiental e que sejam sustentáveis.

## CAPÍTULO IV

### 4.4. Propostas de modelos de produção sustentáveis

#### ➤ **Objetivos**

O objetivo deste capítulo é identificar propostas inovadoras de modelos de produção capazes de gerar emprego e renda com maior equidade e justiça social, respeitando os princípios do desenvolvimento sustentável, a partir de estratégias gerenciais diferenciadas. Objetiva também:

- Evidenciar que a adoção destas propostas evita a degradação ambiental, como também permite a recuperação de áreas degradadas;
- Demonstrar, por meio de Estudos de Caso, problemas ambientais atuais de grande monta e perspectivas para as suas soluções por meio da adoção destas propostas; e
- Sugerir pesquisas para os assuntos discutidos nestes Estudos de Casos, visando a sua difusão.

#### ➤ **Introdução**

Deve-se esclarecer que, nos dias atuais, os conceitos de desenvolvimento sustentável ampliam-se, abraçando diferentes dimensões, que buscam se combinar e complementarem-se. Há que se considerar, entretanto, como foi exposto no capítulo anterior, haver divergências consideráveis para a obtenção dessa confluência. Isso porque, segundo HOFFMAN (1997) e NARDELLI (2001), os interesses definem as suas dimensões temporais, de acordo com a sua conveniência. Desta forma, de acordo com estes autores, a princípio, esses conceitos ainda são antagonistas, e não combinados e complementares, como seria o desejável. Assim, o que realmente existe, são propostas de um modelo de desenvolvimento, que ainda encontra-se no estágio de compromisso em formação, posto que para existir este efetivo desenvolvimento sustentável, deve-se pensar em todas as seguintes formas de sustentabilidade: a) ecológica; b) ambiental; c) sociocultural; d) econômica; e e) política (SEABRA, 2003).

- Sustentabilidade ecológica - constitui a base física do processo de crescimento e tem como objetivos a conservação e o uso racional do estoque de recursos naturais incorporados às atividades produtivas;
- Sustentabilidade do ambiente - assegura a compatibilidade do desenvolvimento com a manutenção dos processos ecológicos essenciais, bem como com a diversidade e recursos hídricos;
- Sustentabilidade social e cultural - assegura que o desenvolvimento aumenta o controle das pessoas sobre suas vidas, é compatível com a cultura e os valores morais do povo por ele afetado, mantendo e fortalecendo a identidade da comunidade;

- Sustentabilidade econômica - assegura que o desenvolvimento é economicamente eficaz e que os recursos são geridos de modo a poder suportar as gerações futuras;
- Sustentabilidade política - está relacionada à construção da cidadania plena dos indivíduos por meio do fortalecimento dos mecanismos democráticos de formulação e de implementação das políticas públicas em escala global e, também, diz respeito ao governo e à governabilidade nas escalas local, nacional e global (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DO TURISMO, 1997; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E DA AMAZÔNIA LEGAL, 2000).

#### 4.4.1. O capitalismo natural

##### ➤ Princípios, filosofia e objetivos

A degradação ambiental atingiu níveis que põe em risco a capacidade de auto-sustentação dos ecossistemas. O capitalismo natural reconhece a interdependência fundamental entre a produção e o uso do capital produzido pelo homem e a conservação e o fornecimento do capital natural. Tradicionalmente, o capital se define como a riqueza acumulada na forma de investimentos, fábricas e equipamentos. Entretanto, a economia requer quatro tipos de capital para funcionar adequadamente (HAWKEN et al., 1999):

- Capital humano, na forma de trabalho e inteligência, cultura e organização;
- Capital financeiro, que consiste em dinheiro, investimentos e instrumentos monetários;
- Capital manufaturado, inclusive a infra-estrutura, as máquinas, as ferramentas e as fábricas; e
- Capital natural, constituído de recursos, sistemas vivos e dos serviços do ecossistema.

O sistema industrial utiliza as três primeiras formas de capital, para transformar o capital natural no material de nossa vida cotidiana, desde bens de consumo, como os automóveis, até os mais imprescindíveis, como medicamentos, hospitais e, principalmente, alimentos. Porém, os modos de produção do modelo capitalista adotado, particularmente após a Revolução Industrial, descuidaram de atribuir valor ao mais importante capital que emprega: os recursos naturais e a biodiversidade de seus ecossistemas, aos sistemas sociais e culturais que são a base do capital humano (DAHLMAN, 1993; HAWKEN et al., 1999).

A lógica econômica que caracterizou a Revolução Industrial e a Revolução Verde deve ser alterada para esse momento de escassez, onde a sociedade deverá lançar mão de recursos bem mais produtivos, derivando mais proveito de cada unidade de energia, água ou qualquer outro material retirado do planeta e consumida. Alcançar semelhante grau de eficiência pode não ser tão difícil quanto talvez pareça, porque do ponto de vista material e da energia, a economia é altamente ineficiente. Nos Estados Unidos, o material utilizado no metabolismo da indústria, equivale a mais de vinte vezes o peso de cada cidadão por dia: cerca de 450 toneladas por norte-americano ao ano. O fluxo global de matéria, em torno de 500 toneladas anuais, a maior parte das quais se desperdiça, é em grande parte invisível. Todavia, obtê-la, transportá-la, usá-la e dela desfazer-se, vem degradando os ecossistemas,



que têm demonstrado sinais de estresse e perda da resiliência. A humanidade já usa mais da metade da água potável de superfície disponível, transformaram entre um terço e metade da superfície da Terra firme e se apropriam de mais de dois quintos de toda a produtividade biológica primária terrestre (VITOUSEK et al., 1997). A duplicação dessa sobrecarga com o crescimento demográfico poderá reduzir ainda mais a biodiversidade de outros ecossistemas: a perda de florestas, a degradação do solo e da água potável, em certos casos, aviva os conflitos regionais e nacionais.

O capitalismo natural e a possibilidade de um novo sistema industrial alicerçam-se em uma mentalidade e em uma escala de valores diferentes daquelas do capitalismo convencional. Entre seus pressupostos básicos, figuram os seguintes (HAWKEN et al., 1999):

- O meio ambiente não é um fator de produção sem importância, mas “um invólucro que contém, abastece e sustenta o conjunto da economia” (Daily, 1996, *apud* HAWKEN et al., 1999);
- Os fatores limitador do desenvolvimento econômico futuros são a disponibilidade e a funcionalidade do capital natural, em particular dos serviços de sustentação da vida que não têm substitutos e, atualmente, carecem de valor de mercado;
- Os sistemas de negócio e de crescimento populacional mal concebidos ou mal projetados, assim como os padrões dissipadores de consumo, são as causas primárias da perda do capital natural, sendo que esses três fatores devem tentar alcançar o desenvolvimento sustentável;
- O progresso econômico futuro tem melhores condições de ocorrer nos sistemas de produção e distribuição democráticos baseados no mercado, nos quais todas as formas de capital sejam plenamente valorizadas, inclusive o humano, o industrial, o financeiro e o natural;
- Uma das chaves do emprego mais eficaz das pessoas, do dinheiro e do meio ambiente, é o crescimento radical da produtividade dos recursos;
- O bem-estar humano (de acordo com BELLIA (1996), refere-se simplesmente ao nível de utilidade. Economia do bem-estar é a parte do estudo da Economia que explica como identificar e alcançar alocações de recursos socialmente eficientes) é mais favorecido pela melhora da qualidade e do fluxo da prestação de serviços desejáveis que pelo mero aumento do fluxo total de capital;
- A sustentabilidade econômica e ambiental depende da superação das desigualdades globais de renda e bem-estar material; e
- Em longo prazo, o melhor ambiente para o comércio é oferecido pelos sistemas de governo verdadeiramente democráticos, que se apóiam nas necessidades das pessoas, não nas das empresas.

HAWKEN et al. (1999), traçam quatro estratégias centrais de capitalismo natural, que são meios de habilitar os países, as empresas e as comunidades a operar comportando-se como se todas as formas de capital fossem valorizadas. Garantir a permanência dos processos sociais e naturais a fim de servir uma população em crescimento não é só um investimento

sensato, mas também uma necessidade crítica nas décadas futuras. Pode evitar a escassez, perpetuar a abundância e estabelecer uma base sólida para o desenvolvimento social: a base da administração responsável e da prosperidade desse e dos próximos séculos. São as seguintes estratégias, inter-relacionadas e interdependentes, que se propõem à redução da degradação ambiental:

- a) A produtividade radical dos recursos - a produtividade radicalmente acrescida dos recursos é a pedra angular do capitalismo natural, pois o uso mais efetivo dos recursos oferece três significativas vantagens: 1) desacelera seu esgotamento, em uma extremidade da cadeia de valor; 2) diminui a poluição; e 3) fornece a base do crescimento do emprego em atividades significativas em todo o mundo. Dessa situação podem resultar custos mais baixos para os negócios e para a sociedade, que já terá de custear as causas principais das perturbações ambientais e sociais. Quase toda deterioração social e nos ecossistemas, é produto do emprego economicamente dissipador dos recursos humanos e naturais, porém as estratégias de produtividade dos recursos podem praticamente deter a degradação da biosfera, tornando-a mais rentável para empregar as pessoas, evitando a perda da biodiversidade indispensável e da coesão social;
- b) O biomimetismo - a redução do uso dissipador de material, ou seja, a eliminação da própria idéia de desperdício, pode ser obtida redesenhando-se os sistemas industriais e materiais, possibilitando a reciclagem constante do material em ciclos fechados contínuos e, com muita freqüência, a eliminação da toxicidade;
- c) Uma economia de serviço e de fluxo - trata-se de uma alteração fundamental na relação entre produtor e consumidor, de uma transformação da economia de bens e aquisições em uma economia de serviço e de fluxo. Essencialmente, a economia baseada em um fluxo de serviços econômicos pode proteger melhor o serviço do ecossistema do qual ela depende. Isso acarretará uma nova percepção do valor, uma mudança na aquisição de bens, como medida de riqueza, para uma economia em que a recepção contínua de qualidade, utilidade e desempenho promovem o bem-estar. Tal conceito oferece incentivos para que se coloquem em prática as duas primeiras inovações do capitalismo natural, reestruturando a economia a fim de focalizar as relações que melhor atendem às necessidades de mudança de valor do consumidor e recompensando automaticamente tanto a produtividade dos recursos quanto os ciclos fechados de emprego do material;
- d) Investimento no capital natural - trata-se de reverter mundialmente a destruição do planeta mediante reinvestimentos na sustentação, na recuperação e na expansão dos estoques de capital natural, de modo que a biosfera possa produzir serviços mais abundantes nos ecossistemas e mais recursos naturais.

Esta proposta vem sendo implantada em diversos locais do mundo, com bastante sucesso, nas mais variadas atividades dos setores produtivos. Tem evitado o surgimento de áreas degradadas, promovido a recuperação ambiental, gerando emprego e renda, com equidade social (HAWKEN, 1999).

## **Estudo de caso 4.4.1. (6) Recuperação ambiental de áreas contaminadas por agroquímicos e metais pesados**

### **4.4.1.1. Objetivos**

- Avaliar o nível de evolução das pesquisas nessa área;
- Sugerir procedimentos de remediação e recuperação ambiental;
- Identificar os desvios nos procedimentos utilizados pelo modelo agroquímico; e
- Demonstrar a viabilidade do capitalismo natural.

### **4.4.1.2. Introdução**

O crescimento constante da população e a conseqüente demanda por alimentos, estimulados pelo forte apelo propalado e implementado pela “Revolução Verde”, conduziram ao aumento de produtividade e a busca pela melhoria da qualidade desses produtos, implicando na utilização de fertilizantes minerais e agrotóxicos. Este último destaca-se entre as principais formas de controle de doenças, pragas e plantas invasoras. Porém, seus princípios ativos têm como depósito final o solo ou a água, poluindo e degradando o capital natural. No solo, onde a maior parte é depositada, uma parte é degradada pelos microorganismos e a outra é retida na matéria orgânica e, ou, nas argilas. Após a retenção, esses produtos podem ser perdidos a) por lixiviação; b) para a atmosfera; e c) por erosão. A contaminação da água pode ocorrer diretamente pela deriva de pulverizações; pela lixiviação da água de drenagem poluindo os lençóis subterrâneos e as nascentes; pela erosão e, ou, lavagem de tanques e embalagens. Os dois aspectos mais importantes da poluição ambiental por agrotóxicos, são a) os efeitos diretos sobre as formas de vida natural; e b) os indiretos pela acumulação na cadeia alimentar sobre os diversos animais. O uso de agrotóxicos pode ser considerado o fator mais importante na redução da biodiversidade, dentre as práticas de produção agropecuária e florestal. Como conseqüência, constata-se o surgimento de novas pragas ou a maior resistência daquelas existentes, exigindo a cada aplicação, doses intensivas para o seu controle, significando maiores danos ambientais.

Deve-se considerar a persistência dos agrotóxicos no solo, sendo influenciada diretamente por a) características do produto - quanto maior a solubilidade, mais profundamente penetram no solo; b) processos físicos, químicos e microbiológicos sofridos pelos agrotóxicos quando aplicados no solo, quando se determina a fitotoxicidade e disponibilidade ou não desses produtos; e c) aquelas inerentes ao solo, tais como a estrutura, a proporção de argilas e sua composição, a capacidade de troca catiônica (CTC), ao teor de matéria orgânica, ao pH, o potencial redox, a temperatura do solo e a atividade microbiana. Logo, práticas de manejo e conservação do solo, são necessárias para diminuir os impactos ambientais provocados por agroquímicos. Uma alternativa para a solução definitiva ou parcial seria a adoção de estratégias que minimizem os impactos ao capital natural e a dependência

existente no modelo de produção agroquímico, tais como o manejo integrado de pragas e doenças, o uso de rotação de culturas e do plantio direto, a agricultura orgânica, os sistemas agroflorestais, a redução de doses dos agrotóxicos e o terraceamento. Um aspecto importante, é o teor de matéria orgânica contido no solo: é considerado como fator de maior influência na persistência de agrotóxicos no solo, não só devido à maior adsorção, mas também devido a sua presença propiciar o desenvolvimento de maior quantidade e diversidade de microorganismos, favorecendo a biodegradação.

Considerando que o uso de agrotóxicos é uma realidade, os órgãos de pesquisa podem e devem contribuir para a) o desenvolvimento de produtos mais seguros; e b) a determinação das dosagens adequadas, de tal forma que venha conciliar o efetivo aumento de produção via produtividade, evitando a necessidade da abertura de novas fronteiras agrícolas. Dessa forma, seria reduzida a pressão sobre os ecossistemas, com o combate efetivo das pragas, redução de custos e mitigação dos impactos negativos sobre o meio ambiente. Estudos relativos à recuperação precisam ser intensificados, particularmente sobre a contaminação por metais pesados, posto que muito se conhece sobre seus impactos e suas conseqüências ambientais, mas pouco se sabe, ainda, sobre suas soluções.

No Brasil, até recentemente, não existia consenso com relação à adoção de um termo único para designar os agrotóxicos. Popularmente, eram chamados de veneno ou simplesmente produto químico. Nos meios acadêmicos e técnicos, recebiam o nome de defensivos agrícolas, pesticidas, biocidas, agrotóxicos ou defensivos fitossanitários. Em 1989, a legislação brasileira adotou o termo agrotóxico, por meio da Lei nº 7.802/89 e pelo Decreto nº 98.816/90. Agrotóxicos são substâncias químicas, naturais ou sintéticas, destinados a matar, controlar ou combater de algum modo as pragas, no sentido mais amplo: tudo aquilo que ataca, lesa ou transmite enfermidade às plantas, aos animais e ao homem (MUSUMECI, 1992).

O Decreto nº 86.955/82 definiu fertilizante como substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes às plantas. São subdivididos em: a) fertilizantes simples (formado de um composto químico, contendo um ou mais nutrientes das plantas); b) fertilizante misto (mistura de dois ou mais fertilizantes simples); c) fertilizante orgânico - fertilizante de origem vegetal; d) fertilizante organomineral - mistura ou combinação de fertilizantes minerais e orgânicos; e) fertilizante composto - obtido por processo bioquímico, natural ou controlado, com mistura de resíduos de origem vegetal ou animal; e f) fertilizante complexo - contém dois ou mais nutrientes, resultante de processo tecnológico em que se formam dois ou mais compostos químicos (GUERRA e SAMPAIO, 1988).

No Brasil, como conseqüência da Revolução Industrial, iniciada na década de 30 e intensificada nas décadas de 50/60, a agricultura enfrentava sérias dificuldades. Nesse mesmo período, emerge mundialmente, a agricultura moderna norteadas pelos princípios da Revolução Verde, baseada num modelo intensivo em capital, fundamentado basicamente no aumento de produtividade pelo uso maciço de insumos químicos, monocultivos com variedades de alto rendimento, da irrigação e da mecanização. Essa nova alternativa seria a grande oportunidade para a solução dos diversos problemas: êxodo rural reforma agrária, ganhos em produtividade,

geração de emprego e renda, além de excedentes para exportação. Havia a necessidade de gerar divisas para alimentar o desenvolvimento do incipiente parque industrial brasileiro. A soja surge como a grande esperança de exportação, recebendo empréstimos subsidiados para a compra de agroquímicos, aplicados sem nenhum tipo de treinamento e de controle. Esses, usados excessivamente ou onde as condições de precipitação são propícias à lixiviação e, ou, ao escoamento superficial e à erosão, há perdas de recursos, a produção não é maximizada e tornam-se potencialmente capazes de gerar impactos ambientais (NAIDIN, 1985). Inicialmente, de natureza física, pelo próprio desmatamento; seguidos por aqueles de natureza química, como o processo de eutrofização. A irrigação, quando praticada em regiões onde os níveis de metais encontrados nas águas apresentam valores superiores àqueles permitidos, a erosão e o deflúvio superficial agrícola favorecem a entrada de maiores quantidades de compostos químicos nos córregos e mananciais, como nutrientes e metais. Estes alteram o estado trófico das águas, inclusive com potencial de contaminação do lençol subterrâneo, tornando-as impróprias para o consumo e também causando efeitos deletérios à vida aquática. Também, pode se tornar um caminho de saída desses contaminantes metálicos do meio aquático em direção aos alimentos, disponibilizando esses compostos na dieta alimentar humana, apresentando reflexos negativos em termos ecológicos e de saúde pública. A análise da qualidade das águas em diversas regiões agropecuárias, silviculturais e urbano-industriais, revelam que estas têm sido atingidas pela alteração da paisagem e pela introdução de substâncias químicas nos solos e nas águas. De acordo com a literatura, alguns metais apresentaram concentrações impróprias para a preservação da vida aquática, como o cobre (proveniente do uso excessivo de sulfato de cobre, principalmente no período chuvoso), e o zinco, particularmente nas águas das nascentes, cujas concentrações seriam suficientes para causar toxicidade crônica em peixes. Observa-se assim, a insustentabilidade em longo prazo (BRIGANTE et al., 2003c; 2003d).

Por estas questões, o risco constante à saúde humana e, também, ao meio ambiente, como consequência dos métodos modernos de produção agropecuária, têm gerado preocupações em um número crescente de pessoas, principalmente pela popularização do ambientalismo nos últimos anos (SPADOTTO, 1996). A venda de alimentos “isentos de agrotóxicos” passa a ser um diferencial de mercado, onde o naturalismo evolui de um incipiente modismo para um movimento ideológico e politicamente bem estruturado. Produtores, consumidores, extensionistas, pesquisadores e políticos têm se mobilizado no sentido da obtenção de alimentos saudáveis, a um custo compatível e sem consequências nocivas para o meio ambiente (PNFC; PNUD, 1994).

#### **4.4.1.3. A necessidade de recuperação e sua caracterização**

Existem situações, em que a poluição atinge determinados níveis, onde é necessário o desenvolvimento e a implementação de técnicas de descontaminação. A escolha irá depender dos seguintes fatores: a) exigências legais com relação aos níveis críticos aceitáveis;

b) recursos técnico-financeiros; c) localização da área; e d) riscos de dispersão da contaminação além do sítio delimitado aumentando os problemas relacionados com a biomagnificação.

Metais pesados são elementos com peso específico maior que  $5\text{g/cm}^3$  ou que possuem número atômico maior que 20 (MALAVOLTA, 1994). Compreendem 40 elementos químicos com características toxicológicas e efeitos específicos para cada um deles (BASTOS e FREITAS, 1999). A expressão metal pesado, embora possa ser imprópria, engloba metais, semi-metais e mesmo não metais, como o selênio (Se), cuja densidade é inferior a  $5\text{g/cm}^3$ . É utilizada para designar metais classificados como poluentes do ar, da água e do solo, como também de alimentos e forragens (MALAVOLTA, 1994; KING, 1996).

Os principais elementos tidos como metais pesados, encontrados com maior frequência, são: Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Co, Ni, V, Al, Ag, Cd, Cr, Hg e Pb. Apesar desta classificação, todos esses elementos estão presentes nas plantas. Em muitos casos, a associação entre metal pesado e poluição ou contaminação, pode representar uma generalização indevida. Isso porque alguns desses elementos, na relação acima do Cu ao Ni, são considerados essenciais. Talvez, nesse caso, o termo mais correto fosse elementos-traço, posto que os termos micronutrientes e metais pesados são usados para descrever categorias destes. A ordem decrescente de toxicidade dos metais pesados, admitida atualmente, é a seguinte: Hg, Ag, Cu, Cd, Zn, Pb, Cr, Ni, Co, entre outros (BASTOS e FREITAS, 1999).

Os rios recebem compostos provenientes da atividade agrícola por intermédio da erosão, como herbicidas, fungicidas, inseticidas, resíduos de adubos e corretivos. O Quadro 21 mostra as principais fontes naturais e antropogênicas, não entendendo como indicadora de que os elementos sejam originalmente estranhos ao ambiente, que podem adicionar metais pesados no meio ambiente e, particularmente no solo.

QUADRO 21 - Fontes naturais e antropogênicas de alguns metais pesados para o ambiente

<b>Elemento</b>	<b>Natural</b>	<b>Antropogênica</b>
Cd	Minérios de Zn e Pb; rocha fosfática	Resíduos de mineração, galvanoplastia; indústria de pilhas
Cr	Mineral cromita; solos de serpentina	Galvanoplastia; ligas metálicas; esgoto industrial; produtos anticorrosivos
Cu	Sulfetos; óxidos; carbonatos	Galvanoplastia; ligas metálicas; esgoto doméstico e industrial; resíduos de mineração; defensivos agrícolas
Pb	Mineral galena	Indústria de baterias; encanamento; carvão; gasolina; pigmentos
Hg	Mineral cinábrio	Resíduo industrial e de mineração; carvão; defensivos
Ni	Minerais diversos; solos de serpentina	Ligas metálicas; indústria de baterias; resíduo industrial; produção de óleos vegetais (catalisada)
Zn	Minerais (sulfetos, óxidos, silicatos)	Ligas metálicas; pigmentos; galvanoplastia; resíduo industrial; encanamentos.

Fonte: Mattiazzo et al. (1992) adaptado por MALAVOLTA (1994).

Relacionado aos níveis de tolerância para metais pesados no solo, pode-se variar sob determinadas condições, como as características edafoclimáticas, ou mesmo, pelo rigor da legislação, que são diferenciadas entre países ou mesmo entre estados. Por exemplo, o nível máximo de Cd (Kg/ha) permitido para alguns países: EUA - 39; Alemanha - 6; Inglaterra - 10; e Canadá - 1,6 (KING, 1996). Como regra geral, são considerados os valores do Quadro 22 do ponto de vista da fitotoxicidez, referentes a teores totais, e não aos disponíveis.

QUADRO 22 - Concentrações totais de elementos consideradas excessivas do ponto de vista de fitotoxicidez

Elementos	Teores (mg/dm <sup>3</sup> )	Elementos	Teores (mg/dm <sup>3</sup> )
Ag	2	Hg	0,3-5
As	15-50	Mn	1500-3000
B	25-100	Mo	2-10
Be	10	Ni	100
Br	10-20	Pb	100-400
Cd	3-8	Zn	70-400
Co	25-50	Se	5-10
Cr	75-100	Sn	50
Cu	60-125	Ti	1
F	200-1000	V	50-100

Fonte: KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 1985.

Porém, a mobilidade desses metais no ambiente contaminado, é diferenciada e variável, em função: a) da sua natureza e forma química; e b) das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Cátions como o Zn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup> e Cd<sup>2+</sup> são altamente hidratáveis e, geralmente, solúveis no solo. Em solos ácidos e bem drenados, a mobilidade relativa desses elementos pode variar. Dentre as diversas características do solo que influenciam na dinâmica dos metais pesados, podem ser destacadas: a) pH; b) potencial redox; c) textura; d) composição mineral; e) capacidade de troca de cátions (CTC); f) teor e qualidade dos compostos orgânicos na fase sólida e na solução do solo; g) competição por sítios de adsorção e quelatação; e h) propriedades específicas de cada metal (KORCAK e FANNING, 1985).

Em função dessas inter-relações, os metais são menos biodisponíveis à absorção radicular nos solos que possuem grande quantidade de sítios de adsorção ou em ambientes químicos favoráveis à sua precipitação. Solos mais arenosos e com baixa CTC, tendem a reter menos esses elementos; a elevação dos teores de argila, óxidos ou húmus favorece os processos sortivos, os metais pesados são fortemente retidos e assim menos disponíveis. Dessas características, as que mais influenciam, são (SIMÃO e SIQUEIRA, 2001):

- a) pH - é a característica que mais interfere no comportamento dos metais pesados no solo e, geralmente, com o aumento da acidez, favorece a solubilização e a mobilidade desses elementos. Nos solos com pH variando de neutro a alcalino, eles tornam-se menos solúveis e menos disponíveis às plantas, por formarem precipitados com hidróxidos e carbonatos. Com a elevação do pH, a CTC do solo aumenta, o que favorece a adsorção de cátions, sendo mais pronunciado em solos com carga variável.

- b) Potencial redox - em ambientes redutores, o Fe e o Mn são reduzidos à forma bivalente (+2) solúvel, enquanto os elementos chalcófilos (a exemplo do Zn, Cu, Pb e Cd) formam sulfetos insolúveis por processo de precipitação química a partir da redução do sulfato. A estabilidade desses sulfetos em sedimentos é verificada mesmo em condições de pH muito baixo.
- c) Período de contato - o metal adicionado mais recentemente ao solo, é mais facilmente trocável que aquele mais remoto, seja de origem natural, seja incorporado por ação antrópica.
- d) Matéria orgânica - apresenta a capacidade de complexar ou quelatar alguns metais pesados do solo, podendo diminuir sua solubilidade. As substâncias húmicas, ácidos fúlvicos, ácidos húmicos e humina, que constituem o húmus e compõe a matéria orgânica, representam os principais agentes orgânicos envolvidos na complexação de metais no solo. As principais características do húmus que lhe confere a grande capacidade de retenção são: 1) elevada superfície específica, que normalmente excede a dos colóides inorgânicos do solo; 2) carga líquida negativa e dependente do pH do meio; 3) CTC que pode superar a faixa de 1.500-3.000mmol<sub>c</sub>Kg<sup>-1</sup>; 4) elevada facilidade de embebição de água e da solução do solo contendo metais; e 5) capacidade de formar quelatos orgânicos. Neste tipo de ligação, o íon metálico complexado não pode ser trocado rapidamente, devido às ligações covalentes envolvidas serem mais fortes que as ligações eletrostáticas, comuns nas reações de troca de cátions. Porém, pode haver a troca de um material complexado, dependendo de fatores como o pH do solo, a afinidade do metal pelo ligante e a estabilidade do complexo.

Definida a necessidade de recuperação, alguns aspectos devem ser considerados antes do início dos procedimentos propriamente ditos, tais como (SIMÃO e SIQUEIRA, 2001): a) dados do sítio contaminado, como o tamanho, local e histórico da área; b) características do solo (estrutura, textura, pH, etc.); c) tipo e estados físico e químico dos contaminantes; d) grau de poluição (distribuição e concentração do contaminante); e) uso futuro da área; f) recursos técnicos e financeiros disponíveis; e g) questões ambientais, geográficas, legais e sociais.

Uma das grandes limitações existentes refere-se à qualificação para a determinação e a quantificação das concentrações de metais pesados. Esse aspecto é indispensável quando se pretende considerar a recuperação de áreas degradadas dentro de uma visão sistêmica ao nível de ecossistema. Dentre as metodologias analíticas existentes, a técnica da indução de raios X por partículas (PIXE), uma das técnicas nucleares, vem sendo utilizada com sucesso para o estudo dos processos de contaminação por metais pesados em áreas agropecuárias e mineradas (CRUVINEL et al., 1997). Os extratores Mehlich-1 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> e HCl diluídos) e Mehlich-3 (NH<sub>4</sub>F 0,015mol/L + CH<sub>3</sub>COOH 0,2 mol/L + NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 0,25 mol/L + HNO<sub>3</sub> 0,013 mol/L + EDTA 0,001 mol/L) são os mais utilizados para avaliar a disponibilidade de Fe, Zn, Mn, Cu (elementos-traço considerados como metais pesados) e os metais pesados tais como Cd, Cr, Sr e Ni (MEHLICH, 1984). Soluções como o EDTA (ácido etilenodiaminatetra acético) ou o DTPA (ácido dietiltriainapenta acético) que formam complexos estáveis com diferentes



metais, também têm sido utilizados. A grande vantagem do uso do DTPA prende-se ao fato de que os complexos formados apresentam estabilidade em uma ampla faixa de pH (DIAS, 1998).

Nos sistemas aquáticos, quando se deseja avaliar o impacto de substâncias tóxicas, as análises que medem as suas concentrações são limitadas e insuficientes para a real compreensão dos processos e interações dessas substâncias com o meio e a biota; e para a estimativa dos efeitos resultantes na estrutura e função ecológica. Por este motivo, na tentativa de suprir tais limitações, são utilizados testes ecotoxicológicos com organismos aquáticos, que atuam como sensores vivos, permitindo testar hipóteses mais abrangentes relativas à saúde dos sistemas hídricos submetidos às mais diversas formas de poluição química, por meio de bioensaios de toxicidade (ESPÍNDOLA et al., 2003b).

#### **4.4.1.4. Práticas de remediação e recuperação de áreas contaminadas por metais pesados**

Qualquer elemento pode tornar-se tóxico para as plantas e animais, inclusive o homem. Dessa forma, entende-se que toxidez é a manifestação externa de anormalidade que pode ser devida a qualquer elemento, essencial ou benéfico, macro ou micronutriente (MALAVOLTA, 1994).

Para a caracterização da toxidez, deve ser feito um acompanhamento do determinado elemento, o qual deve considerar as seguintes variáveis (PECKETT, 1991): a) diminuição no crescimento ou redução na colheita; b) sintomas visíveis; e c) concentração no tecido.

De acordo com MALAVOLTA (1994) o primeiro efeito ou manifestação pode ser devido à interferência provocada pelo elemento na absorção, transporte ou funções de outro. O sintoma visível, que em alguns casos pode não ser específico, é o resultado de uma cadeia de acontecimentos que começa com uma alteração ao nível celular, resultando em modificação no tecido, ou seja, no sintoma. A incidência de doenças, o ataque de pragas e condições climáticas adversas, pode provocar sintomas semelhantes aos da toxidez. Então, para a sua confirmação, algumas premissas devem ser observadas:

- Generalização - o sintoma deve estar manifestado em uma área representativa e não em algumas plantas isoladas;
- Gradiente - os sintomas são mais evidenciados nas folhas velhas, enquanto que nas mais jovens é de menor visibilidade; e
- Simetria - folhas que compõem um mesmo par ou próximas umas das outras, devem mostrar a anomalia.

Algumas observações não podem deixar de ser consideradas: a) os sintomas se manifestam de forma diferente de acordo com cada elemento; e b) variando também em função da espécie e, mesmo dentro dessa espécie considerada, podem variar. Nesse caso, alguns fatores como a existência de um microssítio, podem favorecer a resistência e o desenvolvimento de plantas isoladas.

Uma outra observação refere-se à interação entre os nutrientes aplicados no solo e as pulverizações de agrotóxicos. Esta pode induzir sintomas que em alguns casos, apesar de serem semelhantes aos das deficiências nutricionais, são sintomas de toxidez (GOMES et al., 1999).

Em casos de toxidez mineral nos animais alimentados por pastejo natural, feno ou silagem, a responsabilidade deve ser atribuída à forragem, que pode ter acumulado algum elemento em níveis prejudiciais ou, por algum aditivo utilizado na mistura mineral, por exemplo, a uréia. Tanto a falta como o excesso, são prejudiciais à saúde animal. No Brasil, a falta é bastante comum, sendo suplementada por adubação mineral contendo macro e alguns micronutrientes, além da calagem, em casos específicos. Os dois elementos potencialmente tóxicos nas condições brasileiras, considerando todo o meio ambiente, sob condições naturais, o mais típico é o alumínio (Al), seguido do manganês (Mn) (MALAVOLTA, 1994; ROSA, 1998); porém, o nível tóxico para os animais é muito maior que os exigidos, o que indica alto grau de tolerância.

Os procedimentos que envolvem a recuperação ou a estabilização de áreas contaminadas, podem ser classificadas em dois grupos, em função dos princípios da metodologia empregada (VANGRONSVELD e CUNNINGHAM, 1988; ACCIOLY e SIQUEIRA, 1996; SIMÃO e SIQUEIRA, 2001): a) técnicas de engenharia; e b) fitorremediação.

#### **4.4.1.4.1. Técnicas de engenharia**

As principais técnicas de engenharia utilizadas recentemente são: a) escavação e disposição do material contaminado em local adequado; b) lavagem; c) tratamento térmico ou eletrocinético do solo; d) vitrificação; e) recobrimento com camada asfáltica; e f) mistura de asfalto com materiais solidificantes, como cimento. A utilização dessas técnicas tem custo elevado, além de promoverem grande agressão ao meio ambiente, sendo recomendadas apenas para áreas localizadas. Para grandes áreas, a maioria das soluções encontradas, pressupõe a utilização de plantas tolerantes e acumuladoras, nos processos de fitorremediação.

#### **4.4.1.4.2. Fitorremediação**

Envolve técnicas biológicas e químicas, como a fitoextração e a fitoestabilização, que implicam no uso de plantas e sua microbiota associadas, de amenizantes de solo e de práticas agronômicas que, aplicadas em conjunto, removem, imobilizam ou tornam os contaminantes menos disponíveis aos sistemas bióticos e aos recursos hídricos. Também, a simbiose de plantas e fungos micorrízicos, pode auxiliar na fitorremediação de áreas contaminadas (ver sub-capítulo 4.4.1.7.2. Microorganismos simbiotes: fixação biológica de Nitrogênio).

#### 4.4.1.4.2.1. Fitoextração

Consiste na remoção dos elementos ou substâncias tóxicas, por meio do cultivo e colheita da parte aérea de plantas capazes de acumular metais. Depois de cortadas, as plantas deverão ser depositadas em locais adequados ou submetidas a processos de redução de sua biomassa, como a compostagem, digestão e incineração, com subsequente recuperação dos metais importantes (SIMÃO e SIQUEIRA, 2001).

Existem espécies que são consideradas “plantas acumuladoras”. Estas têm a capacidade de acumular quantidades relativamente altas de certos metais pesados, sem que tais absorções lhes sejam prejudiciais; também, servindo de indicativo da presença de alguns elementos. Provavelmente, essa característica deve estar associada a fatores genéticos: algumas espécies durante o processo de evolução, como adaptação às condições adversas do meio, foram criando determinadas resistências e comportamentos, como forma de competição, garantindo-lhes melhor adaptabilidade. Algumas espécies que contêm mais de 1000 mg/dm<sup>3</sup> de metal pesado na sua matéria seca são chamadas de hiperacumuladoras (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 1985). No Quadro 23 podem ser observadas algumas espécies que possuem a capacidade de acumular metais pesados.

QUADRO 23 - Plantas acumuladoras de metais pesados e outros elementos

Elemento	Teor % na cinza	Espécie
Ni	>10	<i>Alyssum bertolinii</i> e <i>A. Musale</i>
Zn	-	<i>Thlaspi calaminare</i>
Cr	-	<i>Pimelea suturi</i> , <i>Leptospermum scoparium</i>
Co	1 – 3	<i>Crotalaria cobaltica</i>
Se	-	<i>Astragalus racimosus</i>
Sr	-	<i>Arabis stricta</i>
U	-	<i>Uncinia leptostachya</i> , <i>Coprosma aborea</i>
Cu	0,1 – 1	<i>Becium homblei</i>
Hg	-	<i>Betuea papyrifera</i>
W	-	<i>Pinus sibiricus</i>
Zn	-	<i>Equisetum arvense</i>

Fonte: KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 1985.

A tolerância ao excesso de metais pesados é altamente herdável, pelo fato do caráter “tolerância” ser, em geral, dominante. Essa observação é de extrema importância por pelo menos, três motivos: a) obtenção de genótipos capazes de crescer e produzir em solos com níveis altos de metais pesados; b) obtenção de genótipos nos quais o elemento tóxico não se localize na parte comestível; e c) utilização dessas espécies para a recuperação de áreas degradadas ou, por exemplo, auxiliarem no processo de remoção de sais em solos salinizados (KABATA-PENDIAS e PENDIAS, 1985).

Os estudos relativos a esses tipos de plantas ainda são escassos. Até o momento, não foi registrada a recuperação completa de nenhum sítio por meio deste processo. SOUZA et al. (2000) testaram e avaliaram durante um período de 918 dias, 13 espécies de árvores para a revegetação de uma área de biodegradação de borras oleosas (área de biorremediação) da

refinaria Presidente Getúlio Vargas PETROBRAS/REPAR no Estado do Paraná. As espécies *Casuarina equisetifolia*, *Peltophorum dubium* e *Cupressus lusitanica* foram as espécies mais tolerantes aos resíduos, apresentando sobrevivência maior que 81%. *Mimosa scabrella*, *Ilex paraguariensis* e *Tipuana tipu* foram as espécies com menor sobrevivência (19%, 11% e 12%, respectivamente). A *Casuarina equisetifolia* acumulou maiores conteúdos de metais pesados na massa seca. Os testes na área de biorremediação foram comparados com uma área testemunha.

#### 4.4.1.4.2.2. Fitoestabilização

Combina o uso de amenizantes de solo e a introdução de espécies vegetais tolerantes ao estresse provocado pelo excesso de contaminantes metálicos. Têm sido utilizado na revegetação de áreas mineradas (SIMÃO e SIQUEIRA, 2001). O seu êxito está condicionado à correção de acidez ou alcalinidade, da fertilidade do solo e à adição de matéria orgânica, que darão condição para haver maior atividade microbiana e desenvolvimento vegetal (GRIFFITH et al., 1994).

A função dos amenizantes é converter as frações solúveis e trocáveis dos metais em formas mais estáveis (menos lábeis), diminuindo a biodisponibilidade e a toxidez dos metais às plantas. A redução da disponibilidade desses elementos dar-se-á a) por reação direta de superfície; b) por efeito do pH; ou c) por ambas, sendo que os processos envolvidos na estabilização são a precipitação, a humificação e as transformações redox. A condição mais ácida promove aumento na solubilidade dos metais que passam para a forma aquosa livre, podendo ser novamente precipitados, adsorvidos ou complexados em novos sítios ativados das partículas do sedimento. Os amenizantes incluem materiais utilizados nas práticas agropecuárias e silviculturais, como calcário, gesso, fosfato e materiais ricos em matéria orgânica, sendo que para a inativação dos contaminantes metálicos, são exigidas doses superiores àquelas habitualmente usadas para a correção e fertilização do solo. Os metais que chegam aos corpos d'água têm o potencial de se complexarem com a matéria orgânica, tendo por destino o sedimento, gerando formações mais instáveis que contribuem para o aumento dos estoques de metais biodisponíveis nos sedimentos superficiais. Sedimentos que apresentam excesso de matéria orgânica provocam elevação das atividades oxidativas realizadas pelos microrganismos, cuja conseqüência é um potencial redox reduzido ou negativo, propiciando, a maior remoção de metais, aumentando teoricamente o seu efeito tóxico sobre os organismos (em amostras ambientais onde ocorrem misturas de elementos, a relação entre a concentração e o efeito tóxico não é direta). No caso dos recursos hídricos, os valores de dureza das águas (característica da água que representa a concentração total de íons cálcio e magnésio - expressa em mg CaCO<sub>3</sub>/L) devem ser analisados, posto que tais valores reduzidos conferem à biota aquática maior sensibilidade à presença de substâncias tóxicas, já que a toxicidade é inversamente proporcional ao grau de dureza da água. Pesquisas recentes têm investigado outros materiais com potencial amenizante, incluindo argilas,

diatomita, zeólitos, beringita e farpas de aço (SIMÃO e SIQUEIRA, 2001; BRIGANTE et al., 2003c; ESPÍNDULA e BRIGANTE, 2003).

#### **4.4.1.5. Práticas agrícolas rotineiras para recuperação por fitorremediação**

##### **4.4.1.5.1. Calagem**

Proporciona, via de regra, impactos ambientais positivos. Além da correção da acidez, o seu efeito em solo contaminado por metais pesados inclui a adsorção, a precipitação e a complexação pela matéria orgânica do solo, o aumento da atividade biológica, a melhoria da fixação simbiótica de N pelas leguminosas e o aumento da biodisponibilidade de nutrientes para as plantas. O uso adequado de calcário acarreta na preservação e, sob determinadas condições, propicia o aumento do teor de matéria orgânica do solo (ÁLVARES e RIBEIRO, 1999; SIMÃO e SIQUEIRA, 2001). Em geral, a disponibilidade dos elementos tóxicos diminui (com exceção do Mo que aumenta) com a elevação do pH e a presença de matéria orgânica. Nesse caso, a disponibilidade dos metais é reduzida, devido à precipitação destes em pH superiores a 6,0 (SIMÃO e SIQUEIRA, 2001).

##### **4.4.1.5.2. Gessagem**

Solos que permitem uma boa movimentação de Ca em profundidade no perfil do solo modificam a distribuição das raízes das plantas, aumentando o volume de solo explorado em nutrientes e principalmente em água. Apesar de não provocar alteração significativa no pH do solo, proporciona considerável redução no teor de alumínio trocável e em sua saturação, devido ao aumento de  $\text{Ca}^{+2}$  (ÁLVARES e RIBEIRO, 1999).

##### **4.4.1.5.3. Fertilização e matéria orgânica**

A queda de fertilidade e produtividade nos solos intensamente cultivados e mal manejados está diretamente relacionada com a redução do teor de matéria orgânica, a qual exerce efeitos benéficos, tais como: a) aumento da capacidade de troca catiônica do solo reduzindo a mobilidade de cátions metálicos; b) aumento de umidade, permitindo maior absorção de água pelas plantas, favorecendo a fixação de C e a absorção de N; c) estimula a atividade microbiana; e d) aumenta a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Os corretivos e fertilizantes favorecem: a) a recuperação da fertilidade; b) o desenvolvimento da cobertura vegetal; e c) a formação de matéria orgânica (TIBAU, 1978). Esse fato proporciona o aumento de produtividade de áreas já cultivadas, reduzindo a necessidade da abertura de outras, evitando o depauperamento e auxiliando efetivamente para a recuperação de áreas degradadas.

Entretanto, para que todos estes benefícios ocorram, é necessário que os nutrientes sejam providos de forma equilibrada, a tempo e a hora, atendendo as necessidades das plantas, como pode ser observado no Quadro 24. Considerando a importância da fixação biológica de N que favorecerão a recuperação do solo e o desenvolvimento das plantas, devem ser considerados os demais fatores limitantes que afetam este processo (ver sub-capítulo 4.4.1.7.2. Microorganismos simbiotes: fixação biológica de Nitrogênio).

QUADRO 24 - Principais nutrientes minerais, disponibilidade nos solos tropicais e teor/necessidade das plantas em sistemas naturais

<b>Nutrientes</b>	<b>Principal fonte no solo</b>	<b>Teor nas plantas</b>
N	Matéria orgânica (MO)	1,5 a 4,0%
P	MO e colóides minerais	0,1 a 0,4%
K	Colóides minerais e MO	1,0 a 2,5%
S	MO e alguns minerais	0,2 a 1,0%
Ca	Colóides minerais e MO	0,2 a 2,0%
Mg	Colóides minerais e MO	0,1 a 0,6%
B, Cu, Fe, Mn e Zn	Colóides minerais e MO	10 a 150 mg/dm <sup>3</sup>
Mo	MO e colóides minerais	0,1 a 5 mg/dm <sup>3</sup>

Fonte: Chapman (1965) adaptado de DIAS (2003a).

A matéria orgânica favorece a vida dos microorganismos do solo. Muitos destes, incluindo bactérias, fungos e actinomicetos, utilizam agrotóxicos como fonte de carbono, reduzindo o tempo de sua decomposição e os riscos de poluição ambiental (PRIMAVESI, 1987).

#### **4.4.1.6. Medidas auxiliares para a identificação de impactos ambientais e de recuperação**

##### **4.4.1.6.1. Utilização de bioindicadores**

O uso de bioindicadores é uma das novas tecnologias que tem mostrado grande utilidade para avaliar os impactos ambientais e monitorar a recuperação do meio ambiente (LOUZADA et al., 2000). São utilizados para verificar os efeitos de agentes estressantes - poluentes e degradação de vegetação - em ambientes naturais (MANNING e FEDER, 1980). Dentre as principais justificativas de seu uso, destacam-se (VOS et al., 1985; RESH et al., 1996): a) fornecem sinais rápidos sobre problemas ambientais, mesmo antes do homem perceber sua ocorrência, facilitando a compreensão da extensão dos impactos; b) permitem que sejam identificadas as causas e efeitos entre os agentes estressores e as respostas biológicas (operam com verdadeiros “biosensores”); c) oferecem um panorama da resposta integrada dos organismos à modificações ambientais na presença de contaminantes; e d) permitem avaliar a efetividade de ações mitigadoras tomadas para contornar os problemas criados pelo homem.

São os seguintes principais grupos de espécies bioindicadoras (LOUZADA et al., 2000): a) espécies sentinelas - oferecem uma idéia geral do nível de degradação ou de

presença de uma substância poluente; b) detectoras - espécies que ocorrem naturalmente na área estudada e respondem de maneira mensurável quando há mudança no ambiente; c) exploradoras - espécies em que a sua presença indica a probabilidade de distúrbio ou poluição (tornam-se abundantes em áreas poluídas pela ausência de competição); d) acumuladoras; e e) organismos de bioensaios – organismos selecionados que visam detectar a presença de substâncias tóxicas ou organizá-las em ordem de toxicidade.

Três propriedades das comunidades podem ser utilizadas para inferir sobre os efeitos de modificações ambientais e para o monitoramento de áreas em recuperação: a) a diversidade; b) equitabilidade - número relativo de indivíduos de cada espécie dentro da comunidade; e c) a composição de espécies da comunidade. A sua utilização, ao nível de campo, ainda carece de metodologia especializada e estudos mais aprofundados. Entretanto, em face dos bons resultados obtidos nos casos em que rotinas de análise já foram desenvolvidas, é altamente recomendável a ampliação dos estudos visando identificar bioindicadores de qualidade e impactos para as diferentes atividades dos diversos setores de produção, tais como a agropecuária, florestal e minerária (*ibidem*). De acordo com BRIGANTE e ESPÍNDOLA (2003b), entre os organismos-teste de ambientes aquáticos mais utilizados na avaliação de substâncias tóxicas e poluentes na água, estão os microcrustáceos *Daphnia similis* e *Ceriodaphnia dubia* (Ordem Cladocera, Família Daphnidae). São organismos planctônicos que ocupam posição estratégica na cadeia trófica aquática, atuando como consumidores primários, com os quais são efetuados bioensaios de toxicidade aguda (visa avaliar a letalidade ou imobilidade dos organismos submetidos a um curto período de exposição ao agente ambiental - água) e crônica (visa avaliar as alterações no ciclo de vida do organismo-teste, tais como reprodução, crescimento, comportamento, desenvolvimento morfológico, mortalidade e longevidade - são oportunos, uma vez que podem revelar possíveis locais poluídos por substâncias tóxicas não identificadas pelos testes agudos) da água. Afirmam que estes organismos desempenham importante papel na cadeia trófica aquática, pois servem de elo entre os produtores primários e os macroinvertebrados bentônicos (organismos que são retidos em redes com malha de 200 a 500 µm, incluindo larvas de insetos, moluscos, oligoquetos, hirudíneos e crustáceos (Mackie, 1998 *apud* MANDAVILLE, 2003)), peixes e aves aquáticas, além de serem responsáveis por grande parcela da regeneração de nutrientes e da refertilização da coluna d'água. Para a avaliação ecotoxicológica do sedimento, além destes microcrustáceos citados, deve ser usada, também, a larva do macroinvertebrado bentônica *Chironomus xanthus* (Diptera, Chironomidae). Para TONISSI (1999), deve-se considerar a fração biodisponível do metal, pois esta será a responsável pela contaminação de organismos bentônicos e da coluna d'água, sendo a cadeia trófica a rota responsável pela bioacumulação e pela biomagnificação. Nesse sentido, para ROSIU et al. (1989), “os bioensaios de toxicidade são essenciais quando se busca a proteção dos organismos no ecossistema, e os parâmetros físicos e químicos podem influenciar de forma determinante na toxicidade”. Em estudos ecotoxicológicos, os organismos bentônicos são os mais indicados, por viverem diretamente com os sedimentos. Testes realizados com sedimentos em laboratórios fornecem informações

ecológicas importantes que podem ser utilizadas para identificar a sua toxicidade, bem como os locais mais contaminados. Conseqüentemente, agilizam o requerimento de mecanismos de ação imediata para reduzir riscos ambientais ou para a recuperação do sistema.

Assim, para VISWANATHAN et al. (1988), “os resultados ecotoxicológicos em ambientes afetados pela poluição dão subsídios para o manejo de ambientes menos degradados, e a comparação entre eles ajuda a identificar espécies vulneráveis e espécies indicadoras da qualidade ambiental”. Para Mackie (1998) *apud* MANDAVILLE (2003), os macroinvertebrados bentônicos, por possuírem estas características em presença de determinadas condições ambientais, são considerados bioindicadores: num determinado nível de poluição, “os grupos mais resistentes podem se tornar numericamente dominantes, enquanto outros grupos mais sensíveis podem se tornar raros ou ausentes”. Por exemplo, de acordo com Gessner e Guerreschi (2000) *apud* BRIGANTE e ESPÍNDOLA (2003b), caso a predominância da macrofauna bentônica seja da classe Oligochaeta e da família Chironomidae, indica que pode estar ocorrendo elevado aporte de matéria orgânica proveniente de diversas fontes, tais como decomposição de macrófitas aquáticas ou despejo de esgotos domésticos sem tratamento prévio no leito do rio.

#### **4.4.1.6.2. Equipamentos de precisão e a redução dos impactos ambientais**

O conceito de “Agricultura de Precisão” baseia-se na localização e na quantificação exata da aplicação dos agroquímicos. Dessa forma, permitirá a utilização daquilo que o solo necessita e quando necessita, como também a localização correta de aplicação (DONZELLI et al., 1997). A aplicação localizada pode significar redução de aproximadamente 60%, ou mais, nas quantidades de agrotóxicos utilizados (ANTUNIASSI, 2000). Assim, considerando os aspectos ambientais, a racionalização do uso de agrotóxicos deve ser avaliada como um dos principais benefícios da agricultura de precisão (PROCÓPIO, 2003).

A agricultura de precisão tem recebido grande atenção, praticamente em todos os grandes centros de pesquisa, mundialmente. Relacionado à aplicação de agrotóxico, estão sendo desenvolvidos os “pulverizadores de precisão”, que permitem durante o procedimento de aplicação, apenas o alvo desejado seja atingido. A grande contribuição para a utilização dessa prática acontece com o desenvolvimento da aplicação do GPS (“Global Position System”) em pulverização (*ibidem*). Com a utilização do GPS é possível monitorar os diversos tipos de plantas daninhas na propriedade, o que permite por meio de um pulverizador especial, aplicar determinado herbicida, ou mesmo uma mistura deles, numa determinada área, de acordo com o mapa florístico de um determinado talhão. Também, é possível mapear o solo quanto ao teor de matéria orgânica e, em cada parte da propriedade, aplicar uma determinada dose do herbicida na calda (WEBSTER e CARDINA, 1997). Na prática, a precisão alcançada pelo GPS parece ainda ser um pouco limitada, sendo atualmente utilizado o DGPS (Sistema de Posicionamento Global Diferencial), o qual permite que a localização de um determinado ponto da superfície terrestre seja inferior a um metro (PROCÓPIO et al., 2003).



A detecção instantânea das plantas daninhas pela agricultura de precisão é possível por duas tecnologias (ANTUNIASSI, 2000): a) utilização de sensores óticos, que identificam as diferenças na reflexão da luz pelas diversas superfícies encontradas nas áreas agrícolas, tais como as plantas daninhas, os restos vegetais, a cultura e o solo. Essa mudança de tonalidades exige constante calibração dos sensores devido à sua grande sensibilidade, o que dificulta a implantação dessa tecnologia. Também, a altura dos sensores em relação aos alvos, devido aos diferentes estágios de crescimento das ervas daninhas, é outro fator limitante; e b) por meio da análise instantânea de imagens, via câmera de vídeo. Essas imagens podem ser processadas, possibilitando a identificação imediata das plantas daninhas, enviando informações ao sistema de controle do pulverizador sobre sua presença e localização (PROCÓPIO et al., 2003).

#### **4.4.1.7. Ferramentas auxiliares para a recuperação ambiental**

Os procedimentos de recuperação ambiental em áreas contaminadas por metais pesados, via de regra, particularmente para as atividades agropecuárias e os ecossistemas aquáticos, têm custos elevados. A busca por soluções alternativas de baixo custo e de fácil empregabilidade, podem garantir a sua sustentabilidade.

##### **4.4.1.7.1. Utilização de composto de reciclagem de resíduos orgânicos**

O problema do lixo nas grandes cidades é sério. Em determinadas situações, é gerador de áreas degradadas, consequência do seu acúmulo em terrenos baldios e encostas (provocando sua instabilidade), contribuindo para a contaminação de aquíferos. Considerando esse material ser constituído em sua grande parte de resíduos orgânicos, adquire propriedades que o tornam um excelente condicionador da estrutura do solo (TIBAU, 1978; KIEHL, 1985).

Porém, existe um problema: o lixo urbano pode ser potencialmente poluente. Entretanto, o produto resultante de sua compostagem, realizada sob eficiente manejo na fase de processamento, o permite ser usado como fertilizante, podendo funcionar como forte aliado em procedimentos de recuperação ambiental. Como regra geral, um dos maiores objetivos da compostagem, é fornecer um composto com características, tais como a reduzida granulometria e isenção de metais pesados, que permitam seu uso na agricultura ou para a recuperação de áreas degradadas. Alguns trabalhos de pesquisa demonstram que o composto orgânico proveniente do lixo urbano, tem no solo, o mesmo efeito que qualquer outro fertilizante orgânico, apresentando vantagens não encontradas nos fertilizantes minerais, tais como a melhoria da estrutura do solo e sua capacidade de aeração e retenção de água. Isso permite maior liberação dos nutrientes da fração química, dando ao solo melhores qualidades químicas. Dessa forma, o composto tem provado ser excelente condicionador de solos, pela alta concentração de húmus e por ser fonte de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (Fe, Zn, Cu, Mn e B). Além desses aspectos, os compostos orgânicos não

constituem elemento estranho à ecologia dos solos (CAVALET et al., 2000; BERDAGUE et al., 2002; LELIS, 2002).

#### 4.4.1.7.1.1. Efeito corretivo

O seu efeito corretivo é devido à ação de seus componentes orgânicos, subprodutos e intermediários da atividade microbiana, que se combinam principalmente com alumínio, ferro e manganês, impedindo sua ação tóxica sobre as plantas. Como condicionador do solo, sua ação é devida aos ácidos urônicos e aos polissacarídeos resultantes da atividade microbiana, que atuam como agentes cimentantes, sendo responsáveis pela formação de agregados e pela estruturação do solo (KIEHL, 1985).

No composto de lixo urbano, os metais encontram-se principalmente nas formas adsorvida, complexada ou ocluída pelos colóides orgânicos de natureza húmica ou não. Uma vez que o composto é incorporado ao solo, são estabelecidos novos equilíbrios que causam mudanças nas formas químicas dos metais (CHANG et al., 1984). Estudos realizados por SANTANA FILHO et al. (2000) mostraram a viabilidade técnica de se recuperar áreas degradadas com o uso do composto orgânico de lixo urbano juntamente com uma mistura de gramíneas e leguminosas. A técnica consiste na mistura homogênea de composto de lixo urbano, sementes e água e na aplicação manual desta mistura diretamente no talude.

Um dos cuidados e observações prestadas, refere-se a relação C/N. Ela indica a proporção de compostos nitrogenados existentes para a utilização pela população microbiana, necessária à sua alimentação. Quanto mais elevado for o teor de nitrogênio, mais estreita é a relação C/N e maiores serão a disponibilidade dos nitrogenados para a flora microbiana; logo, maior será a sua multiplicação e a sua atividade. Com o seu prosseguimento, há enriquecimento do meio com o próprio nitrogênio resultante da decomposição das bactérias mortas e de origem fotossintética. Para as plantas, a relação C/N que passa a lhes favorecer, ocorre depois que atinge a proporção 20:1 (TIBAU, 1978).

Para que ocorra a colonização vegetal, sabe-se que é fundamental uma disponibilidade de nutrientes e umidade no solo, fatores que normalmente se acham em níveis insuficientes em áreas degradadas. SANTANA FILHO et al. (2000), utilizando composto de lixo urbano, em diferentes doses num rejeito de mineração de ferro, incorporado e em superfície, colonizado por *Melinis minutiflora* e *Brachiaria decumbens* consorciados com *Calopogonium muconoides*, dois meses após a montagem do experimento foram realizadas análises químicas e físicas de amostras do substrato e determinado o teor de metais pesados nas plantas dos diferentes tratamentos. Como resultados, a aplicação de composto orgânico demonstrou-se capaz de melhorar as características físicas e químicas do substrato. Foi observado que a soma de bases, a CTC efetiva e total, a porosidade e a densidade do substrato melhoraram significativamente, permitindo ao rejeito de mineração de ferro, a capacidade de sustentar a vegetação. Observaram, que com o aumento da adição do composto, houve uma diminuição no teor de metais pesados nas plantas.

Nesse mesmo contexto, CVALET et al. (2000) montaram um experimento a campo para avaliarem o valor fertilizante do composto produzido a partir da usina de reciclagem da cidade de Marechal Cândido Rondon (PR), em um Latossolo Roxo muito argiloso e de média a alta fertilidade. Foram incorporadas dosagens de 0, 20, 40, 80 e 160 t/ha do composto e mais um tratamento com NPK + calcário. Após seis meses foi feita a avaliação, não tendo sido detectado no composto a presença dos elementos metais pesados mercúrio, cromo, níquel, chumbo, cádmio, zinco e cobre em valores excessivos, que devido à maior dosagem, pudessem no solo exceder valores normalmente encontrados na natureza. Concluíram, ter havido uma melhoria da fertilidade do solo considerando que os teores de potássio e fósforo aumentaram; entretanto, não foram observadas melhorias na densidade aparente e agregação do solo por consequência da aplicação dos tratamentos, justificada talvez, pelo pouco tempo da análise após a aplicação.

#### **4.4.1.7.1.2. Descrição do processo de compostagem**

A compostagem é um processo de baixo custo e de elevada simplicidade operacional. Define-se a compostagem moderna como “um processo biológico, aeróbio, controlado, desenvolvido por uma população mista de microorganismos”. É efetuada, necessariamente, em duas fases distintas (LELIS, 2002; MATOS, 2002): a) a primeira fase é conhecida como termofílica ou degradação ativa, aerada, em que ocorrem reações bioquímicas de oxidação (bioxidação) mais intensas, obtendo-se a mineralização dos compostos orgânicos mais solúveis e de baixa relação C/N, com exaustão da fonte de C mais disponível. Há predominância de temperaturas na faixa termófila (superior a 45°C, proporcionando uma considerável sanitização da massa de compostagem, devido à eliminação de patógenos. Entretanto, não deve ultrapassar a 65°C); e b) a segunda fase denominada de maturação, em que ocorre o processo de humificação da matéria orgânica, tendo como resultado final o húmus (composto orgânico), que é o produto mais estável das transformações da matéria orgânica. O processo de compostagem pode ser afetado por fatores relacionados à atividade microbiológica que ocorrem durante o processo, tais como: umidade, oxigenação, temperatura, concentração de nutrientes, tamanho das partículas e pH. Para o cumprimento dessas fases, é necessário desenvolver as seguintes etapas de operação, no processo com reviramento (*ibidem*):

Seleção da fração não compostável (plásticos, vidros, metais, etc.). Cabe considerar, ao preparar os materiais para compostar, visando obter uma alta eficiência do processo, a relação C/N no início do processo deve ser de 30 a 40/1, sendo necessário fazer um balanceamento dos materiais, seguindo a orientação do Quadro 25. Em resíduos orgânicos provenientes da coleta de lixo domiciliar o material já se encontra balanceado. Para resíduos agrícolas, é recomendado o seguinte balanceamento:

- 70% (em peso) de material palhoso e 30% (em peso) de esterco ou fração orgânica do lixo domiciliar devendo ser misturadas e homogeneizadas;

- Ajuste do tamanho da partícula da fração orgânica (20-50 mm), visando a) uma melhor homogeneização da massa de compostagem; b) melhoria da porosidade; c) menor compactação; e d) maior capacidade de aeração;
- Correção da umidade da massa orgânica a ser compostada, sendo de 45 a 55% o teor de umidade considerado ótimo (pode ser feito com água, vinhoto, esgoto ou lodo de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE's). Sem umidade, o processo de compostagem é paralisado);
- Construção de pilhas de compostagem (devem possuir um volume mínimo de aproximadamente 1m<sup>3</sup>, evitando-se a perda de calor por irradiação, com altura não excedendo a 1,4 m de altura);
- Controle e monitoramento das pilhas de compostagem durante a fase de aeração (em média, 65 dias (LELIS, 2002) e 25 a 60 dias (MATOS, 2002) - faz-se necessário posto que a matéria orgânica tem natureza isolante térmica, retendo o calor na massa de compostagem, elevando excessivamente a temperatura. Portanto, revirar a cada três dias durante os trinta dias iniciais e um reviramento semanal até o término da primeira fase (é identificado pelo fim de temperaturas termófilas));
- Maturação ou cura do composto (aproximadamente 30 dias) - não há necessidade de reviramento; e
- Distribuição do composto produzido, que deve estar maturado, o que ocorre entre 90 a 120 dias.

QUADRO 25 - Relação Carbono/Nitrogênio (C/N) de alguns resíduos orgânicos

<b>Material</b>	<b>Relação C/N</b>
Bagaço de cana	37/1
Bagaço de laranja	18/1
Capim gordura	81/1
Casca de arroz	39/1
Cavaco de madeira ou serragem	100 a 865/1
Esterco de gado	18/1
Esterco de galinha	10/1
Esterco de porco	6/1
Fração orgânica de lixo urbano	25 a 35/1
Gramma de jardim	36/1
Palha de café	38/1
Palha de milho	110/1
Sobras de verduras	15/1
Torta de linhaça	9/1

Fonte: compilados de KIEHL (1985), LELIS (2002) e MATOS (2002).

O outro método de compostagem é conhecido por processo em leiras estáticas aeradas. Nesse processo o material a ser compostado permanece estático, sendo que o oxigênio, fundamental para manter o meio em condições aeróbias, é obtido por meio do uso de compressores. Com este ventilador centrífugo, o ar é injetado em dutos de aeração que o distribui por baixo das leiras. Nesse processo, a fase termófila dura de 25 a 30 dias, quando a

leira pode ser desmontada e o material colocado para maturação por 60 a 90 dias (MATOS, 2002).

Dentre as vantagens da utilização de composto orgânico, que apresenta um pH final situado entre 7,5 e 9,0, além da vasta aplicabilidade agrícola, pode-se citar: a) recuperação de áreas erodidas e degradadas, como áreas de mineração e aterros sanitários, com a elevação do pH de solos ácidos, melhorando as características físicas, químicas e biológicas do solo. Inclusive, devido à matéria orgânica, neutraliza várias toxinas e imobiliza metais pesados prejudiciais às plantas, como o cádmio e o chumbo, diminuindo a sua absorção; b) recuperação de áreas alagadas por marés; c) proteção de encostas e taludes; d) utilização em praças, “playgrounds”, parques e jardins municipais; e) eliminação de efeitos alelopáticos, no caso de uso de resíduos vegetais; f) reflorestamento de áreas degradadas; e g) produção e utilização local em programas de hortas comunitárias (BERDAGUE et al., 2002; LELIS, 2002; MATOS, 2002).

Entre algumas das exigências requeridas pela legislação brasileira, o composto deverá apresentar (FEAM, 2002): a) ausência de agentes fitotóxicos; b) ausência de agentes patogênicos ao homem, animais e plantas; e c) ausência de metais pesados, agentes poluentes, pragas, ervas daninhas, no caso de fertilizantes orgânicos.

Deve-se observar os teores de metais pesados bioassimiláveis pelas plantas ou biodisponíveis, e não os valores em metais pesados totais. Um composto de lixo pode apresentar 500 mg/dm<sup>3</sup> de um metal pesado total e uma vez aplicado no solo como fertilizante, a fração disponível às plantas ser apenas de 5 mg/dm<sup>3</sup>. Pode haver, por exemplo, um pedaço de chave tipo “Yale”, cujas raízes das plantas, para sua nutrição, não têm capacidade de dissolver o cobre e o estanho nela contidos (KIEHL e KIEHL, 1996).

#### **4.4.1.7.2. Microorganismos simbiotes: fixação biológica de nitrogênio**

Estudos têm demonstrado, que a utilização de fungicidas e alguns herbicidas, podem inibir tanto o desenvolvimento e o crescimento vegetativo dos fungos micorrízicos, como a colonização em espécies de interesse agropecuário e florestal (MUSUMECI, 1992; FRANCO, 1996). A importância dessas associações ganha destaque, quando é considerado, em muitos casos, o desaparecimento de um dos simbiotes podendo levar ao desaparecimento do outro, conduzindo a alterações que podem ameaçar a estabilidade desses ecossistemas.

Nas condições brasileiras, onde a fixação biológica é favorecida devido às suas condições climáticas, com destaque para a umidade, a utilização de espécies com esse potencial, particularmente as leguminosas, podem ser um forte aliado na recuperação de áreas degradadas por uso intensivo de agroquímicos. Principalmente, naqueles locais deficientes em matéria orgânica, com solos depauperados ou degradados, devido à ação antrópica. Pelas conseqüências advindas da utilização dos adubos nitrogenados, a utilização de leguminosas para essa função é uma substituição ecológica, energética, promovendo a saúde pública, financeira e de sustentabilidade. Esse último, justificável pela sua racionalidade, posto que as leguminosas utilizam a energia solar como principal fonte energética; sendo, portanto, um

processo natural em equilíbrio. Principalmente, há que se considerar, a fonte inesgotável de nitrogênio do ar (FRANCO, 1996).

Dessa forma, a simbiose entre plantas e fungos micorrízicos, pode auxiliar na fitorremediação de áreas contaminadas. Esses fungos, além de facilitarem a solubilização e absorção de nutrientes, com destaque no caso de elementos de menor mobilidade no solo como o fósforo (P), zinco (Zn) e o cobre (Cu), as micorrizas podem desempenhar papel fundamental na sua absorção, auxiliando no processo de tolerância das plantas às condições de estresse, reduzindo os efeitos da toxidez de alguns elementos. Os mecanismos de defesa e proteção das plantas a metais pesados, variam em função do fungo, da planta e dos metais; porém, ainda não estão bem esclarecidos. Pode ser, talvez, devido à promoção de uma maior retenção dos metais nas raízes e, ou, a uma melhor condição nutricional da planta hospedeira (NOGUEIRA, 1996; SIMÃO e SIQUEIRA, 2001). Há que se considerar, que a presença de micorrizas em espécies tropicais é mais uma regra do que exceção. De acordo com DIAS (2003a), o fungo *Pisolithus tinctorius*, muito comum em associações com *Eucalyptus* sp., também associa-se bem com *Acacia holosericea* e *Acacia mangium*.

A cobertura vegetal protege o solo contra erosão, hídrica e eólica, auxilia na estabilização desses contaminantes, principalmente pela retenção na superfície radicular e pela absorção e acúmulo no interior das raízes. Porém, a análise da eficiência de cada tipo de tratamento não pode ser, ainda, plenamente avaliada. É necessário a coordenação de ações de tal forma a garantir o crescimento da biodiversidade, para que seja alcançada a auto-sustentabilidade dos ecossistemas (GRIFFITH et al., 1994).

Em função da maior parte das pesquisas de fitorremediação terem sido desenvolvidas em clima temperado, existe um campo aberto para pesquisas no Brasil sobre plantas tolerantes à contaminação (ACCIOLY e SIQUEIRA, 1996). Na recuperação de áreas degradadas por mineração, existem várias pesquisas que registram a potencialidade de leguminosas nodulíferas, tais como as herbáceas *Calopogonium mucunoides*, *Centrosema pubescens* e *Neonotonia wightii*; as arbustivas *Cajanus cajan* e *Crotalaria juncea*; e as arbóreas *Acacia mangium*, *Acacia auriculiformis*, *Leucaena leucocephala*, *Mimosa caesalpiniaefolia* e *Mimosa scabrella*. Essas espécies adicionam uma quantidade considerável de biomassa, com baixa relação C/N, favorecendo a atividade microbiana do solo. Porém, estudos específicos com a finalidade de fitorremediação de metais pesados, pouco são conhecidos. A *Mimosa caesalpiniaefolia* tem apresentado bom desempenho, constituindo uma opção promissora para a fitorremediação de sítios contaminados (FRANCO, 1996; SIMÃO, 1999).

Como já exposto, um dos indicadores de degradação do solo, é a redução em seu nível de matéria orgânica, podendo ocorrer com o uso de agrotóxicos. A falta de nitrogênio é limitante para o desenvolvimento de todas as espécies vegetais, pelo menos aquelas de interesse econômico. Em áreas que necessitam de revegetação, como áreas mineradas, o uso de espécies vegetais rústicas associadas a microorganismos diazotróficos e a fungos micorrízicos, em substituição ao uso de solo orgânico importado de outras áreas (“topsoil”),

processo oneroso do ponto de vista ecológico e econômico, pode ser substituído por espécies fixadoras de nitrogênio. A grande produção de biomassa aumentará a população microbiana, proporcionando acúmulo de matéria orgânica, auxiliando na adsorção e na absorção de substâncias tóxicas, que provavelmente seriam lixiviadas, facilitando e acelerando a sua biodegradação. Logo, reduzindo o risco de poluição e de impactos ambientais (*ibidem*). No Quadro 26 podem ser observados alguns impactos produzidos pela utilização de fertilizantes nitrogenados.

QUADRO 26 - Impactos ambientais associados ao nitrogênio

<b>Problema ambiental</b>	<b>Mecanismos causadores</b>	<b>Impactos negativos</b>
<p>Saúde humana e animal</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metamoglobinemia</li> <li>• Câncer</li> <li>• Envenenamento por nitrato</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumo de água com elevado teor de nitrato</li> <li>• Ingestão de águas ou alimentos com alto teor de nitrato.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Importante especialmente para as crianças, pois interrompe o sistema de transporte de oxigênio no sangue;</li> <li>• Redução da diversidade biológica</li> </ul>
<p>Dano ao solo e ao ecossistema</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminação dos lençóis d'água</li> <li>• Eutrofização das águas superficiais</li> <li>• Chuva ácida</li> <li>• Diminuição da camada de ozônio na estratosfera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lixiviação de nitrato proveniente de fertilizantes, manejos, argilas, água suja, fossa sépticas.</li> <li>• N solúvel ou ligado a sedimentos provenientes de erosão; descarga direta de N de usinas de tratamento de águas de rejeito municipal ou industrial; deposição atmosférica de amônia e ácido nítrico;</li> <li>• Ácido nítrico, originado pela reação de óxidos de N com umidade na atmosfera, retorna ao ecossistema terrestre na forma de chuva, neve, névoa ou nevoeiro (deposição úmida) ácidos ou como partículas ácidas (deposição seca).</li> <li>• Os óxidos nitrosos provenientes da queima de combustíveis fósseis e da desnitrificação do nitrato nos solos são transportados para a estratosfera, onde ocorre a destruição da camada de ozônio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pode causar impacto na saúde humana e animal e, no estado eutrófico das águas superficiais.</li> <li>• Degradação geral da qualidade da água e diversidade biológica das águas.</li> <li>• Acidificação do solo e corpos d'água.</li> <li>• Incidente da radiação ultravioleta aumentando o calor global na superfície terrestre.</li> </ul>

Fonte: adaptado de SCHAEFER et al., 2000.

As leguminosas mucuna preta (*Mucuna aterrima*) e o tamboril (*Enterolobium contortisiliquum*) são plantas promissoras para a revegetação de áreas contaminadas. Em um

solo com altos teores de zinco (Zn) - 1.860 mg/dm<sup>3</sup> e cádmio (Cd) - 13,5 mg/dm<sup>3</sup>, apresentaram, nessas condições, crescimento, nodulação e desenvolvimento satisfatórios (MOSTASSO, 1997).

O jatobá (*Hymenaea courbaril*), apesar de ser uma espécie não-nodulífera e não responder à micorrização, desenvolve-se bem em solos ácidos e secos. Em um solo contaminado por Zn, Cd, Pb e Cu, apresentou desenvolvimento superior a outras espécies, podendo ser recomendado para solos contaminados por esses metais pesados (MARQUES et al., 1997).

O Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia (CNPAB/EMBRAPA), localizada em Seropédica - RJ, dispõe de tecnologia de recuperação de áreas degradadas com leguminosas arbóreas. O êxito desta tecnologia está na interação planta-rizóbio-fungos micorrízicos, que permite um rápido crescimento das espécies, independentemente da disponibilidade de N do solo, melhorando o conteúdo de matéria orgânica e a atividade biológica do solo por meio do aporte de material orgânico via serapilheira (EMBRAPA, 2003a). No Quadro 27 pode ser observada alguma das espécies leguminosa com potencial de fixação de N.

QUADRO 27 - Estimativas de fixação de nitrogênio em leguminosas (Kg/ha/ano ou ciclo)

Espécie leguminosa	N <sub>2</sub> fixado	Espécie leguminosa	N <sub>2</sub> fixado
<b>Produtoras de grãos</b>			
Soja ( <i>Glycine max</i> )	60-178	Centrosema ( <i>Centrosema pubescens</i> )	126-398
Feijão ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	2,7-110	Estilosantes ( <i>Stylosanthes</i> spp.)	34-220
Caupi ( <i>Vigna unguiculata</i> )	73-354	Mineirão ( <i>Stylosanthes guyanensis</i> )	30-196
Amendoim ( <i>Arachis hypogea</i> )	72-124	Amendoim forrageiro. ( <i>Arachis pintoi</i> )	150-180
Guandu ( <i>Cajanus cajan</i> )	168-280	Alfafa ( <i>Medicago sativa</i> )	100-300
Calopogônio ( <i>Calopogonium mucunoides</i> )	370-450	Trevo doce ( <i>Melilotus</i> sp.)	125
Feijão mungo ( <i>Vigna mungo</i> )	63-42	Trevo ( <i>Trifolium</i> sp.)	100-150
Grão de bico ( <i>Cicer arietinum</i> )	50-103	Lab-lab ( <i>Dolichos lab lab</i> )	180
Ervilha ( <i>Pisum sativum</i> )	52-77	Mucuna pr. ( <i>Stylozobium aterrimum</i> )	210-220
Fava ( <i>Vicia faba</i> )	240-325	Puerária ( <i>Pueraria phaseoloides</i> )	130
Lentilha ( <i>Lens</i> sp.)	100	Soja perene ( <i>Glycine wightii</i> )	180-200
Lupinus ( <i>Lupinus</i> sp.)	150-200	<b>Arbóreas</b>	
<b>Forrageiras</b>		Acácia ( <i>Acacia mearnsii</i> )	200
Leucena ( <i>Leucaena leucocephala</i> )	500-600	Ingá ( <i>Inga jinicuil</i> )	35
		Glicírcia ( <i>Gliricidia sepium</i> )	100

Fonte: Franco e Balieiro, 1999; Auer e Silva, 1992; Siqueira e Franco, 1988; Tanaka, 1981 compilados por LIMA et al., 2003.

Essas leguminosas têm sido utilizadas como alternativas de biomassa para adubação de cafezais orgânicos (LIMA et al., 2003).

#### 4.4.1.7.3. Agricultura orgânica

A agricultura que utiliza o modelo de produção agroquímico, quando não manejada adequadamente e sem a utilização de práticas conservacionistas do solo, é uma atividade altamente degradadora. Com relação ao uso de agroquímicos, polui o solo, a água e o ar. A agricultura orgânica, baseada no cultivo mínimo, na rotação e diversificação de culturas e na utilização maciça de matéria orgânica, pode recuperar solos degradados por toxidez. Isso



ocorre, principalmente, devido à atividade microbiana, que acelera a degradação dos agrotóxicos, além de promoverem a melhoria das condições físicas e químicas do solo, principalmente por favorecerem a ciclagem de nutrientes.

A sua contribuição passa a ser ainda mais significativa pela dispensa do uso de agroquímicos, promovendo o retorno e a manutenção da fauna e flora edáficas, favorecendo todo o ecossistema. Reduz os riscos de erosão e de lixiviação, duas das principais fontes de poluição ambiental, proporcionando, então, a melhoria da qualidade de vida, em face do equilíbrio recuperado. O uso de esterco (dejeito sólido fresco ou seco) animal deve ser estimulado, contribuindo para a redução de fertilizantes minerais e evitando que estes sejam lançados aos corpos d'água produzindo mais poluição. No Quadro 28 pode ser observado o valor médio de concentração dos principais nutrientes presentes em esterco animais.

QUADRO 28 - Concentração média de nutrientes (dag/Kg) na massa fresca de esterco de animais

<b>Esterco</b>	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>Fe</b>
Gado de leite	0,53	0,35	0,41	0,28	0,11	0,05	0,004
Gado de corte	0,65	0,15	0,30	0,12	0,10	0,09	0,004
Cavalo	0,70	0,10	0,58	0,79	0,14	0,07	0,010
Frango	1,50	0,77	0,89	0,30	0,88	0,00	0,100
Ovelha	1,28	0,19	0,93	0,59	0,19	0,09	0,020
Suíno	0,58	0,15	0,42	0,57	0,08	0,14	0,020

Fonte: MATOS (2002).

Inclusive, em plantios florestais que têm causado problemas ambientais devido ao uso excessivo de fertilizantes, de acordo com a EMBRAPA (2003b), no caso do *Eucalyptus*, onde o procedimento mais tradicional é a adubação com fertilizantes minerais à base de N-P-K, pesquisas recentes têm demonstrado que a adubação orgânica, à base de resíduos, além de minimizar a degradação nutricional do solo, possibilita melhoria de suas propriedades físicas, químicas e biológicas, aumentando a produtividade. A adubação orgânica pode ser feita por meio da incorporação de cinza de caldeira ou de resíduo celulósico. Em experimentos realizados com a incorporação de 50 t/ha destes resíduos, a produtividade aumentou entre 65 e 85%.

#### 4.4.1.7.4. Plantas halófitas

Os solos salinizados pela irrigação podem ser recuperados com o uso de gesso e enxofre, para a remoção do excesso de sais. Porém, essa alternativa, geralmente, é bastante onerosa, além dos possíveis impactos ambientais negativos. A utilização de plantas halófitas, com essa finalidade, é uma alternativa potencial para o aumento de produção agrícola e para o melhoramento do solo, com um custo significativamente inferior. Além dessa vantagem,

aumentam a eficiência da ciclagem de nutrientes, melhoram a porosidade dos solos e favorece uma maior produção de matéria orgânica pelo efeito da cobertura morta (SILVA et al., 2001).

Espécies do gênero *Atriplex* têm sido as mais pesquisadas recentemente, tendo sido observado o seu grande potencial devido a tolerância a solos salinos, além de características, como: a) alto valor protéico, podendo ser usada como forragem para a alimentação animal; b) alimentação humana; c) produção de lenha e carvão; d) aumento significativo de matéria orgânica no solo, posto que algumas espécies desse gênero podem produzir até 25t/ha/ano; e e) redução dos impactos ambientais causados pela salinização do solo. Essa redução ocorre principalmente pela absorção dos sais do solo, que podem chegar a quantidades entre 5 e 10t/ha/ano. Algumas espécies nativas e exóticas têm sido testadas, com já comprovada capacidade de melhoria das condições físicas e químicas do solo, como a crotalária (*Crotalaria juncea*), feijão-guandu (*Cajanus cajan*) e o capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), pela Universidade Federal de Sergipe (*ibidem*).

#### **4.4.1.7.5. Regeneração natural**

Existem áreas onde a recuperação ambiental pode ser extremamente cara e, em um curto período de tempo, praticamente impossível ser atingida. Nesses casos, talvez a alternativa mais racional de implantação e manutenção da revegetação, seria o seu isolamento para a recuperação por meio da regeneração natural. Esta é, sem dúvida, a maneira mais simples e de menor custo, para a recuperação de áreas degradadas. Como regra básica, a regeneração natural de áreas degradadas é uma sucessão secundária, que possui sua dinâmica bem definida. Caso a área esteja excessivamente degradada, cuja intensidade e duração do distúrbio tenham produzido aumento na entropia, encontrando-se sem a presença de vegetação remanescente, com ausência total de banco de sementes ou qualquer outro tipo de propágulo, ausência de órgãos capazes de rebrotar e distância excessiva de fontes de sementes, medidas devem ser tomadas para o processo inicial de colonização, ou seja, auxílio por meio da regeogeração artificial. Em alguns casos, é necessária a prática de calagem e adubação mineral para acelerar o processo de revegetação. Além do plantio de gramíneas e de leguminosas para produção de biomassa, espécies rústicas, preferencialmente nativas da região, bem como espécies frutíferas para atração da fauna, devem ser introduzidas por meio de plantios de enriquecimento. Deve-se considerar, na recuperação de áreas degradadas, a combinação de espécies de diferentes grupos ecológicos ou categorias sucessionais (pioneiras, secundárias iniciais e secundárias tardias). Com o acúmulo de matéria orgânica, haverá a colonização do solo pela vida microbiana, que auxiliarão no processo de degradação dos resíduos tóxicos, ou sua adsorção, favorecendo o retorno da ciclagem de nutrientes, possibilitando a continuidade da sucessão. Posteriormente, feitas as devidas práticas de manutenção e análise do solo, essa área poderá ser retornada às suas atividades anteriores ou serem transformadas em reservas de proteção ecológica. Dependerá, do tipo de substância tóxica e do seu grau de contaminação (KAGEYAMA et al., 1994; MARTINS, 2001).

Também, em casos de áreas degradadas relativamente pequenas (1 a 2 ha) e, não existindo risco de contaminação ambiental, sendo vizinhas à áreas com fragmentos florestais, é admissível recomendar nesse caso, apenas o preparo da superfície e os tratos preliminares ao plantio (caso haja a necessidade de descompactação é fundamental realizá-la), que a revegetação ocorrerá por processos naturais de dispersão (água, vento e animais). Segundo o IBAMA (1990), têm sido observados resultados excelentes com a utilização desse método de sucessão natural para a recuperação de áreas degradadas.

#### **4.4.1.8. Componentes interligados: a sustentabilidade da recuperação**

Os sistemas, devido às suas inter-relações, estão interligados. Portanto, quaisquer alterações em um de seus componentes, produzirão reflexos imediatos aos demais. Entre outros, merecem destaque a fauna silvestre e os ecossistemas aquáticos.

##### **4.4.1.8.1. A fauna silvestre**

A fauna silvestre é um bem da natureza posto ser um dos componentes do ambiente, portanto, um recurso natural, podendo ser utilizada pelo homem. A sua presença é de fundamental importância para a manutenção da sustentabilidade dos ecossistemas. A dispersão de sementes é uma relação mutualística na qual tanto as plantas como os animais, obtêm grandes benefícios. Esse fenômeno, a dispersão zoocórica, para algumas espécies, é essencial para a colonização de outras áreas pela planta e para o distanciamento das sementes e das plântulas; ao mesmo tempo, os animais encontram nos frutos e nas sementes, uma rica fonte de água, minerais, vitaminas e carboidratos (ZANZINI e PRADO FILHO, 2000).

Por meio da dispersão de sementes, aderidas ao corpo ou pela defecação, a fauna silvestre contribui também para a recuperação de áreas degradadas, em face das relações co-evolutivas espécies arbóreas/animais. Em áreas que possuem pouca vegetação, devem ser feitos plantios de enriquecimento com espécies frutíferas regionais, visando acelerar o processo de recuperação. MELO et al. (2000), realizaram um trabalho na Fazenda Olhos D'água, de propriedade da Mannesmann Florestal Ltda., localizada no município de Curvelo, MG, com o objetivo de verificar se poleiros artificiais, como pontos de pouso para aves, poderiam incrementar a dispersão de sementes. Realizaram este trabalho em área composta de a) plantios comerciais de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.; b) uma faixa de vegetação nativa em início de sucessão secundária intercalada entre os plantios comerciais; e c) uma mata ciliar alterada, com pequenos remanescentes de cerrado em suas bordas. Sob os poleiros instalados, foram colocados 12 coletores e outros 12, sem poleiros, como testemunha. Como resultado, os coletores sob poleiros continham 13 vezes mais sementes: 12.387 sementes, contra apenas 882, nas testemunhas. Dessa forma, pode-se garantir que os poleiros artificiais incrementaram a dispersão de sementes, contribuindo significativamente para o aumento da complexidade estrutural do local.

Também, a implantação de cercas vivas, quebra-vento e corredores faunísticos, constituídas por várias espécies de arbustos e árvores naturais da região, preferencialmente as melíferas e as frutíferas, funcionam como atrativo para a fauna silvestre. O conhecimento dos componentes florísticos e a sua relação com a fauna favorecem profundamente os procedimentos de recuperação ambiental, por constituírem importantes orientadores na elaboração do plano de manejo faunístico (IBAMA, 1990).

A identificação faunística pode ser realizada por meio de levantamentos qualitativos e, ou, quantitativos, dependendo do objetivo desejado. Geralmente, em levantamentos qualitativos, a identificação dos indivíduos é realizada para um conjunto de espécies existentes na área determinada, podendo ser por meio de métodos diretos e, ou, indiretos. Nos levantamentos quantitativos, há uma preocupação em se estimar o número de indivíduos de uma única espécie animal e, ou, para duas ou mais espécies de animais (SILVA, 1993).

Também, a fauna tem papel fundamental na pedogênese e recuperação dos solos, por meio da reciclagem de nutrientes ou no revolvimento de suas camadas. Pode, inclusive, ser utilizada como indicador de recuperação de habitats, particularmente quando o objetivo for a recuperação biológica da área degradada (IBAMA, 1990).

#### **4.4.1.8.2. Os ecossistemas aquáticos**

Os ecossistemas aquáticos e a história da água sobre o planeta Terra são multifacetados. Estão diretamente relacionados ao crescimento da população humana e ao grau de urbanização. Em face à complexidade dos usos múltiplos da água pelo homem, que aumentou e produziu enorme conjunto de degradação, são estes que mais sofrem com a poluição ambiental. Por essas questões, têm-se verificado a perda de qualidade e disponibilidade de água, inclusive, inúmeros problemas de escassez em muitas regiões e países. Dada a sua importância para a manutenção e desenvolvimento de todas as formas de vida, os recursos hídricos não podem se desassociar da conservação ambiental, já que na essência, envolve a sustentabilidade do homem ao meio natural, proporcionando os mais variados serviços, tais como: a) recreação; b) turismo; c) transporte e navegação; d) reserva de água doce (em bacias hidrográficas e em geleiras); e) controle de enchentes; f) deposição de nutrientes nas várzeas; g) purificação natural de detritos; h) habitat para diversidade biológica; i) moderação e estabilização de microclimas urbanos e rurais; j) moderação do clima; k) balanço de nutrientes e efeitos tampão em rios; l) saúde mental e estética; m) geração de energia elétrica; n) irrigação; o) aquicultura e piscicultura; p) abastecimento doméstico e industrial (SILVA, 2002; TUNDISI, 2003).

Portanto, a recuperação desses ecossistemas estará influenciando diretamente, na melhoria da qualidade de vida, humana e animal, favorecendo o aumento da diversidade e a redução de problemas relacionados à saúde. Para o RELATÓRIO...(1991), embora a poluição pontual das águas, como aquelas resultantes da falta de saneamento básico sejam relevantes, ela atua em conjunto com a poluição difusa, que remete ao problema da contaminação hídrica

por agroquímicos e metais pesados, particularmente nas áreas mais exploradas, como os estados da região Sul e Sudeste.

Em projetos de manejo e recuperação de ambientes aquáticos, estabilizando o desenvolvimento de habitats e colonização a uma taxa mais rápida que a dos processos naturais físicos e biológicos, além de levar em conta a presença e as características dos contaminantes, deve-se considerar: a) os aspectos hidrológico, morfológico e ecológico; b) a qualidade da água propriamente dita; c) o sedimento, o material em suspensão e a comunidade biológica; d) a estética; e e) “além da necessidade de uma visão integradora do projeto sustentável de recuperação” (CUNHA, 2003).

#### **4.4.1.8.2.1. A influência da erosão sobre os ecossistemas aquáticos**

A erosão causa impactos de elevada magnitude e importância nos corpos d'água, particularmente nas áreas de cultivo em locais com declive acentuado que possuam solo de textura arenosa. Portanto, devem ser considerados as atividades que são desenvolvidas fora do ecossistema aquático, principalmente as erosivas, que contribuam para o assoreamento e o transporte de substâncias químicas para os corpos d'água. Este fato torna-se importante sob a ótica das bacias de drenagem, posto que estas refletem a forma de uso do solo e sua dinâmica, além de considerar as dimensões temporal e espacial. Apesar de complexo, existem alternativas viáveis de manejo e recuperação. “Na perspectiva geomorfológica/hidrológica, a premissa fundamental é a de que, se a hidrologia e a morfologia do canal forem recriadas, com cuidadosa consideração dada aos aspectos hidráulicos, já há possibilidade de se seguir uma recuperação ecológica natural” (*ibidem*).

Segundo ALLAN (1997), o deslocamento de partículas do sedimento de diâmetro maior (areia média e grossa) apresenta acentuado efeito erosivo ao longo de seu percurso. Ao mesmo tempo, as frações granulométrica argila e silte, de acordo com FÖRSTNER e SALOMONS (1980), são as mais importantes nas discussões sobre a contaminação de sedimentos por substâncias químicas: por serem de menor tamanho, apresentam maior potencial de adsorção de metais. Inclusive, áreas há tempos contaminadas por acumulação de mercúrio nos sedimentos, podem ser liberadas para a coluna d'água devido à ação de atividades que alterem o leito dos canais, como a mineração de areia (CETESB, 2002). No caso de sedimentos contaminados por metais pesados, de acordo com MOZETO (1999), estes devem ser analisados na forma de metais potencialmente biodisponíveis, que é a forma mais importante no contexto toxicológico.

Nos procedimentos de recuperação, inicialmente, deve-se priorizar pela interrupção dos “inputs”, das áreas rurais e, particularmente, das áreas urbanas. Isto porque, em face à ocupação desordenada e à atuação antrópica sobre os ambientes, a presença de metais pesados nos ecossistemas têm provocado uma série de impactos negativos, em toda a cadeia trófica, principalmente nos ecossistemas lênticos, onde o tempo necessário para a decantação é maior. As extremas mudanças no uso do solo têm influenciado nas alterações da dinâmica

fluvial, tanto pelo maior volume de vazão e, ou, carga excessiva de sedimentos, para os rios e canais. As mudanças, principalmente, do pH e das condições de oxirredução, como também o tipo do material em suspensão, devem ser consideradas em projetos que visam o manejo ou a recuperação de ecossistemas contaminados por metais pesados (EYSINK e MORAES, 1998; CUNHA, 2003). De acordo com CHAPMAN (2001), a exploração mineral na calha do rio promove a ressuspensão de sedimentos, ocorre a reoxidação dos mesmos, podendo ocasionar a mobilização de metais para a fase aquosa, ou seja, possui potencial para disponibilizar significativas quantidades de substâncias tóxicas adsorvidas no sedimento, de volta para a coluna d'água.

#### **4.4.1.8.2.2. A qualidade da água e o manejo da irrigação**

A irrigação pode se constituir em uma das principais fontes de poluição e contaminação por metais pesados do solo, principalmente quando a água utilizada é proveniente de rios que recebem grande carga poluidora.

Para BERNARDO (1997), a irrigação tem criado impactos ambientais adversos às condições físicas, químicas e biológicas do solo, à disponibilidade e qualidade da água, à saúde pública, à fauna e flora, repercutindo, em alguns casos, de forma negativa nas condições sócio-econômicas do irrigante ou mesmo da comunidade local. De acordo com Von SPERLING (1997), deve-se estar consciente que o meio líquido apresenta duas características marcantes, que definitivamente caracterizam a qualidade da água: a) capacidade de dissolução - além de ser formados pelos elementos hidrogênio (H) e oxigênio (O), a água também pode dissolver uma enorme variedade de substâncias que lhe conferem características peculiares; e b) capacidade de transporte - tais substâncias dissolvidas e as partículas que compõe essa massa líquida, são transportadas pelos cursos d'água mudando continuamente de posição, estabelecendo-se assim, um caráter fortemente dinâmico para a qualidade da água. Para este mesmo autor, a conjunção das capacidades de dissolução e transporte "conduzem ao fato da qualidade de uma água resultar dos processos que ocorrem na bacia de drenagem do corpo hídrico".

De acordo com AMARAL SOBRINHO (1996), o rio Paraíba do Sul, o mesmo que recentemente (2003) foi contaminado pela indústria de papel localizada em Cataguases, MG, recebe elevada carga poluidora proveniente de indústrias, esgotos domésticos, fertilizantes, agrotóxicos, mercúrio de garimpos, entre outros. Apresenta, portanto, alto potencial poluidor do solo quando utilizado para irrigação, principalmente devido aos sedimentos em suspensão. Um estudo realizado por Ramalho (1994), *apud* AMARAL SOBRINHO (1996), foram obtidos os seguintes teores de alguns metais pesados como resultado de sua pesquisa, podendo ser observado no Quadro 29.

QUADRO 29 - Teores de Cd, Pb, Cr, Co, e Ni, em profundidade, das amostras de um Cambissolo irrigado, por sulcos de infiltração, com água do Rio Paraíba do Sul e sua respectiva área de controle

Profundidade (cm)	Metais pesados (mg/Kg)									
	Cd		Pb		Cr		Co		Ni	
	Irrig.	AC	Irrig.	AC	Irrig.	AC	Irrig.	AC	Irrig.	AC
0 - 5	1,5	0,7	43,3	35,9	50,2	35,8	33,7	25,5	26,5	35,0
5 - 10	1,4	1,2	51,7	34,9	47,4	37,7	32,3	26,6	28,5	36,5
10 - 20	1,3	1,1	49,1	36,7	48,0	40,8	32,9	31,6	31,0	37,5
20 - 30	1,5	1,2	50,6	46,0	48,7	48,6	34,9	35,5	37,0	38,0

Irrig. = Cambissolo irrigado, por sulcos de infiltração, com água de tomada direta do Rio Paraíba do Sul; AC = Área de controle. Fonte: AMARAL SOBRINHO, 1996.

No Brasil, esse problema é agravado principalmente quando associado ao aproveitamento de várzeas inundadas. Para BERNARDO (1997), o uso de sistemas de irrigação por superfície, particularmente por inundação ou sulco, e a drenagem de extensas áreas seguidas de seu intensivo cultivo, causam distúrbios às suas condições naturais. Inicia-se pela eliminação da vegetação nativa, que produzirão alterações na microflora e fauna local e regional, na produção de peixes, na população de insetos e nas condições de erosão e sedimentação na bacia hidrográfica. Além disso, ocorre a indução à monocultura, aumentando o número de pragas devido à eliminação de inimigos naturais, exigindo cada vez mais o uso intensivo de agrotóxicos para o seu controle.

Por estas questões, para a implantação de um sistema de irrigação em uma determinada região, torna-se necessário um conjunto de informações de maneira a ser identificado o seu potencial de produção e as condições físicas e operacionais mais adequadas que podem selecionar alternativas a serem tomadas. Nele, as condições a serem consideradas incluem a compatibilidade do tipo de solo, a qualidade e a quantidade de água, o clima e algumas influências externas e agronômicas. O sistema de irrigação deve ser compatível com o preparo do solo utilizado ou a utilizar na área, bem como com o cultivo e a colheita das culturas selecionadas (VIEIRA et al., 1988).

De acordo com BERNARDO (1997), são cinco os principais tipos de impactos ambientais inerentes à irrigação: a) modificações do meio ambiente; b) salinização do solo; c) contaminação dos recursos hídricos (rios, lagos e águas subterrâneas); d) consumo exagerado para usos múltiplos da disponibilidade hídrica da região; e e) problemas de saúde pública.

Tratando-se da fertirrigação - a fertilização por intermédio da irrigação - apresenta algumas vantagens com relação a riscos ambientais. Porém, sob determinadas condições, pode provocar a acidificação ou a salinização do solo:

- a) Acidificação - é causada por fertilizantes que contêm, ou que dão origem, a amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) ou a amônia ( $\text{NH}_3$ ). Esse problema é mais grave no caso da irrigação localizada. A primeira fase da nitrificação, que envolvem as bactérias Nitrosomonas, dá origem a dois íons de hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) diminuindo o pH do solo. No caso do sulfato de amônio, a reação de hidrólise aumenta a acidez do solo (GOMES et al., 1999).

b) Salinização - ocorre principalmente nas regiões de clima árido ou semi-árido, onde há problemas de salinidade do solo. A fertirrigação e o manejo inadequado da irrigação podem torná-los mais grave. Em função da elevação da concentração salina pelos sais que compõem os fertilizantes, devem ser evitadas quantidades excessivas de fertilizantes, principalmente aquelas que excedam os valores críticos de tolerância de salinidade para a determinada cultura (*ibidem*). Áreas potencialmente problemáticas por excesso de sais, as adubações diretas na cova devem ser evitadas, pois poderão aumentar a condutividade elétrica do sistema. Os cuidados devem ganhar especial atenção no caso de adubações potássicas e fertilizantes contendo sulfato em sua formulação, como o caso do superfosfato simples (DIAS, 1998).

De acordo com BERNARDO (1997), segundo estimativas da FAO, aproximadamente 50% dos 250 milhões de ha irrigados no mundo apresentam problemas de salinização e saturação do solo. Também, 10 milhões de ha são abandonados anualmente em virtude de tal problema. No Nordeste brasileiro, aproximadamente 30% das áreas irrigadas dos projetos públicos estão com problemas de salinização, apresentando áreas que já não produzem. Isso ocorre porque a salinização do solo afeta a germinação, densidade e desenvolvimento vegetativo da cultura, reduzindo sua produtividade. Inclusive, nos casos mais graves, conduz à morte generalizada das plantas. Para este mesmo autor, “as principais causas da salinização nas áreas irrigadas são os sais provenientes da água de irrigação e, ou, do lençol freático, quando esse se eleva até próximo à superfície do solo. Pode-se afirmar que a salinização é subproduto da irrigação; por exemplo, cada lâmina de 100mm de água de irrigação, com concentração de sais de 0,5 g/l, conduz 500 kg/ha de sal à área a ser irrigada” Daí a importância da eficiência de aplicação da irrigação: quanto menor a lâmina de água aplicada, menor será a quantidade de sal conduzida para a área irrigada, como também menor será o volume de água percolado e drenado.

Para este mesmo autor, com as irrigações sucessivas o sal vai se acumulando na superfície do solo, posto não ser removido por lixiviação e drenagem. Isso ocorre devido ao fluxo ascendente de umidade decorrente da evapotranspiração, dando origem aos solos salinos. Também, “devido à infiltração da água dos canais e à percolação do excesso de água aplicada na irrigação, os terrenos abaixo das áreas irrigadas podem ter os lençóis freáticos elevados e, conseqüentemente, ser salinizados”. Para evitar tal problema em área irrigada, o requerimento básico para o controle da salinidade “é a existência de lixiviação e drenagem natural ou artificial garantindo que o fluxo de água e sal abaixo da zona radicular das culturas não eleve o lençol freático acima de certos limites”. Os cuidados devem se concentrar no local de descarga dos drenos, posto que haverá sempre aumento na concentração de sais.

O excesso de água aplicada à área irrigada, que não é evapotranspirada pelas culturas, retorna aos ecossistemas aquáticos por meio dos escoamentos superficiais e subsuperficiais, sendo conduzidos aos depósitos subterrâneos, por percolação profunda. Assim, arrasta consigo sais solúveis, fertilizantes, resíduos de agrotóxicos, elementos tóxicos e metais pesados, sedimentos, entre outros. Para BERNARDO (1997), a contaminação da água



subterrânea por ser mais lenta, torna o problema mais sério. Dependendo da permeabilidade do solo, para atingir um lençol freático situado a aproximadamente 30 m de profundidade, o tempo necessário pode variar de 3 a 50 anos. Dessa forma, a consciência de que a água está sendo poluída poderá ser dificultada. Para este mesmo autor, antes de implementar projetos de irrigação, particularmente aqueles por superfície, é importante um estudo geológico da região. Esse procedimento permite dimensionar e manejar os sistemas de irrigação com maior eficiência.

Uma medida a ser tomada de tal forma a evitar esses problemas e outros pelo uso da água, seria a utilização de prognósticos ambientais, elaborados de acordo com a metodologia de avaliação ambiental estabelecida. Algumas delas permitem uma descrição detalhada dos processos geradores de impacto e de seus cenários. Para isso, é necessário um conhecimento profundo e detalhado, inclusive com a caracterização da área. Podem ser usados modelos matemáticos de previsão da qualidade da água, apesar de sujeitos à inúmeras limitações, para avaliar a qualidade da água de rios, lagos e reservatórios, enfocando situações específicas. Há modelos de eutrofização, de assoreamento, de dispersão de cargas poluidoras, ente outros, que devem ser escolhidos anteriormente à fase de implantação do projeto (DE FILIPPO, 2000).

Considerando a agricultura irrigada ser o maior usuário de água doce no Brasil, com 72,5% do volume captado, e que recentemente vem apresentando um crescimento acelerado, a sua evolução deverá ser acompanhada de um rigoroso monitoramento. Este pode ser alcançado mediante a implementação de um sistema eficiente de gerenciamento dos recursos hídricos, evitando novos conflitos de uso da água. Esse fato é relevante quando se considera o total de solos aptos à irrigação no Brasil, estimados em aproximadamente 29,6 milhões de ha. Desse total, em 1999, apenas 2,87 milhões estavam sendo explorados, demonstrando o grande potencial para expansão dessa prática. O manejo racional dessa atividade demanda estudos que considerem os aspectos sociais, econômicos, técnicos e ecológicos da região. Este último, a sua total desconsideração ou a supervalorização do impacto ambiental, não são benéficos ao desenvolvimento sustentado da irrigação. Nesse sentido, deve-se aglomerar esforços para a obtenção de dados confiáveis que permitam quantificar com a máxima precisão, a magnitude do impacto ambiental ocasionado pela irrigação, para considerá-lo na implementação e manejo dos projetos. Com esses procedimentos, poder-se-ão evitar os principais impactos ambientais advindos dessa atividade, como está ocorrendo no Norte de Minas, na bacia do rio Verde Grande e afluentes, tais como: a) modificação do meio ambiente; b) consumo exagerado da disponibilidade hídrica da região; c) contaminação dos recursos hídricos; d) salinização do solo nas regiões áridas e semi-áridas; e e) problema de saúde pública (SILVA, 2002).

Para MANTOVANI et al. (2003), apesar da significativa evolução dos equipamentos modernos, tem havido negligência com o manejo da irrigação. Portanto, para que não ocorra aplicação em excesso (mais comum) ou em falta, a maior eficiência na distribuição da água necessita um eficiente programa de manejo. Para estes mesmos autores, parte da solução deste problema pode ser resolvido com o auxílio de programas de simulação, como o IRRIGA.

Este é um sistema de apoio à decisão na área da agricultura irrigada, composto de vários “softwares” voltados para o manejo da água (Simula, Manejo e Decisão), do sistema de irrigação (Avalia), da fertirrigação (NPK) e da rentabilidade da área irrigada (Lucro), estando estes dois últimos em fase de elaboração. Foi desenvolvido pelo Grupo de Estudos e Soluções para Agricultura Irrigada - GESAI, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. O sistema incorpora uma visão técnica sem perder a operacionalidade necessária ao seu funcionamento. Uma vez implantado, é uma ferramenta de fácil utilização e controle do momento adequado para irrigar, definir a lâmina e o tempo de irrigação necessária (Manejo e Decisão) e, também, relacionar a avaliação e definição das condições de distribuição de água e perdas do sistema de irrigação (Avalia).

Na verdade, a ausência de um plano de manejo adequado, poderá provocar sérios impactos ambientais e sócio-econômicos. Também, é imprescindível que sejam realizados estudos coordenados e concomitantes relacionados aos aspectos ambientais, econômicos e técnicos, para que as soluções e alternativas adotadas efetivamente tenham em si incorporadas medidas de redução dos impactos negativos sobre o meio ambiente (SILVA, 1986; 2002).

#### **4.4.1.8.2.3. A poluição hídrica e a ecotoxicologia**

No Brasil, a ecotoxicologia - área de estudo que utiliza organismos aquáticos que permitem testar hipóteses abrangentes relativas à saúde dos sistemas hídricos submetidos às mais diversas formas de poluição química - tem crescido significativamente nos últimos anos. Esses estudos são primordiais para o controle da poluição e para a compreensão das conseqüências desta para a saúde pública e para a biota aquática. Oferecem subsídios para especialistas de outras áreas, tais como químicos, engenheiros, administradores e legisladores, que dividem a responsabilidade do manejo de recursos hídricos. Os testes de toxicologia aquática têm sido desenvolvidos por várias instituições de pesquisa e por órgãos de monitoramento ambiental do País, por meio de experimentos com metais, agrotóxicos, efluentes industriais, amostras ambientais de água e sedimentos e várias outras substâncias. Como organismos-teste são utilizados algas e bactérias, invertebrados aquáticos planctônicos e peixes, entre outros. De acordo com RAND e PETROCELLI (1985), os principais critérios considerados para a seleção desses organismos são a disponibilidade, a abundância, a facilidade de cultivo em laboratório e o conhecimento sobre a biologia da espécie. Também, é recomendada a utilização de espécies autóctones, mais representativas do ecossistema impactado ou sob investigação.

Nesses estudos devem ser considerados desde os “end-points” dos testes de toxicidade padronizados, como sobrevivência ou mortalidade, crescimento e taxa de fecundidade, até parâmetros bioquímicos, fisiológicos, histológicos e comportamentais. Os testes de toxicidade com sedimento, considerados fonte e sumidouro de inúmeros contaminantes aquáticos, ganharam destaque em razão da especial importância dos bentos

para o ambiente aquático. Isso porque podem tanto minimizar um problema existente quanto ser a causa dele em um ambiente aparentemente recuperado. Isto porque muitos contaminantes presentes nos sedimentos podem se difundir para a coluna d'água devido à constante atividade dos organismos bentônicos e, também, após eventos como chuvas e ventos intensos, dragagem e turbulência provocada por embarcações. Por esse motivo, várias técnicas têm sido desenvolvidas para avaliar os efeitos imediatos e de longo prazo dos agentes tóxicos no ambiente, cuja avaliação é bastante difícil, particularmente quando se trata de misturas de substâncias. Os xenobióticos agem nos organismos vivos de diversas maneiras e em diferentes níveis, sendo, portanto, importantes os estudos dos efeitos genotóxicos, bioquímicos, histológicos, fisiológicos e comportamentais, assim como são imprescindíveis os estudos em bioacumulação, biotransformação e biodegradação, além daqueles que consideram a dinâmica das populações e comunidades (MELETTI et al., 2003).

Entretanto, para BRIGANTE et al. (2003c), apesar dos resultados obtidos até o presente momento, mostrando que a comunidade bentônica reflete bem as condições ambientais, a utilização de índices de qualidade de água baseados em macroinvertebrados bentônicos, necessita de melhores adaptações para as regiões tropicais, posto que os valores de tolerância são comparados àqueles de regiões temperadas. Apesar desta limitação, os resultados dos estudos têm demonstrado que as informações relativas à comunidades bentônicas de sedimentos, mostraram que os valores de tolerância à poluição desses organismos podem ser comparados àqueles de regiões temperadas.

#### **4.4.1.8.2.4. Medidas para a recuperação de ecossistemas aquáticos**

A recuperação propriamente dita, onde existe a presença de metais pesados, pode ser, em alguns casos: a) recobrir ou b) dragar o sedimento contaminado. Dependerá do tipo de poluente e da relação custo-benefício. Em determinadas situações, para evitar outros tipos de danos ambientais, deve-se optar pela sua manutenção no fundo. Isso porque a aeração e oxidação de sedimentos durante as operações de dragagem podem, inclusive, reduzir o pH em níveis letais para a vida aquática: diretamente, ou pela liberação de metais. A opção de recobrimento deve ser realizada por outro substrato sem contaminante. É importante lembrar, que a comunidade bentônica, composta por organismos que habitam, fixos ou não, o fundo dos mares, rios e lagos, exercendo importante papel na cadeia alimentar e na regulação ecológica do corpo d'água, tem função de perturbação nos primeiros 10 a 15 cm de profundidade, requerendo uma camada, no mínimo, com esta espessura (EYSINK e MORAES, 1998; Christensen, 1998 *apud* BRIGANTE et al., 2003c).

Além destas, existem outras alternativas viáveis de manejo e recuperação bastante eficientes, tais como:

- a) Uso de áreas úmidas - áreas alagáveis, nos sistema lóticos, proporcionam uma mistura de elementos terrestres e aquáticos, promovendo trocas entre os sistemas, como a

incorporação de grande parte da matéria orgânica particulada fina, o que caracteriza essa região como um ecótono;

- b) Implantação de ilhas artificiais nos ambientes lóticos - o sistema sedimentológico fluvial envolve fornecimento, transporte e armazenamento dos sedimentos, e sua distribuição no leito do rio influencia a distribuição da comunidade lótica;
- c) Remodelagem de rios, tornando-os mais meândricos - o traçado mais sinuoso torna o declive menos acentuado;
- d) Biomanipulação - refere-se a mudanças na estrutura biológica dos ecossistemas aquáticos pela introdução ou remoção de organismos vivos, por exemplo, o manejo da comunidade de peixes em locais não extremamente contaminados. Estas quatro medidas visam não somente ao manejo ou à recuperação, mas aumentam os habitats, refletindo-se no incremento, ou no mínimo, na manutenção da biodiversidade;
- e) Adição de soleiras (“riffles”) e depressões (“pools”) - formando declives planos e íngremes - em função da sinuosidade do canal, sendo necessário a ampliação da diversidade das condições de fluxo que simule essas formas (são de extremo valor para o hábitat natural, pois além de atenuarem a erosão do leito do rio, provocam borbulhamentos nos quais a água se reoxigena, que refletirão em aumento da produtividade biológica); e
- f) Plantio de matas ciliares - preferencialmente, com grande diversidade de espécies nativas e frutíferas de rápido crescimento para atração da fauna, intercaladas com espécies secundárias (iniciais e tardias) e macrófitas fixas nas margens. A recomposição das matas ciliares é fundamental para assegurar não só maior proteção aos ecossistemas aquáticos, como também para aumentar as possibilidades de crescimento e preservação da biodiversidade; funcionando como corredores ecológicos ligando fragmentos florestais, facilitando o movimento da fauna e o fluxo gênico entre as populações de espécies animais e vegetais; diminuindo a erosão das margens e os impactos, permitindo maior infiltração e a recarga de aquíferos. Também, influencia no manejo da água dentro da bacia hidrográfica, evitando o assoreamento do canal e reduzindo a chegada de produtos químicos e nutrientes terrestres, como aqueles que contêm metais pesados; mantém a fauna (aves e peixes) com o fornecimento de alimento e sombra, além do aporte de matéria orgânica, que é a fonte de energia para grande parte dos invertebrados dos pequenos riachos (JUNK et al., 1981; HENRY, 1997; EYSINK e MORAES, 1998; MARTINS, 2001; PLANÁGUA/SEMADS/GTZ, 2001; CUNHA, 2003).

#### **Estudo de caso 4.4.1.8.2.4. (7) Propostas para a recuperação do rio Mogi-Guaçu**

BRIGANTE et al. (2003d), estudando o rio Mogi-Guaçu (MG e SP), apesar da dificuldade em obter informações comparativas e das diferenças metodológicas de obtenção de dados limnológicos deste rio, a análise temporal registrou aumento das concentrações de nutrientes e de metais nos últimos 30 anos de ocupação desta bacia hidrográfica, não diferente de outras submetidas à ação antrópica. Pode-se inferir que a perda de qualidade do sistema rio

Mogi-Guaçu é decorrente da modificação da paisagem, da expansão industrial e do crescimento demográfico, podendo-se prever um quadro ecossistêmico mais negativo para essa bacia se medidas corretivas e preventivas não forem tomadas. Recomendam algumas medidas de recuperação que devem orientar as políticas públicas ao estabelecimento de novas diretrizes na forma de gestão dos comitês de bacias e dos órgãos municipais, estaduais e federais. Consideram que tais medidas devem ser tomadas reconhecendo as diferenças existentes entre as regiões, o que envolve a avaliação social, econômica e ambiental de cada uma delas. Devem ser implantados em curto, médio e longo prazo, respaldados da síntese de informações existentes e no diagnóstico da bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu, cujas demandas geradas a partir desse relatório incluem:

- a) Recomposição e manejo de matas ciliares - na recomposição de matas ciliares degradadas incluem: 1) escolha das espécies vegetais - arbóreas e arbustivas; 2) número de indivíduos por espécie; 3) a distribuição espacial; e 4) a compatibilidade entre os polinizadores, os dispersores de sementes e as espécies vegetais selecionadas;
- b) Equacionamento dos usos múltiplos da água e a manutenção da qualidade desse recurso na região da bacia;
- c) Plano de manejo de nascentes e sustentabilidade agrícola;
- d) Plano de manejo para a irrigação;
- e) Orientações para o agricultor;
- f) Novas formas de agricultura - proteção da água e do solo;
- g) Práticas de conservação do solo;
- h) Maior controle de mineração da bauxita e extração de areia;
- i) Captação de águas pluviais das estradas por meio da criação de bacias de retenção ao longo das estradas;
- j) Tratamento da água de consumo no ambiente rural;
- k) Saneamento básico rural;
- l) Tratamento de efluentes urbanos e industriais na região paulista da bacia; e
- m) Programas de educação ambiental.

Uma das preocupações atuais, considerando que a despoluição hídrica não é um problema somente técnico, tem sido o desenvolvimento de tecnologias apropriadas à realidade sócio-econômica. De acordo com o RELATÓRIO...(1991), podem ser a solução para problemas sérios de poluição locais. Entre os mais pesquisados recentemente, inclusive no rio Mogi-Guaçu, destacam-se os biodigestores de fluxo ascendente, filtros biológicos, lagoas de oxidação e a utilização de solo filtrante com cultura de arroz.

#### 4.4.1.9. Considerações finais

Os sistemas de produção utilizados atualmente de maneira altamente intensificados, ao mesmo tempo em que consomem menos recursos naturais em um determinado local, introduzem no ambiente novos elementos causadores de desequilíbrios, como os agroquímicos. Quando o objetivo é a maximização de produção, todos os fatores envolvidos têm de ser considerados. O que tem sido observado, apesar do grande volume de pesquisas nessa área, com um significativo acúmulo de conhecimentos, estes não são devidamente adotados pelos produtores rurais, principalmente os pequenos, revelando uma lacuna existente pesquisa/extensão. Por este motivo, é inevitável o surgimento de impactos ambientais negativos e a redução de biodiversidade com a conseqüente insustentabilidade dos sistemas.

O desconhecimento das normas ambientais confere à agropecuária como sendo esta a atividade poluidora com maior potencial de provocar impacto ambiental. Medidas simples, como a obrigatoriedade do uso do receituário agrônomo, deveriam ser respeitadas. Este fornece informações que podem subsidiar o manejo dos principais componentes envolvidos no sucesso da utilização dos agrotóxicos, garantindo aumentos de produtividade e minimizando os impactos sobre o meio ambiente. A utilização de práticas conservacionistas e um eficiente manejo, podem auxiliar. Particularmente, no uso dos agroquímicos, os principais aspectos a serem observados, na tentativa de minimizar os impactos, são mudanças de comportamento, tais como: a) verificação da capacidade de uso da terra; b) cultivo mínimo e plantio direto; c) diminuição no uso de agrotóxicos; d) utilização de adubação orgânica; e) adubações na quantidade necessária e no momento preciso, evitando perdas por lixiviação ou pela erosão; f) proteção dos corpos d'água; g) inundação antes do plantio, quando pertinente; h) uso de plantas de cobertura; i) quebra-ventos e cordões em contorno; j) vegetação ciliar de escoadouros de água; l) ajuste de épocas de plantios; m) mudança de monocultura para cultivos mistos; n) controle biológico - uso de plantas repelentes ou com características alelopáticas e hormônios para armadilhas; e o) manejo integrado de pragas e doenças.

Enfim, a utilização de medidas inovadoras e de baixo custo, devem ser mais pesquisadas para a recuperação ambiental dessas áreas. Dentro da filosofia do capitalismo natural e do conceito moderno de "upsizing" da Ciência Generativa, aparece a priorização de "emissões zero" pelas atividades produtivas. A reciclagem de substâncias biodegradáveis, como a fração orgânica do lixo urbano para a produção de composto, quando desenvolvida com competência, por exemplo, pelo método de aeração forçada, torna-se um mecanismo que salvaguarda a saúde pública, devido ao tratamento de resíduos contaminados. Além disso, possui a propriedade de ser um processo biológico de tratamento, não só de destinação final, preservando a qualidade ambiental, sendo sem dúvida, um dos processos mais econômico, inserido nesse contexto de uma política agrícola mais natural. Dessa forma, não estar-se-ia só recuperando áreas degradadas, mas também evitando o surgimento de outras.

As agências financiadoras e órgãos de pesquisa devem dedicar recursos e esforços aos estudos dos metais pesados nas condições brasileiras, principalmente sobre a utilização

de plantas metalólicas para recuperação de áreas contaminadas. Essa carência é observada pelo reduzido volume de estudos e soluções para esse problema, podendo ser confirmado pelo pequeno número de publicações em congressos, revistas e livros. Os serviços de extensão necessitam difundir ao agricultor as informações já existentes, evitando riscos danosos à saúde e ao meio ambiente. Os meios de comunicação de massa devem procurar nos órgãos oficiais de ensino e pesquisa, as informações corretas sobre metais pesados na agricultura, para transmiti-las aos produtores, funcionários que os manipulam e o público consumidor.

Todo manejo agrícola deve vir acompanhado da preocupação com a proteção da qualidade ambiental, sobretudo controle dos aportes sólidos e líquidos aos mananciais. As fontes de adubos e corretivos devem oferecer pouco risco de contaminação, sobretudo com metais pesados. Sabe-se que sem a utilização de agroquímicos, seria difícil manter a produção atual, para atender às necessidades humanas e animal no curto e médio prazo. Também, adotar exclusivamente, por exemplo, a agricultura orgânica ou os sistemas agroflorestais, não evitaria, pelo menos no presente, impactos negativos no meio ambiente: cabendo considerar, entretanto, de menores proporções. Porém, a observância de alguns princípios básicos e procurando seguir algumas recomendações, agora propostas, poder-se-ia minimizar tais impactos negativos, como também, potencializar os impactos positivos. Só com a reeducação dos sistemas de produção, valorizando o capital natural, provavelmente no futuro, será possível a eliminação dos riscos da tecnologia moderna.

#### **4.4.1.10. Recomendações**

- Intensificar pesquisas referentes à recuperação de áreas contaminadas por metais pesados. Os períodos de monitoramento e avaliações precisam ser mais longos, como também a coleta de amostras deve ser escalonada durante as diversas estações do ano, posto que no caso de metais pesados, os problemas devido a sua acumulação no solo e sua biodisponibilidade, podem ser manifestados tempos após a ocorrência dos eventos;
- Conhecer o comportamento dos agrotóxicos no solo. A compreensão da natureza e da extensão dos processos de adsorção e degradação pode prever o comportamento dos agroquímicos no solo e para a avaliação de riscos de lixiviação ou de perda por escoamento superficial;
- Estabelecer e monitorar os teores limites dos metais pesados nos agroquímicos (agrotóxicos, fertilizantes e corretivos);
- Treinar adequadamente, inclusive com noções das responsabilidades ambientais e as suas conseqüências, aqueles que manuseiam direta ou indiretamente esses produtos, tais como funcionários, proprietários e administradores rurais;
- Controlar as operações de fertilização. Mesmo considerando não oferecerem grave risco de poluição, quando usado em excesso, poderá ser carregado por enxurradas provocando acúmulo em pontos isolados e nos corpos d'água, podendo ser foco de poluição;

- Aperfeiçoar os equipamentos de aplicação de agrotóxicos, redução das doses e informações sobre os riscos de seu uso indiscriminado;
- Implementar, de forma efetiva e definitiva, as pesquisas para a especificidade, ou seja, agrotóxicos sem efeitos colaterais para outros, que não aquele recomendado;
- Pesquisar o impacto dos agrotóxicos nos organismos e nos processos biológicos do solo;
- Aprofundar os estudos do uso dos processos biológicos na decomposição dos resíduos agrícolas, urbanos e industriais, para a utilização destes como corretivos dos solos;
- Cobrar a participação efetiva das equipes de Extensão Rural na difusão de novas tecnologias;
- Exigir o procedimento de “licenciamento ambiental”, em todas as propriedades que utilizam agroquímicos potencialmente poluidores e tóxicos;
- Estimular a implantação de sistema de apoio à decisão na agricultura irrigada, como o programa de simulação IRRIGA, voltado para o manejo da água;
- Utilizar as microbacias hidrográficas como unidades de controle e monitoramento, principalmente naquelas com potenciais problemas de poluição ambiental;
- Intensificar o estudo sobre os bioindicadores e a sua utilização como medida preventiva de possíveis impactos ambientais;
- Praticar o manejo integrado de pragas (MIP) visando: a) a racionalização dos custos de produção; b) a preservação da saúde do consumidor e do aplicador; e c) a manutenção do equilíbrio ecológico e a preservação do meio ambiente, que será beneficiado pelo controle biológico natural;
- Identificar espécies e cultivares menos dependentes de agroquímicos;
- Exigir o cumprimento da lei que regulamentou a necessidade obrigatória do uso do “receituário agrônomo”, como forma de ajudar no monitoramento e nas responsabilidades; e
- Implementar projetos integrados de produção com a filosofia do capitalismo natural e conceitos da Ciência generativa de “emissões zero”, inclusive com subsídios para iniciativas como a implementação de agricultura orgânica.

#### **4.4.2. Ciência generativa: “upsizing” e emissões zero**

##### **➤ Introdução: princípios, filosofia e objetivos**

Entre os programas estabelecidos e apoiados pela ONU, está o Programa de Iniciativa de Pesquisas para Emissões Zero - ZERI, proposto em 1994 pela Universidade das Nações Unidas (UNU), com sede em Tóquio. É apoiado financeiramente pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), desde seu início, em parceria com a Fundação ZERI. Esse programa preconiza uma abordagem ambientalmente sustentável para a satisfação das necessidades humanas por água, alimentação, energia, empregos, habitação,



entre outros, utilizando-se a aplicação da ciência e da tecnologia, envolvendo o governo, os empresários e a academia (GUNTER, 1999).

Sob a sua ótica, o maior desafio atual consiste em criar e manter comunidades duradouras, ou seja, ambientes sociais, culturais e físicos, nos quais nossas necessidades e empenhos possam ser satisfeitos sem restringir as oportunidades das gerações futuras. Uma comunidade duradoura é constituída de tal forma que seu modo de vida, seus empreendimentos, sua economia, suas técnicas e estruturas físicas não perturbem o potencial da conservação da vida inerente à natureza. Na tentativa de organizar e ampliar comunidades duradouras, é necessário que, primeiramente, entenda-se completamente esse potencial de crescimento com harmonia, priorizando a conservação da natureza e reativem-se as comunidades como um todo, ou seja, as comunidades de ensino, as econômicas e as políticas, de tal forma que nelas se manifestem os princípios fundamentais da ecologia, como princípios de educação, gerenciamento e política (*ibidem*).

#### ➤ **Pensamento sistêmico**

O contexto teórico subsequente ao da ecologia, é a teoria dos sistemas vivos, que só atualmente está sendo completamente desenvolvida. No entanto, está arraigada em vários ramos da ciência, compondo um complexo integrado, cujas características não podem ser reduzidas à das partes menores. A teoria do sistema apresenta um novo modo de pensar, o chamado “pensamento de sistema” ou “pensamento sistêmico”, significando pensamento em termos de relações, união e contexto. O modelo ideal desses sistemas é encontrado principalmente na natureza, por exemplo, o equilíbrio em uma floresta natural. Compreendendo-se ecossistemas, compreende-se também relação, que é o aspecto central do pensamento sistêmico. Conseqüentemente, a atenção é deslocada de objetos para relações, ou seja, uma comunidade viva tem consciência das relações estratificadas entre seus integrantes. Estimular esta comunidade significa estimular as relações (GUNTER, 1999).

Em parte, a ciência moderna criou um instrumental teórico-metodológico de produção de conhecimento que fragmenta a realidade decompondo-a em campos de estudo representando partes de uma totalidade. Há uma tendência ao isolacionismo dessas partes, até mesmo pelo aprofundamento extremo do conhecimento produzido, afastando-se da interligação entre as partes e a visão do todo; um todo organizado produz qualidades e propriedades que não existem nas partes tomadas isoladamente (MORIN, 1997).

Ainda, o isolacionismo, também manifestado pelo aspecto científico de “neutralizar” as influências externas, para que haja um “controle” preciso das medições e dos experimentos realizados na produção de conhecimentos, foi responsável por esse efeito positivista que sustentou a Ciência moderna. O que podemos observar, é que esses “aspectos importam a compreensão da visão de mundo hegemônica da presente sociedade, refletindo na separação

sociedade versus natureza, na postura antropocêntrica e individualista de dominação do homem sobre a natureza” (CAPRA, 1996; MORIN, 1997).

Como consequência,

a história do mundo e do pensamento ocidental foi comandada por um paradigma de disjunção, de separação. Separou-se o espírito da matéria, a filosofia da Ciência; separou-se o conhecimento particular que vem da literatura e da música do conhecimento que vem da pesquisa científica. Separaram-se as disciplinas, as ciências, as técnicas. Separou-se o sujeito do conhecimento do objeto do conhecimento. Assim, vivemos num mundo em que é cada vez mais difícil estabelecer ligações,... (MORIN, 1997).

Para CAPRA (1996), quanto mais são pesquisadas as questões ambientais, maior a consciência que se passa a ter de que elas não podem ser compreendidas isoladamente, posto serem sistêmicas, interconectadas e interdependentes. De acordo com SENGE (1990), grande parte dos problemas hoje existentes, em todo o mundo, está associado ao descaso e desconhecimento humano de entender e controlar sistemas cada vez mais complexos.

Quando se observam ecossistemas, constata-se que todos seus organismos têm sua função. Eles produzem detritos, exatamente como o homem, porém são passados adiante. O detrito para uma espécie serve de fonte de alimento para uma outra, de modo que num ecossistema, praticamente todos os detritos são reciclados continuamente. Baseados nesse modelo, pode-se fazer nas organizações humanas, o espelho de organização da natureza, que não pode ser concebida como uma soma mecânica de partes. Pode-se remodelar os modelos agropecuários, florestais e industriais, de tal forma que os detritos de uma indústria, transformem-se em recursos para a próxima (GUNTER, 1999).

Para GRIFFITH (2002), o uso da modelagem conceitual pode facilitar esse entendimento do funcionamento dos ecossistemas, o que facilita procedimentos de gestão ambiental, mesmo em situações extremamente complexas. A partir da modelagem de uma determinada área degradada, e com a possibilidade da realização de simulações, o seu funcionamento fica mais bem visualizado e as soluções para as intervenções necessárias, são concentradas nos pontos mais vulneráveis, irradiando-se por toda a estrutura do sistema. Para Dauphiné (1987) *apud* GODARD e LEGAY (1997), a modelização/simulação é geralmente aplicada onde a experimentação controlada não é possível, no caso de todos os fenômenos ou objetos que não apresentarem as condições requeridas com vistas a um tratamento experimental, permitindo a utilização de uma relação de dimensões mais seguras ou factíveis. De acordo com esses mesmos autores, com o desenvolvimento do enfoque por modelos, renuncia-se ao conceito de lei no que ela tem de absoluto. Dessa forma, são descartadas toda e qualquer pretensão de exprimir a essência da realidade, assumindo-se um grande número de construções possíveis para se representar e compreender um objeto real.

Assim, HARRISON e SHIROM (1999), asseguram que no pensamento sistêmico, o princípio da interdependência demanda que mudanças em qualquer um dos componentes de

um determinado sistema, direta ou indiretamente, estão associados ou afetarão os demais componentes. Por este motivo, as informações existentes dentro desse sistema, provocam a sua retroalimentação interna e nas suas relações com o meio no qual está inserida, podendo alcançar as mudanças desejáveis propostas, ou mostrar o direcionamento necessário para que lacunas diagnosticadas dentro do atual modelo sejam alteradas, atingindo, assim, os resultados esperados. Na visão destes mesmos autores, devem ser considerados os contextos político e sócio-econômico, bem como as suas principais inter-relações, no qual o setor em estudo está inserido. Dessa forma, para GODARD e LEGAY (1997), na maior parte do tempo, “tais esquemas intervêm na parte introdutória dos relatórios de pesquisa e corresponde à fase de diagnóstico da situação do objeto de pesquisa, aquela onde se torna precisa a definição concertada das principais questões a serem estudadas”, como pode ser observado na Figura 15.

### ➤ **Círculo de causalidade**

O círculo de causalidade é uma das ferramentas do pensamento sistêmico, por meio do qual é possível expressar graficamente o comportamento, ao longo do tempo, das diversas variáveis envolvidas em uma dada questão. É composto por variáveis - palavras ou frases curtas que resumem os fatos envolvidos no problema estudado - conectadas por meio de setas que indicam o sentido da alimentação do ciclo ou da influência das variáveis. Os sinais “+” e “-”, indicam respectivamente se o movimento de alimentação está no mesmo sentido da influência original ou se está em sentido oposto. A letra “B” indica se está ocorrendo um processo de balanceamento (ou contrapeso), a letra “R” indica se está ocorrendo reforço (NARDELLI e GRIFFITH, 2000).

O círculo de causalidade elaborado para um sistema ou empreendimento permite a visualização do conjunto de inter-relações existente entre todos os aspectos ambientais e antrópicos a eles relacionados, anteriormente, de forma isolada, permitindo definir com precisão o contexto de análise correspondente. Isso porque todo fenômeno “é resultado necessário de uma causa conservada no efeito: tudo é previsível, pelo menos em teoria. Então, o passado desencadeia perfeitamente o presente” (BENSAID, 1999).

GRIFFITH e TOY (2002) modelaram conceitualmente as inter-relações entre degradação e recuperação ambiental que abrange os sistemas físico e social, como pode ser observado na Figura 15.

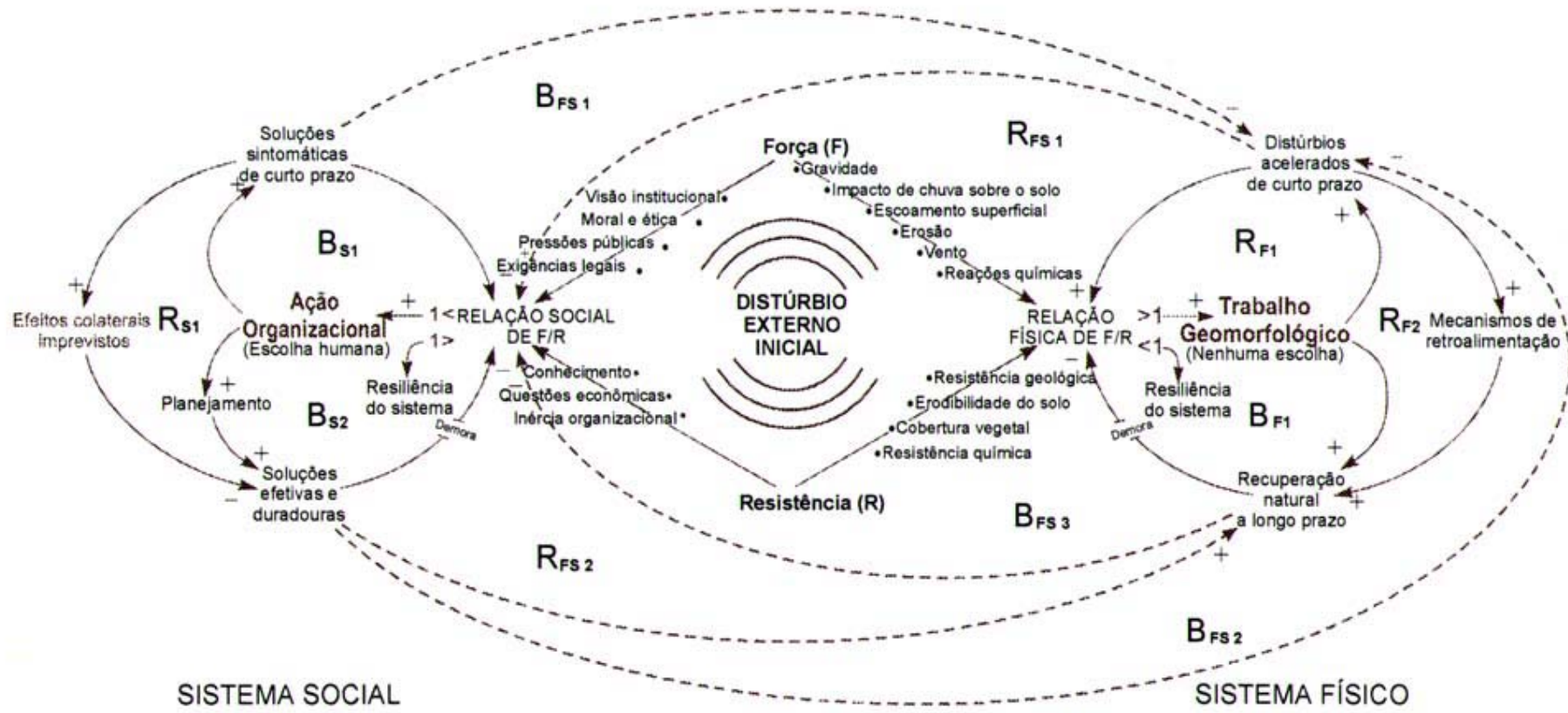


FIGURA 15 - Modelo conceitual de inter-relação entre degradação e recuperação ambiental que abrange os sistemas físico e social. Fonte: GRIFFITH e TOY, 2003 (em preparo).

Sabe-se que quanto maior for o tamanho e a complexidade estrutural do ecossistema, maior será a sua biodiversidade e a sua capacidade de auto-regulação. Ocorridas situações de estresse em um determinado local, quanto maior for a base genética da comunidade remanescente, maior será a chance de manutenção da estrutura anterior e de funcionamento desse sistema, de maneira igual ou semelhante à pré-degradação. Isso é verdade, principalmente, devido à sua maior capacidade de produção de biomassa, o que lhe proporciona maior resistência e dinâmica, em face de favorecer o restabelecimento do ciclo biogeoquímico. Este volume de opções que a biodiversidade carrega, representa um componente importante da resiliência do sistema. Num sistema natural, existe um equilíbrio entre a produção e o consumo de energia. Quando ocorrem perturbações (produzidas por erosão eólica ou hídrica, reações químicas, etc.), caso elas não cessem, haverá desequilíbrio, podendo chegar a um colapso catastrófico, resultante do maior custo necessário para se livrar da desordem. Ou seja, quando os limites são ultrapassados e a entropia excede a capacidade do ecossistema de dissipar (as forças físicas excedem a resistência do sistema - resistência geológica, erodibilidade do solo, cobertura vegetal, etc.), haverá a perda de biodiversidade, ocasionando em sua redução. Com o fim do estresse, a resiliência do sistema permitirá o restabelecimento da capacidade de suporte aos níveis iniciais (caso a relação força/resistência seja menor que 1), ou próximos àqueles, o mesmo acontecendo à entropia. O tempo necessário para que isto ocorra, está diretamente relacionado com características de cada sistema e a frequência e intensidade de novos estresses. Nesse aspecto, o sistema social exerce grande influência sobre a sustentabilidade do ecossistema. Considerando a ocorrência de um evento, caso as soluções de recuperação propostas sejam sintomáticas de curto prazo, produzirão resultados que simplesmente aliviam o sintoma ( $B_{s1}$ ), produzindo distúrbios acelerados de curto prazo sobre o sistema físico ( $R_{f1}$ ), agravando ainda mais o problema. Ao mesmo tempo, caso os procedimentos de recuperação adotem práticas de manejo eficientes, seguindo um planejamento previamente proposto e adequado, as soluções serão efetivas e duradouras ( $B_{s2}$ ). Entretanto, cabe considerar, que as ações deverão ser prontamente tomadas, diagnosticando as rupturas de causas diversas que desencadeiam tais processos: caso contrário, o que ocorrerá será uma nova condição de balanceamento ( $B_{fs2}$ ), que também produzirão distúrbios acelerados de curto prazo (para COELHO (2001), é necessário que se conheçam os processos físico-químicos, político-econômicos e socioculturais, posto que a intercessão desses processos dá origem à estrutura socioespacial que expressa “a maneira como as classes sociais e a economia se estruturam e desestruturam no espaço em face de uma intervenção externa”). Do ponto de vista físico-químico, a manutenção da biomassa vegetal, a utilização de práticas conservacionistas e um eficiente manejo, têm papel fundamental na manutenção do sistema, permitindo a fixação de carbono e ao mesmo tempo transformando-se num agente de ciclagem de nutrientes, mantendo no sistema um determinado “status” de nutrientes que resulta na estabilidade ou sustentabilidade do sistema (ODUM, 1988; BARROS e NOVAIS, 1990; GRIFFITH e TOY, 2003, n.p.).

Entretanto, para ODUM, (1988), a medida que um ecossistema torna-se maior e mais complexo, uma maior parte da sua produção será utilizada para a sua sustentação, diminuindo, proporcionalmente, a parcela da produção bruta que poderia ser destinada ao crescimento. Quando o equilíbrio entre as entradas e saídas é atingido, o tamanho desse ecossistema não poderá mais aumentar, ou seja, será atingida a sua “capacidade máxima de suporte”. Nesse ponto, a relação física e social de força/resistência, deve ser igual ou próxima a um. No modelo proposto por GRIFFITH e TOY (2003, n.p.), analisado pelo método baseado na análise do ecossociossistema, proposto por MONTGOLFIER e NATALI (1997), verifica-se que os sistemas são formados pelo conjunto dos elementos de um dado meio natural e pelo conjunto dos atores sociais, que utilizam este meio visando retirar dele os recursos de que necessitam. Os modelos nos permitem visualizar estas questões.

Para ODUM (1988), uma constatação ainda mais fundamental assegura que a complexidade está governada por mecanismos simples, capazes de esclarecer sua estrutura e sua variabilidade. Entretanto, para esse mesmo autor, esse fato nos leva a pelo menos duas reflexões: a) qual será o efeito do crescimento demográfico sobre os ecossistemas e a sua capacidade de auto-regulação, inclusive sobre a humanidade, possibilitando, por exemplo, o retorno de grandes endemias; e b) “se admitirmos que nossas sociedades, em sua forma atual, estão condenadas ao crescimento, este, por seu turno, arrisca-se a condenar a biosfera”, desde que nada seja feito para alterar esse direcionamento.

### ➤ **A metodologia do “upsizing”**

O objetivo do conceito de Emissões Zero foi definido da seguinte forma (GUNTER, 1999):

a reutilização de todos os componentes na forma de valor agregado, de maneira que nenhum resíduo é descartado, seja líquido, sólido ou gasoso. Todos os insumos são utilizados na produção. Quando ocorre resíduo este é utilizado, por outras indústrias, na criação de valor agregado.

O destaque dessa definição deve ser dado à expressão “valor agregado”, pois é esse que move a economia, garantindo um fluxo de recursos sustentáveis. Valor agregado é uma condição prévia para independência e o crescimento, ou seja, para o crescimento autocatalítico. Caso a recuperação do subproduto ou matéria residual seja uma mera eliminação ou reutilização sem se oferecer valor adicional, não é parte da Emissão Zero. Nesse ponto, surge o conceito de “upsizing”. Muitos produtos são meramente degradados, incinerados ou deixados como condicionadores de solo. Dessa forma, não é possível a geração de negócios e postos de trabalho a partir da preservação e prevenção da poluição sem que ocorra a produção de valor agregado. Atualmente, afirma-se que cuidar do meio ambiente é sinônimo de bons negócios. Faz-se necessário, conhecer esses negócios: a) o

primeiro, é a redução de custos, que terá êxito até certo ponto; e b) o segundo, é a geração de receita adicional. Assim, define-se “upsizing” como sendo (GUNTER, 1999):

o conglomerado de atividades industriais por meio do qual subprodutos sem valor para um negócio são convertidos em insumos de valor agregado para outro, possibilitando desta forma, o aumento da produtividade, a transformação global de capital, de mão-de-obra e matérias-primas em produtos adicionais e na venda de serviço, a preços competitivos, resultando na geração de postos de trabalho e na redução - e eventual eliminação - de efeitos adversos às pessoas e ao meio ambiente.

O “upsizing” acontece quando uma determinada atividade opta por buscar a Emissão Zero, ou seja, a Emissão Zero é o objetivo final, o “Upsizing” é seu resultado direto. Com o crescimento da economia, a poluição tenderá a zero, uma vez que todos os resíduos de um processo industrial serão utilizados como insumo para outro processo industrial (GUNTER, 1999).

Os objetivos da metodologia de Emissões Zero são: a) encontrar modos de minimizar a necessidade de insumo no processo principal; e b) alcançar um nível máximo de saídas ao se buscar um aproveitamento total. Enquanto uma determinada atividade, representada por uma indústria, não alcança um aproveitamento total e continuar a descarregar componentes de insumo na forma de resíduo, estará fracassando em operar em seu nível de potencial máximo. Sugere-se, a formação de conglomerados de indústrias complementares, de tal forma adaptada às necessidades umas das outras, facilitando novas oportunidades. As indústrias de processamento de alimentos, de materiais de construção, de produtos florestais e mesmo aquelas de substâncias químicas, podem alcançar este objetivo em um curto espaço de tempo (*ibidem*).

A metodologia ZERI consiste de cinco passos distintos, realizados seqüencialmente (*ibidem*):

- a) Modelos de aproveitamento total ao se utilizar a tabela de “input-output”;
- b) Busca criativa de valor agregado utilizando-se modelos de “output-input” (permitem uma identificação criativa de um conglomerado de indústrias baseado nos recursos disponíveis que permanecem não-utilizados em um processo de produção específico);
- c) Modelos de conglomerados industriais;
- d) Identificação de avanços tecnológicos; e
- e) Planejamento de políticas industriais.

De acordo com GUNTER (1999), a viabilidade do desenvolvimento industrial por meio da conglomeração já foi comprovada, além de ser necessária. Nesse momento a indústria deve tomar consciência de que o ciclo de recursos não pode continuar sendo desperdiçado da maneira como tem sido feito até agora. Com o acréscimo de aproximadamente 80 milhões de pessoas na Terra a cada ano, a humanidade não pode esperar que a Terra produza mais. Depende das atividades agropecuárias, florestais, industriais e comerciais despertarem idéias

criativas e locais, posto que essa nova visão de sistema de gestão para o futuro dependerá de uma estrutura descentralizada.

#### **Estudo de caso 4.4.2. (8) A destinação dos resíduos sólidos urbanos: reciclagem, aterro sanitário e recuperação ambiental de áreas degradadas por lixões - o caso de Viçosa, MG**

##### **4.4.2.1. Objetivos**

- Identificar os problemas causados com a disposição incorreta do lixo urbano;
- Destacar a importância da educação ambiental nas questões relacionadas aos problemas do lixo, tais como a coleta seletiva e a reciclagem, apontando as suas vantagens;
- Visualizar, a partir de uma nova perspectiva industrial e visão ecológica, a proposição de soluções potenciais existentes e viáveis para questões ambientais;
- Identificar possibilidades de uso de material reciclado como insumo para outras atividades;
- Descrever medidas recentemente estabelecidas referentes ao estabelecimento de normas e padrões por meio das agências governamentais de regulamentação;
- Demonstrar a viabilidade de procedimentos de reciclagem e os benefícios em seus aspectos sócio-econômicos e ambientais, gerando bem-estar social, emprego e renda, e melhoria da qualidade de vida para toda a comunidade, no contexto de desenvolvimento sustentável.

##### **4.4.2.2. Introdução**

É visível, nos meios urbanos, a constatação de alterações e agressões ao meio ambiente, mudando significativamente as paisagens naturais, gerando reflexos que assumem proporções maléficas à saúde pública e ao ambiente. O lixo produzido pelo homem interfere no equilíbrio da natureza, poluindo e modificando o meio ambiente. A produção, o transporte, o processamento e a destinação final dos resíduos sólidos urbanos (R.S.U.), são considerados atualmente, como as formas de degradação ambiental que mais afetam a qualidade de vida nas cidades (LÓPES e BARZACCONI, 2000).

Considerando o contínuo aumento da população e as alterações dos hábitos de consumo, conscientes de que o nosso planeta é um sistema fechado em relação aos seus materiais constituintes, impõe-se maior atenção na sua efetiva utilização, exigindo análises profundas sobre o ciclo de materiais. Para cada ciclo, deve ser fornecida energia durante cada um dos seus estágios de produção: estima-se, nos Estados Unidos, metade da energia consumida pelas indústrias de manufatura é gasta para a produção e a fabricação de materiais.



Como consequência, existem interações e impactos sobre o meio ambiente natural, durante todos os estágios desse ciclo. São gerados poluentes, que terão como depósito final o solo e a água, durante os estágios de síntese e processamento (CALLISTER JÚNIOR, 2000).

A prática da reciclagem, além da economia de recursos, significa o aproveitamento de materiais para determinada função economicamente útil (SEWELL, 1978; FELLEMBERG, 1980). Neste sentido, tais procedimentos devem ser priorizados, em face à agressão contínua resultante da produção diária de R.S.U., gerando impactos negativos em seus aspectos sanitário, social, ambiental e econômico (GEBARA, 1985).

Estima-se, em escala mundial, que aproximadamente 15 bilhões de toneladas de matéria-prima sejam extraídas da Terra todos os anos, sendo apenas uma parte renovável. A reciclagem destes produtos em substituição ao seu descarte, torna-se uma opção ecologicamente correta e socialmente justa, por diversas razões: a) o uso de materiais reciclados reduz a necessidade da extração de matéria-prima (MP), conservando os recursos naturais e eliminando os possíveis impactos ambientais associados a essa fase; b) as exigências de energia para o refino e o processamento de materiais reciclados, geralmente, são menores do que seus equivalentes naturais: por exemplo, a energia exigida para refinar minerais naturais de alumínio é 28 vezes maior do que para reciclar resíduos de latas de bebidas de alumínio; c) o composto produzido com a fração orgânica, além de reduzir o volume de material destinado ao aterro sanitário, aumentando a sua vida útil, tem como vantagens uma vasta aplicabilidade agrícola, inclusive na recuperação ambiental; e d) por questões sócio-econômicas, visando a geração de emprego e renda (CALLISTER JÚNIOR, 2000). Além desses exemplos, que já justificariam os esforços nesse sentido, podem ser observados outros benefícios no Quadro 30.

QUADRO 30 - Benefícios do uso de materiais recicláveis

<b>Tipo de benefícios</b>	<b>Alumínio</b>	<b>Aço</b>	<b>Papel</b>	<b>Vidro</b>
Redução de:				
Energia	90% - 97%	47% - 74%	23% - 74%	4% - 32%
Poluição do ar	95%	85%	74%	20%
Poluição da água	97%	76%	35%	-
Resíduos de mineração	-	97%	-	80%
Uso da água	-	40%	58%	50%

Fonte: ADEODATO, 1992.

No Brasil, com um crescimento populacional em torno de 2%a.a. (ao ano), estima-se que a quantidade de R.S.U. produzidos tenha um acréscimo anual em torno de 4% (GLENBOTZKI, 1993). Dessa forma, são geradas aproximadamente 125 mil toneladas diárias. Desse montante, aproximadamente, a) 15 mil toneladas são coletadas; b) 22 mil toneladas são encaminhadas para algum tipo de aterro; e c) o restante alimenta os lixões, responsáveis pela poluição e degradação sócio-ambiental (IBGE, 1996).

Visando a redução de impactos ao meio ambiente, seja pela acumulação de R.S.U. ou pelo esgotamento das fontes de recursos naturais, o “modelo moderno de gestão tem como

pilares de sustentação a minimização de resíduo, o reaproveitamento e a reciclagem” (PEREIRA NETO, 2002). Porém, paralelamente, deve-se promover a recuperação ambiental dos “lixões” (locais a céu aberto, onde os resíduos são apenas descarregados, não recebendo qualquer tratamento), identificando alternativas por meio de um eficiente planejamento ambiental.

Para SIRKIS (1999), um aterro sanitário bem instalado e operado, precedido por usinas de reciclagem destinadas a reduzir o volume de resíduos a ser enterrado, ainda é a melhor solução para a grande maioria dos municípios brasileiros. Assim, para amenizar a questão dos R.S.U. produzidos pela população, são necessárias providências visando mudanças de comportamentos, diretamente dependentes e relacionadas aos fatores educacionais, socioculturais e institucionais. Para esse fim, a educação ambiental deve ser bem trabalhada nas comunidades, de tal forma a promover uma revisão dos hábitos de consumo e descarte.

Diante desta realidade, em diversos países e também no Brasil, os problemas relativos às questões ambientais estão sendo abordados pelo estabelecimento de normas e padrões por meio das agências governamentais de regulamentação. Deve-se considerar, ainda, que a partir de uma nova perspectiva industrial e visão ecológica, a proposição de soluções viáveis para questões ambientais existentes e potenciais, tornam-se uma incumbência dos engenheiros e profissionais ligados à recuperação. Assim, existindo a possibilidade dentro dessa realidade, deve-se considerar os aspectos sócio-econômicos e os ambientais: trata-se de conservação e recuperação ambiental. No município de Viçosa, MG, emerge essa consciência.

#### 4.4.2.3. O lixo no Brasil

Em diversas cidades, os lixões vêm sendo substituídos por aterros sanitários, implantados de acordo com técnicas que reduzam seus impactos ambientais. Além dos aterros, existem outras alternativas para a destinação final dos R.S.U., tais como a incineração e o reprocessamento (compostagem, seleção e reciclagem). O Quadro 31 mostra a destinação do R.S.U. coletado e tratado no Brasil, na cidade de São Paulo (SP), nos Estados Unidos (EUA) e no Japão.

QUADRO 31 - Destinação dos R.S.U. coletado e tratado no Brasil, na cidade de São Paulo (SP), nos Estados Unidos (EUA) e no Japão

<b>Destinação</b>	<b>Brasil</b>	<b>Cidade de SP</b>	<b>EUA</b>	<b>Japão</b>
Aterros sanitários	96%	87%	73%	16%
Incineração	0,5%	1,5%	14%	34%
Reciclagem	0,5%	0,1%	12%	50%
Compostagem	3%	11,4%	1%	-

Fonte: IBGE, censo de 1996.

Os dados incluem apenas os resíduos submetidos a algum tipo de tratamento: ou seja, apenas 11,8% das 115 mil toneladas produzidas diariamente no Brasil (atualmente são 125 mil). O restante, ou seja, 88,2 %, são destinados aos lixões, encostas, terrenos baldios, cursos de água, entre outros. Das dezoito mil toneladas produzidas diariamente na cidade de São Paulo, aproximadamente 31% não recebem destino satisfatório (IKEDA, 2002).

Apesar da situação atual ainda não ser a desejável, de acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB 2000, realizada pelo IBGE, revelou uma melhoria na destinação das 125.281 toneladas de R.S.U., nesse ano: a) 47,1% eram destinados a aterros sanitários; b) 22,3% a aterros controlados; e c) apenas 30,5% em lixões. Dessa forma, aproximadamente 69% de todo o R.S.U. coletado no Brasil, estaria recebendo uma destinação adequada, em aterros sanitários e, ou, controlados. Há que se considerar, entretanto, que o mesmo não acontece nos municípios: 63,6% destinavam os R.S.U. para lixões e apenas 32,2% para aterros adequados (13,8% sanitários e 18,4% aterros controlados). Considerando que, em 1989, a PNSB apontava um percentual de apenas 10,7% dos municípios que destinavam seus resíduos de forma adequada, houve um significativo avanço (IBGE/PNSB, 2003a).

#### **4.4.2.3.1. O lixo no município de Viçosa, MG**

Apesar da cidade de Viçosa ser uma referência nacional na área de ensino, com importantes áreas de pesquisa recebendo destaque nacional, a questão do gerenciamento dos resíduos sólidos da cidade é incipiente. Algumas soluções para o equacionamento deste problema são feitas de maneira pontual por alguns setores da sociedade organizada, prefeitura e universidade.

Segundo estimativas da Prefeitura Municipal de Viçosa, o município gera, por dia, uma média de 32 toneladas de lixo urbano, sendo que 92% dos domicílios da cidade contam com coleta diária dos R.S.U., que eram encaminhados, até recentemente, para o lixão da cidade. Com base em um levantamento da composição gravimétrica destes resíduos, realizada pelo Laboratório de Engenharia Sanitária e Ambiental do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa (LESA/DEC/UFV), aproximadamente 25% é composto por material seco que poderia ser aproveitado para reciclagem.

Do ponto de vista metodológico, a cidade de Viçosa apresenta uma característica ímpar em relação à disposição e tratamento dos R.S.U.. A Prefeitura, por meio de financiamento da Secretaria de Desenvolvimento Urbano (SEDU) do Governo Federal, em setembro de 2002 implantou um aterro sanitário na cidade, com todas as características ambientais exigidas pela FEAM - Fundação Estadual de Meio Ambiente. A Universidade Federal de Viçosa dispõe de uma Usina de Reciclagem dos resíduos inertes de valor econômico, que se encontrava desativada. Por meio de convênio entre a Universidade e a Prefeitura Municipal de Viçosa, esta usina foi cedida em sistema de comodato à Prefeitura para a sua administração e operacionalização, no início de 2001.

A Prefeitura conta com o apoio do LESA, para o treinamento e capacitação dos servidores públicos e dos catadores de materiais recicláveis de rua e do lixão, atualmente trabalhando na Usina, organizados por meio da Associação dos Catadores de Materiais Recicláveis de Viçosa (ACAMAR). Conta ainda com o apoio do Departamento de Economia Doméstica (DED/UFV) no suporte para a implantação e execução de políticas públicas relacionadas à educação ambiental.

Apesar da situação especial acima descrita - parceria firmada entre UFV, PMV e ACAMAR - ainda observam-se falhas no sistema de triagem e compostagem dos resíduos, como o fato do sistema de compostagem ainda não está implementado em decorrência da ausência de impermeabilização do pátio e falta de tratamento de líquidos percolados (chorume - resultante da natural degradação anaeróbia da matéria orgânica, que reúne líquidos altamente poluentes, de acordo com PEREIRA NETO, (2002)).

A transformação de substâncias biodegradáveis (como a fração orgânica do lixo urbano) em composto constitui um processo de reciclagem. A compostagem por aeração forçada apresenta uma flexibilidade sem horizontes, e quando desenvolvida com competência, torna-se um mecanismo que salvaguarda a saúde pública, devido ao tratamento de resíduos contaminados. Além disso, possui a propriedade de ser um processo de tratamento biológico de destinação final, preservando a qualidade ambiental, e sendo, sem dúvida, o processo mais econômico. O tratamento do lixo urbano pela compostagem é o sistema que mais se adequou aos anseios ecológicos, ambientais, sanitários, econômicos e sociais, uma vez que recicla, trata e devolve aos ecossistemas os produtos naturais que lhe foram extraídos. Além desses aspectos, gera divisas e progresso para a região, proporcionando ainda o desenvolvimento de uma política agrícola e de recuperação de baixo custo (BERDAGUE et al., 2002).

#### **4.4.2.3.2. A Usina de reciclagem de Viçosa: aspectos econômicos, sociais e legais**

Serão feitas considerações sobre o caso de Viçosa, cabendo considerar que estas análises, em seus aspectos econômicos, sociais e legais, enquadram-se para qualquer município brasileiro.

##### **4.4.2.3.2.1. Aspectos Econômicos**

A reciclagem de material usado é uma atividade econômica em franca expansão em todo o mundo. No Brasil, contam-se experiências inovadoras, tais como as bolsas de resíduos em São Paulo (FIESP), Rio de Janeiro (FEEMA), Rio Grande do Sul e Bahia.

Segundo dados do Conselho de Desenvolvimento Industrial (CDI), órgão subordinado ao Ministério da Indústria e do Comércio, o mercado de reciclagem movimentava 2,5 bilhões de dólares anualmente - aproximadamente o valor da produção cafeeira do Brasil em 1994. A reciclagem do material orgânico do lixo urbano (que constitui, em média, 60% do volume total), além dos benefícios sanitários e ambientais, tem forte conotação econômica, uma vez que

absorve mão-de-obra, gera recursos pela venda do produto e propicia o desenvolvimento de uma agricultura de baixo custo (BERDAGUE et al., 2002).

A Prefeitura Municipal de Viçosa recolhe todos os dias cerca de 32 toneladas de lixo na zona urbana. Deste total, um terço é levado para a Usina, correspondendo a aproximadamente 11 toneladas. O total separado e o valor obtido com sua venda estão em crescente evolução, como pode ser observado no Quadro 32, demonstrando o potencial positivo do empreendimento. Dois fatores são determinantes para o sucesso das vendas: a) o aperfeiçoamento do processo de triagem (familiarização dos operários com o processo); e b) e a implantação gradativa da coleta seletiva. Ambos aumentam não apenas a quantidade de material aproveitado, mas também a sua qualidade, tornando-o mais atrativo aos compradores.

QUADRO 32 - Total global das vendas de material reciclável da Usina de reciclagem de Viçosa, MG

Mês	Quantidade (Kg)	Valor arrecadado (R\$)
Janeiro/2002	23.427,06	2.057,00
Março/2002	31.716,00	3.886,10
Abril/2002	36.310,16	5.743,20
Junho/2002	53.902,00	7.865,25
Outubro/2003	68.345,00	9.988,48

Fonte: dados da pesquisa e BERDAGUE et al., 2002.

#### 4.4.2.3.2.2. Aspectos Sociais

Com a desativação do antigo lixão, teve origem um grave problema social: o desemprego dos antigos “catadores”. A solução encontrada foi sua recolocação no mercado de trabalho, por meio da absorção no quadro de funcionários da Usina de Reciclagem, que em contrapartida auxiliou a Prefeitura na sua ativação. Estes, não foram admitidos como funcionários da Prefeitura, mas sim, com o apoio da Secretaria de Ação Social, formaram a Associação de Catadores de Materiais Recicláveis (ACAMAR), e por meio de um convênio, tornaram-se responsáveis pelo processo produtivo da Usina. Com a conquista do espaço, veio, também, a formação da sua identidade, favorecida pela realização de cursos permanentes de capacitação e formação profissional, que desenvolveram nos associados noções básicas de administração, contabilidade, prestação de contas, meio ambiente, saúde e segurança no trabalho (BERDAGUE et al., 2002).

Além da valorização profissional, a história da ACAMAR é marcada pelo resgate do sonho de qualidade de vida e pela reintegração social. Hoje, os catadores têm renda mensal em torno de R\$ 300,00, enquanto no lixão era apenas R\$90,00; com uma vantagem adicional: houve redução da carga horária trabalhada. Além das vantagens conquistadas pelos catadores, a população do município também está sendo beneficiada devido: a) à agregação de valor aos resíduos, possibilitando maior entrada de capital no município; b) à redução de resíduos em locais inadequados, evitando riscos de poluição e acidentes; e c) ao aumento da vida útil do aterro sanitário (*ibidem*).

A reciclagem tem propiciado uma maior conscientização da comunidade, em face do trabalho de educação ambiental que vem sendo realizado procurando evidenciar os problemas advindos da disposição inadequada dos resíduos, principalmente referente à limpeza das residências e locais públicos, e ao desperdício dos recursos naturais. Em longo prazo, contribui para a alteração na escala de valores produzidos pela sociedade de consumo, na medida em que fica evidenciado o desequilíbrio ecológico. Incentiva a cidadania, a exemplo da coleta seletiva, onde o cidadão, independentemente de faixa etária e classe social, conscientiza-se da sua importante contribuição no processo de conservação ambiental (*ibidem*).

Dentre os futuros benefícios sociais, destacam-se os advindos da prática do uso do composto orgânico na agricultura. Seu uso poderá gerar maior flexibilidade para a aplicação de uma política agrícola mais natural, como incentivos ao plantio de hortas comunitárias, que propiciarão a produção de alimentos de baixo custo e saudável.

Na Figura 16 é apresentado o sociograma com os principais atores sociais envolvidos com a Usina de Reciclagem de Viçosa. Utiliza-se a ferramenta “sociograma” para explorar as conexões entre os diversos atores sociais e outros componentes da questão, permitindo a visualização de sua amplitude e complexidade (NARDELLI e GRIFFITH, 2000).

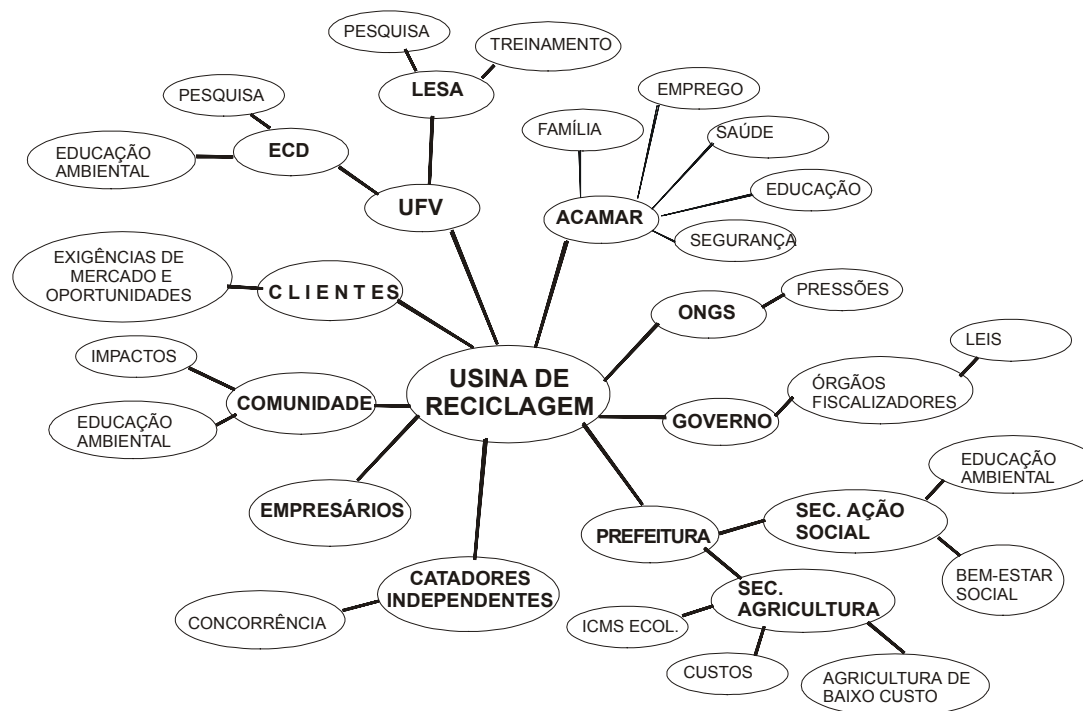


FIGURA 16 - Sociograma da Usina de Reciclagem de Viçosa. Fonte: BERDAGUE et al., 2002.

#### 4.4.2.3.2.3. Aspectos Legais

A legislação, em nível federal, sobre resíduos sólidos urbanos, tanto nas considerações gerais e, em particular, sobre sua reciclagem, é bastante escassa. O tratamento

e a disposição adequados dos R.S.U., entretanto, é condição para a manutenção do meio ambiente ecologicamente equilibrado, a qualidade de vida e a saúde da população: razão pela qual, na legislação ambiental, encontram-se as linhas mestras que devem nortear o administrador público nessa questão (BERDAGUE et al., 2002).

A Constituição Federal, por exemplo, determina a competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios para proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas (art. 23, inciso VI, da Constituição Federal). É relevante, ainda, destacar o art. 225 da Carta Magna, segundo o qual “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. No mesmo artigo, insere-se o § 3º, segundo o qual “as condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados” (*ibidem*).

Referente à legislação infra-constitucional, pode-se mencionar a Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, a qual determina a obrigatoriedade de licenciamento ambiental junto a órgão estadual (FEAM) para a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, bem como os capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental. Da Lei n. 9.605/98, que “dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências”, é relevante mencionar os artigos 54, 60 e 68, nos quais são tipificadas como crime as seguintes condutas:

Art. 54. Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora:

Pena: reclusão, de um ano a quatro anos, e multa.

§ 2º Se o crime:

V - ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos:

Pena: reclusão, de um a cinco anos.

Art. 60. Construir, reformar, ampliar, instalar ou fazer funcionar, em qualquer parte do território nacional, estabelecimentos, obras ou serviços potencialmente poluidores, sem licença ou autorização dos órgãos competentes, ou contrariando as normas legais e regulamentares pertinentes:

Pena: reclusão, de um a quatro anos, e multa.

Art. 68. Deixar, aquele que tiver o dever legal ou contratual de fazê-lo, de cumprir obrigação de relevante interesse ambiental:

Pena: detenção, de um a três anos, e multa.

Especificamente em relação à reciclagem, começam a aparecer, ainda que timidamente, normas de caráter nacional para determinados tipos de resíduos, tais como: agrotóxicos, pneus, pilhas e baterias.

Relativamente a agrotóxicos, vale citar a Lei n. 9.974/00, a qual, por sua vez, alterou a Lei n. 7.802/89. As principais alterações introduzidas por essa são:

- Obrigação da devolução pelos usuários das embalagens de agrotóxicos vazias; e
- Responsabilização das empresas produtoras e comercializadoras de agrotóxicos quanto à destinação das embalagens vazias, dos produtos apreendidos pela ação fiscalizatória, bem como dos produtos impróprios para utilização ou em desuso, com vistas à sua reutilização, reciclagem ou inutilização.

Quanto aos pneus, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) aprovou, em 26 de agosto de 1999, a Resolução n. 258, segundo a qual, “as empresas fabricantes e as importadoras de pneumáticos ficam obrigadas a coletar e dar destinação final, ambientalmente adequada, aos pneus inservíveis existentes no território nacional, na proporção definida nesta Resolução relativamente às quantidades fabricadas e, ou, importadas”. Assim, pelo disposto na Resolução 258/99 do CONAMA, a partir de 1º de janeiro de 2002, para cada quatro pneus novos fabricados no País ou pneus importados, inclusive aqueles que acompanham os veículos importados, as empresas fabricantes e as importadoras devem dar destinação final a um pneu inservível. A proporção cresce até 2005, quando:

- Para cada quatro pneus novos ou fabricados no País ou pneus novos importados, inclusive aqueles que acompanham os veículos importados, as empresas fabricantes e as importadoras devem dar destinação final a cinco pneus inservíveis;
- Para cada três pneus reformados importados, de qualquer tipo, as empresas importadoras devem dar destinação final a quatro pneus inservíveis.

Essas normas devem ser revistas, conforme determina a própria Resolução 258/99 do CONAMA, no quinto ano de sua vigência.

Em relação a pilhas e baterias, vigora a Resolução n. 257/99, do CONAMA. De acordo com essa Resolução, “as pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, necessárias ao funcionamento de quaisquer tipos de aparelhos, veículos ou sistemas, móveis ou fixos, bem como os produtos eletroeletrônicos que as contenham integradas em sua estrutura de forma não substituível, após seu esgotamento energético, serão entregues pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada pelas respectivas indústrias, para repasse aos fabricantes ou importadores, para que estes adotem, diretamente ou por meio de terceiros, os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada”.

A competência para o tratamento dos R.S.U. é tipicamente municipal. Entretanto, a abordagem moderna desta questão exige muito mais que a implantação de um eficiente sistema de coleta, tratamento e disposição do lixo. É preciso incentivar a redução da geração e o aumento do seu aproveitamento, que requer o estabelecimento de mecanismos que



extrapolam as competências municipais e estaduais, por exemplo, a atribuição de responsabilidades aos fabricantes pelo ciclo total do produto, incluindo a obrigação de recolhimento após o uso pelo consumidor, ou tributação diferenciada por tipo de produto (BERDAGUE et al., 2002).

Cabe ressaltar, a esse respeito, que tramitam na Câmara dos Deputados diversas proposições que tratam do tema resíduos sólidos, as quais estão apenas ao Projeto de Lei (PL) 203/91. Algumas dessas proposições são de caráter mais geral, propondo uma política nacional de resíduos, e outras mais específicas, versando sobre resíduos de serviços de saúde, pneus, pilhas e baterias, lâmpadas, incentivos à reciclagem etc. Para a análise do PL 203/91 e seus apensos, foi constituída, na Câmara dos Deputados, uma Comissão Especial (*ibidem*).

Quanto aos resíduos radioativos, foi aprovado na Câmara dos Deputados um Substitutivo ao PL 189/91, do Senado Federal, pelo qual todo o controle por esses rejeitos é atribuído à Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN. A proposição encontra-se agora no Senado Federal.

#### **4.4.2.4. Recuperação de áreas degradadas por “lixões”**

Segundo IKEDA (2002), atualmente a busca de solução aos problemas causados pelos resíduos sólidos, fizeram com que os pesquisadores traçassem linhas para a sua gestão. A opção deve ser a redução da quantidade de resíduos gerados, a reciclagem, o tratamento e, finalmente, a disposição em aterros sanitários. Entretanto, para PEREIRA NETO (2002), os fatores que vêm dificultando o equacionamento deste problema no Brasil, constitui-se basicamente pela falta de: “a) uma política específica para o saneamento de lixo; b) recursos financeiros; e c) tecnologia apropriada e mão-de-obra qualificada”.

Das formas de disposição dos resíduos sólidos, os aterros comuns são os que mais impactos geram ao meio ambiente. Por esse motivo, os locais onde o resíduo domiciliar tem sido disposto sem cuidados sanitários e ambientais, devem ser, quando possível, transformados em aterros sanitários. Estes, atualmente, são considerados uma prática que atende a maioria das exigências técnicas e ambientais, para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos (R.S.U.). Por outro lado, não sendo possível essa opção, os aterros comuns devem ser fechados e não mais receber resíduos. Além disso, deverão ser tratados de maneira a minimizar os impactos sanitários e ambientais.

Optando-se pelo fechamento dos aterros comuns, deverão ser definidas as ações necessárias para o término da operação e a recuperação do local. Torna-se necessário estabelecer uma lista de prioridades, definindo-se ações eficientes (menores impactos, custos e prazos; e maiores benefícios), sem, contudo inviabilizar a disposição do lixo no município, no curto prazo. Dentre as diversas possibilidades, duas prioridades devem ser consideradas:

- Estudo de alternativas de novos locais de disposição - deve ser considerada a localização do empreendimento. A inexistência de habitações nas suas imediações reduz as chances

de que as atividades desenvolvidas na usina de reciclagem/aterro sanitário causem transtornos; e

- Estudo sobre o remanejamento dos catadores que moram e trabalham na periferia do lixão, com a finalidade de equacionar o problema social criado com a desativação do lixão (BERDAGUE et al., 2002).

O objetivo da recuperação de uma área de lixão a ser desativada, é transformar a massa de lixo em um corpo projetado, sanitária e ambientalmente seguro, cessando dessa forma os riscos à saúde e ao meio ambiente. Dessa forma, a proposta é a inertização da massa de lixo, por meio do processo de mineralização. Algumas ações mitigadoras são necessárias para o fechamento de um lixão, tais como (FEAM, 1995): a) movimentação e conformação da massa de lixo; b) eliminação de fogo e fumaça; c) delimitação da área; d) limpeza da área diretamente afetada; e) drenagem das águas superficiais; f) drenagem de gases e chorume da massa de lixo; g) coleta e tratamento de gases e chorume; h) cuidados para evitar contaminação do lençol freático ou minimizá-la; e i) arborização no entorno da área.

No projeto de fechamento e recuperação deve ser prevista a destinação da área, pois dela dependerá a correta escolha da cobertura definitiva. Deve ser projetada e executada de maneira a atender os seguintes requisitos: a) isolar o lixo do meio ambiente; b) impedir infiltração da água de chuva (reduzir o volume de chorume); e c) impedir a saída não-controlada dos gases (FEAM, 1995).

A escolha entre as diversas concepções de recuperação consiste na definição a) do tempo necessário para o término da geração de gases e líquidos percolados poluentes; b) do término da movimentação da massa; e c) do início da utilização destinada ao local remediado. São três as principais concepções para a decomposição da matéria orgânica em aterros sanitários (IPT, 1995):

- Concepção anaeróbia tradicional - essa é a opção de menor custo, porém a mais demorada para decomposição da matéria orgânica. Conseqüentemente, exige maior tempo de monitoramento para poder considerar o local como estabilizado. O lixo é aterrado em células que devem ser providas de sistemas operacionais de drenagem de gases e chorume, com sistemas de proteção e tratamento devidamente projetados;
- Concepção semi-aeróbia - essa condição exige que as células de lixo tenham, obrigatoriamente, sistema de drenagem de gases e chorume, que também têm a função de condutores de ar para a célula de lixo. Dessa maneira, a digestão se dá em condição aeróbia, sendo considerada "semi-aeróbia" em função da eficiência do processo. A condição ideal seria insuflar ar, por meio de bombeamento, o que exigiria instalações e sistemas que encareceriam os processos, tornando-o de digestão aeróbia; e
- Concepção biológica ou biorremediação - a decomposição da matéria orgânica ocorre de forma mais acelerada, por meio da aplicação de microrganismos específicos desenvolvidos em reatores, que transformam a fração orgânica sólida em líquidos e gases. Esta concepção possibilita a reabertura das células de lixo, segregação e destinação final dos resíduos (inertes), com tratamento final dos líquidos resultantes e queima dos gases ao

longo do processo. Nesse caso, o tempo para recuperação da área é menor do que a alternativa anaeróbia tradicional; porém, com maiores custos.

A decomposição da matéria orgânica se dá via formação de numerosos produtos intermediários, por meio de quatro fases distintas:

- Hidrólise: nesta fase ocorrem reações enzimáticas extracelulares. As enzimas hidrolíticas lipase, proteases, celulasas e amilases degradam as moléculas complexas em unidades mais simples. Por exemplo, as proteínas se degradam a aminoácidos, os carboidratos em açúcares solúveis, os lipídios em ácidos graxos e glicerina. Durante a hidrólise, os microorganismos que participam do processo despendem mais energia do que conseguem ganhar; entretanto, aumentam a disponibilidade energética do meio em função das alterações sofridas pela matéria orgânica e da fonte de energia a ser utilizada nas reações subseqüentes (LETTINGA e HULSSHOF, 1993).
- Acidogênese: segundo HAANDEL e LETTINGA (1994), os compostos gerados na fase de hidrólise são absorvidos pelas células bacterianas fermentativas e, por meio da acidogênese, convertidos em ácidos orgânicos voláteis, álcoois, ácido láctico e compostos minerais.
- Acetogênese: degradação dos ácidos orgânicos voláteis pelas bactérias acetogênicas produtoras de  $H_2$ , onde o oxigênio praticamente acaba, a temperatura diminui e a produção de  $CO_2$  aumenta (LIMA, 1995).
- Metanogênese: as bactérias metanogênicas (em geral do gênero *Methanobacterium*) são anaeróbias estritas, com a capacidade de utilizar substratos muito específicos para o crescimento. Obtem energia a partir de duas reações principais: redução do  $CO_2$  pela adição de  $H_2$  para formar  $CO$  e  $H_2O$ , que a partir da quebra do  $CH_3COOH$  formam o metano e o dióxido de carbono (LIMA, 1995).

Considerando que a biorremediação depende de vários organismos que em equilíbrio participam da conversão dos substratos em produtos finais, é necessária a implementação de algumas medidas de remediação para seu bom funcionamento (LIMA, 1995):

- Controle de fatores físico-químicos influentes no processo;
- Inoculação e partida dos reatores;
- Lixiviação bacteriana acetogênicas; e
- Lixiviação bacteriana metanogênicas.

De acordo com Von SPERLING (1996), os tratamentos biológicos mais utilizados para o tratamento de percolados em aterros sanitários são: a) lagoas de estabilização anaeróbias, (facultativas e de maturação); b) lodos ativados; e c) filtro biológico.

O Quadro 33 identifica algumas medidas compensatórias ao impacto ambiental gerado pela adição de resíduos orgânicos no solo.

QUADRO 33 - Resíduos urbanos e agroindustriais e medidas compensatórias

Resíduo	Medidas Compensatórias
• Vinhaça	Tratamento prévio do resíduo; diminuição da DBO; utilizar sistema de irrigação que provoque o mínimo de erosão no solo; utilizar doses adequadas para os diferentes resíduos de vinhaça.
• Lodo de curtume	Monitorar o pH do solo em função do poder de neutralização do resíduo; monitorar a concentração de cromo, sulfatos e outros metais pesados no solo, na planta e água.
• Lodo de estação de tratamento de esgoto (ETE) de pólos petroquímicos	Criar condições que favoreçam a atividade degradadora da microbiota; monitorar a presença de metais e compostos orgânicos no solo, planta e água.
• Lodo de ETE	Monitorar as populações de patógenos no solo, na planta e nos aquíferos subterrâneos; monitorar a concentração de metais pesados e a presença de policlorados.
• Composto de lixo	Realizar coleta seletiva de lixo; monitorar a temperatura e aeração durante a compostagem; monitorar a presença de metais pesados e de patógenos, utilizando bioindicadores.
• Estercos ou estrumes	Compostar estercos frescos; diminuir as perdas gasosas de amônia, a presença de insetos e de odores desagradáveis.
• Farinhas e resíduos frigoríficos	Diminuir a perda de nitrogênio amoniacal e nítrico; realizar compostagem.
• Tortas vegetais	Fragmentação do material utilizando picadores ou moinho.

Fonte: dados compilados em MALAVOLTA (1976) e MATOS (2002).

Para MELO e SCHNEIDER (2000), a recuperação ambiental de lixões e aterros sanitários, consiste em um conjunto de ações a serem tomadas, planejadas e executadas de forma a conferir ao local condição satisfatória de segurança, sanitária e de controle ambiental. Também, de acordo com esses mesmos autores, visa o restabelecimento paisagístico, semelhante ao anteriormente existente, em um sistema que perdeu as características originais. No município de Passo Fundo, RS, existia um aterro controlado (não dispõe de sistema de impermeabilização de base e laterais, permitindo, dessa forma, a translocação de substâncias líquidas produzidas para o ambiente) que posteriormente foi substituído por um aterro sanitário. Em sua avaliação da condição atual dessa área, coletaram amostras de solo abaixo da camada de resíduos por meio de furos de sondagem e fizeram avaliação da vegetação existente de forma qualitativa, por um período de um ano. Verificaram a presença de vegetação herbácea, predominantemente da família Compositae. Com relação às propriedades químicas do solo, verificaram alterações nos valores de potássio, manganês, zinco e cobre. Observaram a ausência de odores, a redução da geração de gases, bem como o desenvolvimento da vegetação, podendo ser considerados como indicativos de que a área pode ser recuperada, transformando-se em futuro parque a ser integrado à paisagem local.

#### 4.4.2.5. Considerações finais

Em face do aumento da produção industrial, dos hábitos de consumo e da geração de resíduos, afloram importantes questões referentes à sua destinação final. São várias as respostas e dependem das características de cada situação. Uma das formas de se tentar

reduzir a quantidade de lixo gerada é combatendo o desperdício. Desta forma, a reutilização de certos produtos após o seu uso original contribuirá para a sua redução. Neste contexto, as usinas de reciclagem surgem como uma solução para a destinação dos resíduos sólidos urbanos, gerando não só o bem-estar social, mas também, empregos, receitas e melhoria da qualidade de vida para toda a comunidade.

A administração da usina de reciclagem do município de Viçosa, desempenhada pela Prefeitura Municipal nas figuras da Secretaria de Agricultura e de Ação Social, tem fundamental importância em sua gestão, necessitando convergir seus objetivos de forma a gerir a Usina de maneira mais profissional. Para que possam atingir um profissionalismo desejável, é necessária uma divisão de funções de forma a evitar sobrecargas. Deve-se alertar para o aumento da receita que o município terá com o ICMS ecológico (23 UFIR/habitante/ano), revertido com o licenciamento da Usina. Esta receita poderá ser revertida para outros setores, como o de saúde, levando a uma melhoria de vida da população mais carente e que vive ainda em situação precária. Em longo prazo, os custos ora pagos pela Prefeitura para operação da Usina terão um retorno maior, uma vez que os custos relativos aos gastos com a saúde serão reduzidos pelos investimentos feitos nessa área, passando a atuar de forma preventiva. Cabe considerar que resolver adequadamente a disposição final dos resíduos sólidos de uma cidade é fundamental para a questão do meio ambiente, do saneamento e da saúde pública, além de passo importante para a modernização das formas de gerenciamento dos serviços de limpeza urbana.

#### **4.4.2.5. Recomendações**

Para minimizar eventuais falhas operacionais e gerenciais, pode-se utilizar as normas da ISO, em especial as da série ISO 14001 voltadas para a gestão ambiental, incorporando a variável ambiental em seu planejamento estratégico.

A elaboração de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) para as empresas que atuam no setor de reciclagem e compostagem de lixo, bem como para os aterros sanitários, consiste em importante ferramenta para dirimir eventuais falhas operacionais e gerenciais, possibilitando que o empreendimento consiga as licenças ambientais pertinentes, operando de forma plena e reduzindo os riscos de impactos ambientais. O fato do município possuir uma usina de reciclagem, não o desobriga em dar uma destinação final aos resíduos sólidos - já que estes não são integralmente reciclados - sendo necessário que esforços sejam concentrados no sentido da construção de aterro sanitário, para dar fim a todos os resíduos produzidos no município (em outubro de 2003 a prefeitura recebeu o Certificado LP número 113, concedendo Licença Ambiental ao aterro sanitário de Viçosa, aprovada em reunião do Conselho Estadual de Política Ambiental em 26 de setembro de 2003).

O fechamento de um aterro comum e sua remediação deve estar baseado em estudos prévios, no qual se estabelecem as prioridades e defini-se ações eficientes. Ao mesmo tempo, não se deve inviabilizar a disposição do lixo, em curto prazo, no município. A utilização

futura prevista para a área remediada, deve estar vinculada ao monitoramento e a garantia da segurança sanitária, ambiental e de estabilidade do solo, adequados ao seu uso. O tempo de remediação depende das características em que se encontra o aterro comum, bem como na escolha adequada do tipo de concepção a ser adotada. Por sua vez, a escolha da metodologia deve levar em consideração questões econômicas, sociais, sanitárias e ambientais.

Finalmente, é importante reiterar que um projeto de aproveitamento de área degradada por “lixão”, não deve ser vista como um processo que proporcionará resposta imediata. É imprescindível encontrar nessas propostas, preocupações voltadas para o médio e longo prazo, construída com objetividade sobre os condicionantes culturais, históricos e sócio-econômicos de uma determinada comunidade.

A recuperação ambiental pela disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos merece atenção especial, em face às suas peculiaridades, sendo uma intervenção que ainda carece de maior conhecimento técnico. Mesmo após a recuperação, em alguns casos, considerando o grau de contaminação causado pela disposição dos resíduos, essas áreas deverão apresentar usos restritos, de forma a não comprometer o meio ambiente e apresentar riscos à saúde da população.

A proposta de reciclagem deve ser priorizada visando a geração de emprego e renda; o reaproveitamento dos materiais para outras indústrias; a utilização do material orgânico para a produção de composto; a economia de energia na produção de novos produtos; entre outros. Dessa forma, esses materiais se constituem em insumos para outras indústrias, caracterizando e seguindo os princípios exigidos pela “Ciência Generativa”, do “upsizing” e de “Emissões Zero”.

#### **4.4.3. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)**

##### **➤ Introdução: princípios, filosofia e objetivos**

Fazendo-se a análise do contexto político e das negociações internacionais de mudança climática, até hoje, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), realizada no Rio de Janeiro, em junho de 1992, caracteriza-se por ter sido a reunião mundial mais permeada pela informação científica e tecnológica: esteve assentada em grande volume de pesquisas e conclusões que determinavam as diretrizes. Uma de suas principais contribuições foi permitir que se percebesse que as questões ambientais estão não só intimamente ligadas, mas também permeiam todas as questões sócio-econômicas. Assim, dentre os exemplos que demonstram a evolução da temática ambiental após a Conferência do Rio, pode-se citar (SALATI, 1994; BERNARDES e FERREIRA, 2003; PULITANO, 2003):

- O conceito de desenvolvimento sustentável;
- A compreensão de que os países têm responsabilidades comuns, mas diferenciadas;

- A internalização dos custos ambientais (os principais modos de operacionalização, conhecidos como políticas de controle ambiental, são: a) negociação entre os agentes; b) imposição; c) taxação e d) mercado de licenças (BELLIA, 1996));
- O direito ao desenvolvimento;
- O direito dos países em desenvolvimento participarem dos benefícios auferidos por aqueles que exploram tecnologicamente recursos naturais (de diversidade biológica) obtidos nos países em desenvolvimento;
- O combate aos padrões insustentáveis de produção e consumo;
- A obrigação de transferência de tecnologia ambientalmente saudável para os países em desenvolvimento;
- Os compromissos firmes dos países desenvolvidos, incluídos em convenções internacionais, de reduzirem seus níveis de emissões de poluição e dos gases causadores do aquecimento da atmosfera e dos gases causadores da destruição da camada de ozônio; e
- Vinculação entre comércio e meio ambiente, que passou a ser objeto de tratamento por um Comitê para Comércio e Meio Ambiente.

A Conferência das Partes da Convenção sobre Mudança do Clima aprovou em dezembro de 1997 o Protocolo em Quioto, no Japão, que estabelece compromissos para os países industrializados signatários reduzirem em 5,2% as emissões de gases causadores do “efeito estufa” (aquecimento da temperatura terrestre) entre os anos de 2008 e 2012, tendo como base os níveis do ano de 1990. Existe o objetivo de alcançar até 2050 a meta de redução de 80% das emissões, em relação ao mesmo ano base. Os Estados Unidos lideram em volume de emissões, respondendo por 36,1% do total mundial, mas se negaram a proceder à ratificação. A Rússia responde por 17,4%, situando-se em segundo lugar, seguido do Japão, com 8,5%, e da Alemanha, com 7,4% (JOCKYMAN, 2004).

O Protocolo estabeleceu mecanismos de flexibilidade, permitindo aos 39 países industrializados, alternativas de cumprirem as exigências de redução de emissões, fora de seus territórios, comprando certificados resgate de gases de projetos em países em desenvolvimento, por meio de instrumentos como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL (Clean Development Mechanism - CDM). Ainda sem mercado estruturado, as negociações se realizam hoje tendo como principais investidores fundos criados em países como Alemanha, Dinamarca, Holanda, Inglaterra, Japão e em instituições financeiras internacionais, como o BIRD (*ibidem*).

O Brasil tem sido protagonista nessas negociações, sendo um dos dez integrantes do comitê executivo do MDL, um dos pilares do Protocolo de Quioto. O governo vem cumprindo as determinações da Convenção, que já foi ratificada, por exemplo, fazendo o inventário nacional, que deverá revelar a contribuição do desmatamento no Brasil para o aquecimento global (SALATI, 1994).

Há grande expectativa da Rússia anunciar a qualquer momento a decisão de seu governo de ratificar o Protocolo de Quioto na Conferência Mundial de Mudanças Climáticas.

Com a ratificação, será alcançado o número mínimo de países signatários responsáveis por 55% das emissões de gases causadores do “efeito estufa”, determinado para a entrada em vigor do Protocolo, num prazo de 90 dias. Então, serão criadas as regras básicas de formalização do mercado internacional dos chamados “papéis verdes” ou créditos certificados (JOCKYMAN, 2004).

O Banco Mundial responde pela maior parte das operações com três fundos destinados a investimentos em projetos de tecnologia limpa, que monitoram 300 empreendimentos nesta área, com valores médios entre US\$ 3 milhões e US\$ 15 milhões. O mais amplo é o Fundo Protótipo de Carbono (Prototype Carbon Fund - PCF), composto por recursos de 6 países e de 17 grandes empresas multinacionais. De acordo com Werner Kornexl, gerente destes fundos no Banco Mundial e especialista em desenvolvimento florestal e mudanças climáticas, o Brasil é um dos líderes em termos de oferta, com interesse crescente por parte dos empresários em investir, possui um mercado financeiro forte e há um desenvolvimento significativo de tecnologias limpas. O mercado mundial movimenta por ano, atualmente, cerca de US\$ 2 bilhões nas transações com estes papéis, havendo expectativa deste volume de negócios se elevar a US\$ 20 bilhões por ano a partir de 2008 (*ibidem*).

Projetos que atendam aos princípios do MDL teriam maior facilidade na captação de recursos para investimentos, agilizariam os procedimentos de recuperação ambiental, em face ao grande aporte de recursos financeiros necessários a esse tipo de empreendimento. Cerca de 30% do território nacional é constituído de terras impróprias para a agricultura, entretanto passíveis de serem utilizadas para produção florestal. De acordo com o RELATÓRIO...(1991), a utilização de metade dessa área, ou seja, 1,2 milhão de Km<sup>2</sup> em regime de manejo sustentável, poderá produzir cerca de 300 milhões de toneladas/ano de madeira, volume que é o dobro da produção prevista para 2010. Além disso, seria possível a recuperação de inúmeras áreas degradadas. Estima-se, que na Amazônia, mais da metade da área total desmatada, ou seja, mais de 200 mil Km<sup>2</sup>, encontra-se degradada. É plausível imaginar o reflorestamento de 10 mil Km<sup>2</sup> por ano em todo o Brasil durante os próximos 40 anos: a maior limitação é aquela de ordem financeira. Considerando essa possibilidade tornar-se uma realidade, no ano 2030, aproximadamente, até atingir o total da área reflorestada, o total de carbono acumulado seria da ordem de 2,5GtC. Após essa fase, a taxa de fixação seria de aproximadamente 0,1GtC/ano, absorvida até que as florestas atingissem a maturidade (entre 40 a 100 anos). Esse volume fixado de C corresponde a uma percentagem entre 25% e 50%, podendo inclusive, ultrapassar este valor, das atuais emissões brasileiras de carbono devido ao desmatamento na Amazônia.

Assim, verifica-se que o setor florestal brasileiro apresenta excelentes oportunidades de projetos para seqüestro de carbono. O clima tropical e a abundância de terras criam condições ideais para plantações silvícolas. Embora já rentáveis, seu desenvolvimento tem sido limitado por restrições de crédito e por falta de mecanismos de financiamento de longa duração (SIMÕES, 1994; SALATI, 1994). Outro aspecto importante a ser considerado refere-se a como chegar aos pequenos produtores e fazer com que estes tenham as mesmas oportunidades de financiamento de seus projetos, seja na área de educação, saúde, meio



ambiente, agropecuária ou plantações florestais. Dessa forma, os projetos para produção de commodities ambientais são soluções potenciais num momento de dificuldades de obtenção de crédito. O MDL pode preencher essa lacuna.

Cabe ressaltar a importância da incorporação da variável ambiental pelas agências e instituições financeiras internacionais de crédito, como o BIRD, o BID e o Fundo Monetário Internacional (FMI), em suas estratégias, seus programas e suas análises de risco técnico e financeiro. Podem influenciar, inclusive, as políticas nacionais de desenvolvimento, por meio de financiamentos a projetos e pesquisas, bem como pela pressão para que adotem normas compatíveis com a noção de desenvolvimento sustentável. Dessa forma, tanto o risco ambiental quanto o desenvolvimento de tecnologias de desenvolvimento limpas passaram a ser elementos decisivos na concessão de créditos e financiamentos. Cabe ressaltar, que nos países em desenvolvimento, os interesses de grupos internos aos estados nacionais parecem prevalecer sobre as idéias dessas instituições, no processo de formulação e execução de políticas públicas (GAZETA MERCANTIL, 1996; PORTER e BROWN, 1996).

A Valourec & Mannesmann Tubes - V&M do Brasil, de Minas Gerais, assinou em fevereiro de 2003 o maior contrato de venda de créditos de carbono no mundo por meio do International Finance Corporation (IFC), braço financeiro do BIRD, para o governo holandês e para a empresa japonesa Toyota Tsusho Corporation. A Holanda adquiriu por 15 milhões de euros (aproximadamente US\$ 16 milhões) créditos de cerca de 5 milhões toneladas equivalentes de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que deixaram de ser lançados na atmosfera, proporcionado pelo projeto da empresa, que usa carvão vegetal no processo siderúrgico, em substituição ao carvão mineral. A Toyota pagou aproximadamente US\$ 1,2 milhão por 400 mil toneladas de CO<sub>2</sub>eq. (JOCKYMAN, 2004).

Há estimativa do projeto da siderúrgica vir a evitar nos próximos 21 anos a emissão de aproximadamente 21,3 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>eq na atmosfera, sendo 17,3 milhões com a substituição do coque pelo carvão vegetal no processo siderúrgico e 4 milhões com a captura de gás metano em atividades de carbonização, com o uso de tecnologias em desenvolvimento pela companhia. Por outro lado, terá de investir US\$ 50 milhões em reflorestamento no mesmo período para garantir o suprimento de matéria-prima vegetal. De acordo com Marco Antônio Castello Branco, presidente da V&M do Brasil, “o certificado de carbono vai estimular empresas a manterem programas de energia renovável, garantindo a sustentabilidade econômica do empreendimento” (*ibidem*).

A EcoSecurities, maior empresa do mundo especializada em negócios com certificados de carbono, com sede em Londres, estruturou o projeto da V&M e alguns dos principais projetos brasileiros nesta área, a partir de 2001, detendo hoje 90% deste mercado com US\$ 37 milhões em contratos assinados. De acordo com Nuno Cunha e Silva, diretor da empresa no Brasil, com a securitização das operações os negócios passarão a dar lucro, somados a um aumento de 400% nos negócios do ano de 2002 para 2003 (*ibidem*).

Porém, como ocorreu no caso dos incentivos florestais, quando muitos produtores e empresas tomaram dinheiro subsidiado do Governo para plantar, entretanto, não plantou ou

simplesmente reduziu a área financiada pelo projeto, preocupa e pode afastar as instituições financeiras das concessões de crédito. Nestes casos, as regras e critérios para se protegerem dos especuladores estão sendo articuladas com o sistema de produção das “commodities” ambientais (diferenciam-se das demais “commodities” por serem produzidas ou extraídas de forma sustentável, em processos que não gerem externalidades negativas e nem comprometam o potencial de recuperação do ambiente, respeitando o equilíbrio dos ecossistemas em que estão inseridas) que são soluções potenciais num momento de dificuldades de obtenção de crédito (EI KHALILI, 2004).

Para a obtenção de financiamento, exige-se o cumprimento de determinados procedimentos. Os indicadores conferem um caráter classificatório, diferentemente dos critérios de elegibilidade, cujo caráter é eliminatório. Visam viabilizar a implantação do projeto, por meio de uma hierarquização. A avaliação dos indicadores é baseada em aspectos tanto qualitativos como quantitativos, em conformidade com as discussões específicas apresentadas em cada indicador. A pontuação deve ser estabelecida por meio do balanço entre os impactos positivos e negativos do projeto, em comparação com o cenário de referência e a hierarquização dos projetos é realizada ao se comparar os somatórios da pontuação de indicadores.

Observados todos os critérios e indicadores, outros passos devem ser seguidos para a implantação de um projeto de ação climática. O primeiro deles é realizar um Estudo de Viabilidade Econômica, para a obtenção de agentes que financiem o projeto, visando também os benefícios gerados pelas externalidades positivas.

Os CDMs ou MDLs (Mecanismos de Desenvolvimento Limpo) em síntese, são alternativas que implicam em assumir uma responsabilidade para reduzir as emissões de poluentes e promover o desenvolvimento sustentável. Trata-se de um mecanismo de investimentos, pelos quais países desenvolvidos podem estabelecer metas de redução de emissões e de aplicação de recursos financeiros em projetos como reflorestamentos e produção de energia limpa. As empresas, por exemplo, ao invés de utilizar combustíveis fósseis, que são altamente poluentes, passariam a utilizar energia produzida em condições sustentáveis, como é o caso da biomassa. Existe, enfim, uma gama enorme de projetos ambientais e operações de engenharia financeira que podem ser desenvolvidos no Brasil, proprietário das sete matrizes ambientais (água, energia, biodiversidade, madeira, minério, reciclagem e controle de emissão de poluentes - água, solo e ar) (EI KHALILI, 2004).

### **Estudo de caso 4.3.3. (9) Os sistemas agroflorestais (SAF's) e a recuperação ambiental como gerador de “externalidades” benéficas**

#### **4.4.3.1. Objetivos**

Este Estudo de Caso tem como objetivo apresentar discussões de diversos autores, empresas, entidades de pesquisa públicas e privadas, sobre SAF's e suas potencialidades

como prática de produção de matéria-prima, de seqüestro de carbono, de conservação e de recuperação sócio-ambiental. Objetiva também:

- Caracterizar os SAF's, sob diversas perspectivas e abordagens para o melhor entendimento destes sistemas alternativos de produção;
- Apontar algumas considerações sobre degradação ambiental, para que se possa reconhecer o enquadramento de SAF's dentro das práticas que conduzam à conservação e recuperação ambiental;
- Abordar problemas relacionados à agrofloresta, evidenciando questões sócio-econômicas e políticas envolvidas nesta prática;
- Demonstrar o potencial que os SAF's possuem para o fornecimento de matéria-prima, a fixação do homem ao campo, por meio da geração de emprego e renda, fundamentais à sustentabilidade;
- Vislumbrar os SAF's como ferramenta para obtenção de crédito para financiar projetos e pesquisas, por adotarem procedimentos compatíveis com os princípios de desenvolvimento sustentável; e
- Propor a implantação de SAF's em parceria com as empresas que adotam o fomento florestal como alternativa para captação de recursos em projetos de MDL, com vistas à aceleração de procedimentos de recuperação ambiental e possibilitar a parceria com produtores do modelo de produção familiar.

#### **4.4.3.2. Introdução**

O Brasil tem a maior floresta tropical do mundo, possui a maior diversidade vegetal do planeta e produz eucalipto como nenhum outro país. Entretanto, apesar dessa situação, não tem madeira suficiente para atender à sua demanda, correndo o risco de sofrer um "apagão florestal" - expressão atualmente usada para caracterizar o déficit de matéria-prima que poderá impor ao país a necessidade de importação, inclusive já em 2004. Nesse contexto, impõe-se a ampliação da área de plantio e, ou, o aumento de produtividade das florestas plantadas, cabendo considerar, contudo, que há uma percepção difusa por parte da sociedade no sentido de que as áreas disponíveis para o plantio devem ser priorizadas para a agricultura, visando a produção de alimentos.

Assim, renova-se o interesse pelos sistemas agroflorestais (SAF's), uma modalidade de uso da terra praticada em todas as partes do mundo desde tempos remotos. Os SAF's têm por objetivo aumentar a produtividade da terra e sua receita e, também, proporcionar o aumento da biodiversidade e da capacidade de suporte, fundamentais à sustentabilidade, favorecendo, assim, a recuperação ambiental. Dentro das atividades agropecuárias e florestais, os SAF's têm sido considerados como alternativas sustentáveis aos sistemas intensivos de produção agrícola. Nos SAF's as espécies utilizadas são aquelas de uso múltiplo, ou seja, as que fornecem diversos benefícios e serviços. Em termos de espécies florestais, o eucalipto se

destaca por já ter sido comprovado, apresentando grande potencial de crescimento nas mais diversas condições edafoclimáticas brasileiras.

Por isso, as grandes empresas florestais, têm estimulado programas de fomento florestal para aumentar o suprimento de matéria-prima e, mais recentemente, a adoção de SAF's nesses programas. Não obstante, os bons resultados em termos de produtividade e rentabilidade econômica, obtidas pela utilização de alguns tipos de SAF's no Brasil, faz-se necessário mais estudos desses sistemas, especialmente aqueles referentes aos fluxos de água e nutrientes no solo, sobre a qualidade do solo, bem como sobre a fixação de carbono.

Verificou-se que nas diversas condições ecológicas e sócio-econômicas, o desenvolvimento de sistemas estáveis de uso da terra, carece e demandam a integração de cultivos agrícolas, espécies florestais e criação animal, particularmente as pequenas propriedades da agricultura familiar. Por esse motivo, os SAF's apresentam um enorme potencial como fonte de soluções tecnológicas para os agricultores com essas características, como também em programas de fomento florestal, pois um dos principais problemas encontrados para a introdução de florestas nas pequenas propriedades rurais, é o fato de sua economia ser baseada na subsistência, sendo a necessidade de alimento maior que a de madeira (FAO, 1979).

Entretanto, as árvores e florestas podem contribuir, diretamente, na produção de alimentos, tais como frutos, sementes, folhas, flores e raízes, e indiretamente, melhorando a produção agrícola, como na conservação do solo e da água, no restabelecimento da ciclagem de nutrientes, na proteção contra ventos e excesso de luz e na produção de forragem para os animais, de lenha para a cocção de alimentos, de plantas medicinais e de matérias-primas, além de gerar emprego e renda (OGDEN, 1990). Para os produtores rurais, as funções sócio-econômicas das árvores são mais perceptíveis que as ecológicas, e consistem nos produtos e serviços oferecidos.

A obtenção de crédito, por meio de projetos de MDL, agilizaria esse processo, tendo como conseqüência o aumento da produção de madeira, o seqüestro de carbono, o aumento da renda dos produtores e viabilizariam projetos de recuperação sócio-ambiental. Fica evidente que para impedir e reverter processos de destruição que conduzem à degradação ambiental, implica a necessidade de descobrir soluções econômicas e práticas agropecuárias e florestais que garantam aos produtores rurais, particularmente aqueles do modelo familiar, técnicas inovadoras que melhorem suas condição de vida, preservando os remanescentes de florestas nativas e recuperando aqueles degradados que os circundam. A utilização de SAF's nas áreas consideradas de preservação poderá conciliar a produção de alimentos com a conservação dos recursos e manutenção da biodiversidade, além da recuperação ambiental como gerador de externalidades benéficas.

Existem citações sobre as vantagens de culturas intercalares durante a fase de estabelecimento dos plantios de eucalipto, já no início do século XX. Na década de 50, na Costa Rica, surgiram as primeiras tentativas oficiais de caracterizar e definir estas formas combinadas de produção (BOREL, 1997). No entanto, pesquisas efetivas iniciaram-se na

década de 60, com forte impulso na década de 80, como reflexo da política internacional para o desenvolvimento rural, na qual foi criado o conceito de florestas sociais (“community forest”), caracterizando-se como um instrumento para se alcançar uma agricultura sustentável por meio do seu uso múltiplo. Posteriormente, esse modelo auxilia na formação dos conceitos de “desenvolvimento sustentado” e, posteriormente, de “conservação da natureza” (IPEF, 1992b). A partir dessa época, centros de pesquisas, como os da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, e de ensino e pesquisa, como a Universidade Federal de Viçosa - UFV, começaram a desenvolver programas de SAF's para as diferentes condições ecológicas e sócio-econômicas existentes no Brasil (COUTO, 1990).

Sabe-se, atualmente, que a busca pelo desenvolvimento sustentável deve ser uma prioridade mundial. Entretanto, para alcançá-lo, algumas ações gerais que se subordinam à sustentabilidade devem ser observadas, tais como a) incrementar a produtividade, salvaguardando a capacidade inerente do solo por meio da manutenção da matéria orgânica, das rotações de culturas e da ciclagem de nutrientes; b) prevenir/minimizar a degradação ambiental, protegendo águas superficiais e subterrâneas ou eliminando o uso de agroquímicos; e c) assegurar a capacidade para sobreviver indefinidamente, minimizando as perdas de solo, reduzindo o uso de energia proveniente de combustível fóssil e mantendo a diversidade genética, a rentabilidade e a estrutura das comunidades (Harwood, 1990, *apud* SANDS e PODMORE, 1997).

Por essas questões, a Agenda 21 Brasileira considera fundamental que se promova a substituição progressiva dos sistemas agropecuários e florestais muito simplificados, como as monoculturas, por sistemas diversificados, sobretudo os rotacionais, que integrem a produção animal e vegetal. A extensão e a pesquisa têm estado voltadas, cada vez mais, para uma dupla preocupação: a) intensificação do uso do solo nas terras já ocupadas, sobretudo nas de pecuária; e b) desenvolvimento de fontes de geração de renda em sistemas baseados na conservação de recursos naturais, como nos SAF's (ENA, 2003).

A tendência agroecológica visualiza os sistemas produtivos como uma unidade fundamental de estudo, no qual os ciclos minerais, as transformações energéticas, os processos biológicos e as relações sócio-econômicas são investigados e analisados como um todo. Existe uma troca de conhecimentos entre técnicos e os agricultores, que são a fonte de conhecimento para os estudos em agroecologia, o que facilita a definição e a implementação deste novo modelo de desenvolvimento (ALTIERI, 1989). Nas modalidades de consórcios, como nos SAF's, carece ainda de combinações culturais que possibilitem conciliar tanto o aspecto bioecológico das culturas como os aspectos sócio-econômicos demandados pela maioria dos produtores (SILVA, 2000).

Considerando a necessidade: a) do aumento da produção de matéria-prima para atender à demanda das indústrias; b) de conservação dos remanescentes florestais e de produção de alimentos; c) de geração de emprego e de renda; d) de recuperar áreas degradadas; e e) de auxiliar na redução da concentração de dióxido de carbono da atmosfera, que é o gás de maior importância do ponto de vista do aquecimento global, medidas devem ser

tomadas. Entretanto, para WEID (1996) e ZAMBERLAM e FRONCHETI (2001), as atuais linhas de pesquisa são insuficientes e apresentam inadequado fluxo de recursos financeiros que suportem as demandas necessárias para o estudo mais aprofundado e o aperfeiçoamento de modelos alternativos de produção. Faltam pesquisas científicas necessárias à sua comprovação, dentro das propriedades e dirigidas para o estudo das interações bióticas e abióticas existentes dentro dos sistemas.

Nesse contexto, cabe ressaltar a importância da incorporação da variável ambiental pelas agências e instituições financeiras internacionais de crédito, como o Banco Mundial (BIRD), o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e o Fundo Monetário Internacional (FMI), em suas estratégias, seus programas e suas análises de risco técnico e financeiro. Podem influenciar, inclusive, as políticas nacionais de desenvolvimento, por meio de financiamentos a projetos e pesquisas, bem como pela pressão para que adotem normas compatíveis com a noção de desenvolvimento sustentável. Dessa forma, tanto o risco ambiental quanto o desenvolvimento de tecnologias de desenvolvimento limpas passaram a ser elementos decisivos na concessão de créditos e financiamentos (GAZETA MERCANTIL, 1996; PORTER e BROWN, 1996).

Considerando que o tempo e os recursos financeiros são escassos e que as medidas adotadas devem garantir o desenvolvimento sustentável, sugere-se a implantação de SAF's como meio para atingir esse objetivo. Propõe-se como alternativa para captação de recursos, a elaboração de projetos de MDL em parceria com as empresas que adotam o fomento florestal, sendo estas as responsáveis pela coordenação, garantindo a credibilidade necessária exigida pelas instituições financeiras, com vistas à aceleração destes procedimentos e a possibilidade de parceria com os produtores do modelo de produção familiar.

#### **4.4.3.3. Conceitos e definições**

Os SAF's são sistemas de manejo sustentado da terra que aumentam o seu rendimento, combinando a produção de plantas florestais com cultivos agrícolas e, ou, animais, simultaneamente ou consecutivamente, de forma deliberada, na mesma unidade de terreno, envolvendo práticas de manejo em consonância com os anseios da população local (MEDRADO, 2000). Para Viana (1991), *apud* ALMEIDA (2000), os SAF's podem ser entendidos como uma combinação integrada de árvores, arbustos, cultivos agrícolas e, ou, animais, com enfoque na produção e no sistema como um todo, e não apenas no produto.

O termo agrofloresta é um nome genérico utilizado para descrever sistemas de uso da terra onde espécies arbóreas são intencionalmente incorporadas dentro de uma mesma área, junto aos cultivos agrícolas ou à exploração animal, formando um arranjo espacial em uma seqüência temporal (FARRELL, 1984). WIERSUN (1981); NAIR (1983; 1990); e RAIN TREE (1983) partilhando da mesma idéia, definem SAF como o conjunto de práticas que intencionalmente retêm ou plantam árvores em terras usadas para a agricultura ou pastoreio,

de maneira simultânea ou seqüencial, para se obter benefícios das interações ecológicas e econômicas resultantes.

Alguns autores dividem os SAF's em categorias com base nas variáveis que os compõem. Tais categorias diferenciam-se em função de aspectos estruturais, funcionais, sócio-econômicos e ecológicos:

- Estruturalmente, é considerado (agricultura migratória ou rotação de espécies de gramíneas em sistemas silvipastoris);
- Funcionalmente, se a função do sistema é de produção, tais como a fruticultura, lenha e carvão, ou de serviço, tais como quebra-ventos, sombreamento e conservação de solo. Em geral as espécies compreendem múltiplos propósitos e as duas funções se apresentam concomitantemente em graus de variações;
- Economicamente, diferem-se em função das escalas de manejo e objetivos comerciais;
- Ecologicamente, as categorias de sistemas agroflorestais podem ser definidas em relação às regiões ecológicas (zonas ecológicas para as quais o sistema tem validade) (Nair, 1989a, *apud* MEDRADO, 2000).

Dentro do contexto atual das questões ambientais, existe a tendência para a implantação de cultivos e sistemas de produção considerados como conservadores e recuperadores do ambiente: os SAF's são contemplados dentro dessa visão, posto que as suas principais características são: a) a diversificação de espécies em uma mesma unidade de área; b) a obtenção de multiprodutos; c) aumento da lucratividade; d) a condição de sustentabilidade da produção de suas terras (HUXLEY, 1981; MacDICKEN e VERGARA, 1990; SILVA, 2000). Para TORQUEBIAU (1989), os SAF's contemplam os princípios básicos e preenchem os requisitos da sustentabilidade, em função: a) da inclusão de árvores no sistema de produção; b) do uso de recursos endógenos; c) do uso de práticas de manejo que otimizam a produção combinada; e d) da geração de numerosos serviços.

#### **4.4.3.4. Caracterização de sistemas agroflorestais**

Os sistemas agroflorestais podem ser classificados da seguinte forma DANIEL (1999); Combe e Budowski (1979), *apud* DUBÈ (1999):

- Sistemas Silviagrícolas: árvores associadas aos cultivos agrícolas, para produção simultânea de culturas florestais e agrícolas.
- Sistemas Silvipastoris: árvores associadas aos animais e, ou, à pastagem, para produção de madeira, celulose, frutos, carvão e alimento para animais domésticos.
- Sistemas Agrissilvipastoris: árvores associadas aos cultivos agrícolas e aos animais e, ou, a pastagens, ao mesmo tempo ou em seqüência temporal.

GLIESSMAN (2001) afirma que o objetivo da maioria dos SAF's é otimizar os efeitos benéficos das interações que ocorrem entre os componentes arbóreos e as culturas ou animais, a fim de obter a maior diversidade de produtos, diminuir as necessidades de insumos externos e reduzir os impactos ambientais negativos das práticas agrícolas. FARRELL (1984)

concorda com esta afirmativa e complementa que nos SAF's, os ecossistemas naturais são utilizados como modelos. Suas características ecológicas fundamentais são aplicadas à agropecuária e plantios florestais, esperando-se manter ou elevar a produtividade destas ao longo do tempo, sem degradar o solo.

TORQUEBAU (1989) afirma que os SAF's formam um agroecossistema produtivo em função do uso de recursos endógenos e de práticas de manejo que otimizam a produção combinada. Por essa razão, os SAF's podem ser considerados sistemas sustentáveis de produção, caso sejam bem manejados (MCHOWA e NGUGI, 1994). De acordo com NAIR (1983), incorporar árvores em agroecossistemas é uma prática antiga. Isto é especialmente verdadeiro nas regiões tropicais e subtropicais, onde pequenos produtores há muito plantam árvores junto com outras culturas agrícolas e animais para ajudar a satisfazer as necessidades básicas de alimentos, madeira, lenha e forragem, e para ajudar a conservar e proteger seus recursos freqüentemente limitados. MCHOWA e NGUGI (1994), complementam que os SAF's podem ser formas interessantes de auxiliar pequenos produtores a combater problemas comuns em suas propriedades tais como erosão do solo e queda de fertilidade. Além disso, existe a possibilidade de garantir a renda familiar ao longo do ano, por meio da comercialização dos diferentes produtos obtidos no sistema, escalonadamente.

Diversos trabalhos demonstram vantagens da adoção de SAF's em diferentes locais do planeta. Estes trabalhos apontam que muitas destas vantagens estão intimamente relacionadas a conceitos e princípios ecológicos que regem o funcionamento dos SAF's.

#### **4.4.3.5. Princípios ecológicos: orientando a sustentabilidade dos SAF's**

Os agroecossistemas convencionais não são naturalmente sustentáveis porque exigem grande entrada de energia, tais como agroquímicos e maquinário, provenientes de fora do sistema, aumentando sua entropia, além de apresentar pouca diversidade em relação a ecossistemas naturais (OKEY, 1996). O SAF é uma forma de manejo de agroecossistemas que objetiva torná-los sustentáveis.

De acordo com FAETH (1994), sustentabilidade é a habilidade de um sistema em manter sua produtividade, quando este se encontra sujeito a intenso esforço ou alterações. Portanto, um agroecossistema sustentável seria capaz de manter a produção ao longo do tempo superando perturbações e estresses ecológicos e, ou, sócio-econômicos (OKEY, 1996). GLIESSMAN (2001) complementa que o desafio dos agroecossistemas que pretendem ser sustentáveis, incluindo os SAF's, é o de alcançar características semelhantes às de ecossistemas naturais, apresentando resistência e resiliência estáveis e duradouras. Desta forma, o delineamento e manejo dos SAF's, para prever como será a sua auto-dinâmica, como em qualquer outra prática agroecológica, exige a incorporação de conceitos como biodiversidade, dominância e abundância, estabilidade e resiliência, estrutura vegetativa, produtividade e interações em nível de indivíduos e de comunidades. Estes conceitos orientam



a obtenção do equilíbrio dinâmico necessários para estabelecer a base ecológica da sustentabilidade, que determinarão o grau de sucesso ou fracasso do futuro sistema.

Conforme demonstra a Figura 17 a biodiversidade de um agroecossistema relaciona diversos componentes e funções do sistema, ampliando as possibilidades do manejo sustentável da área.

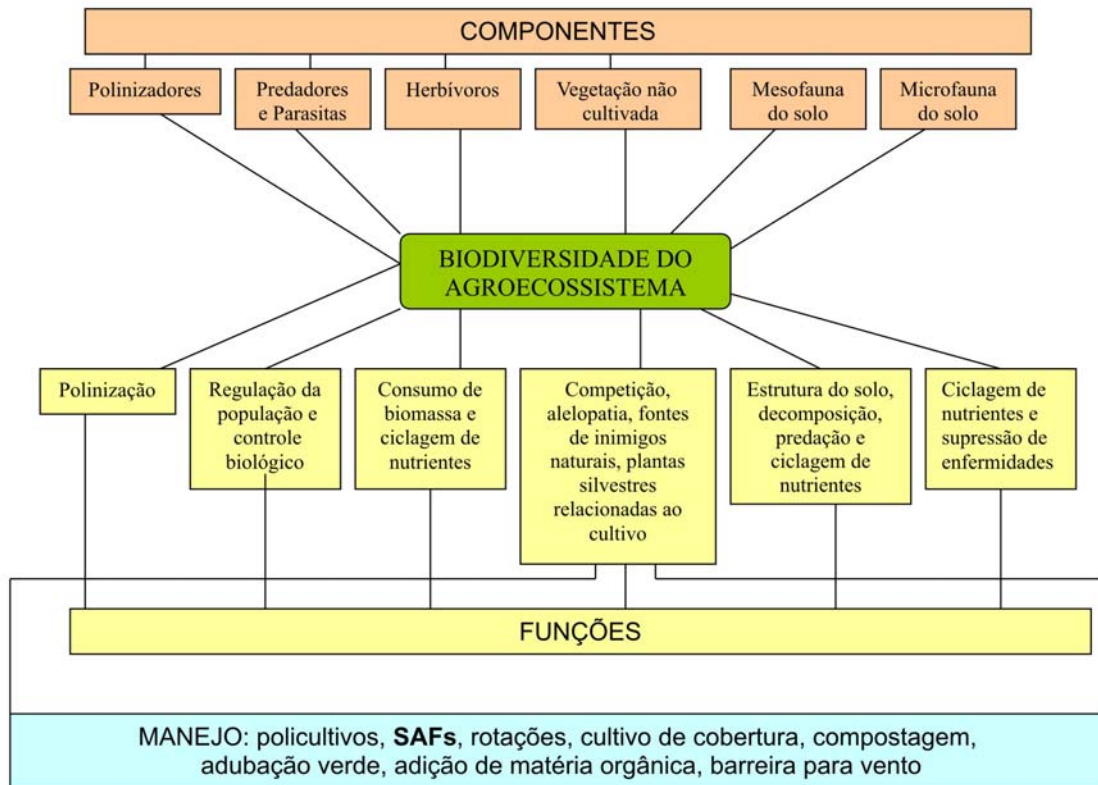


FIGURA 17 - Componentes, funções e métodos de manipulação da biodiversidade em agroecossistemas. Fonte: adaptado de ALTIERI (1999).

#### 4.4.3.6. Manejo e processos sucessórios nos SAF's

De acordo com GLIESSMAN (2001), o conhecimento do processo de sucessão em ecossistemas naturais pode ser usado para favorecer a sustentabilidade do agroecossistema. Desta forma, o manejo dos agroecossistemas deve levar em conta os processos de sucessão que ocorrem naturalmente na região, posto que podem ocorrer mudanças na estrutura e funcionamento de ecossistemas no decorrer do processo sucessivo em área que sofreu uma perturbação intensa.

#### 4.4.3.6.1. Sucessão orientada

GLIESSMAN (2001) propõe o seguinte manejo da sucessão que envolve SAF's a partir de área com solo nu, inclusive os degradados, recentemente cultivado:

**Estágios 1 e 2:** planta-se uma cultura anual solteira que cresça rapidamente, capte nutrientes do solo, dê uma produção inicial e aja como uma espécie pioneira no processo de desenvolvimento.

**Estágio 3:** pode-se plantar uma policultura com espécies anuais que representem diferentes componentes do estágio pioneiro. As espécies teriam necessidades de nutrientes e profundidades de raízes diversas, atrairiam insetos distintos e retomariam uma proporção diferente de sua biomassa ao solo: uma delas, preferencialmente, uma leguminosa que forma associação com bactérias fixadoras de nitrogênio. Todas essas espécies pioneiras contribuirão para o início do processo de recuperação e modificarão o ambiente de forma que plantas não cultivadas e animais - especialmente os macro e microrganismos necessários para o desenvolvimento do ecossistema do solo - também pudessem começar a colonizar.

**Estágio 4:** após o estágio inicial de desenvolvimento (mais ao final do primeiro ciclo ou no começo do segundo ou terceiro), cultivos perenes de vida curta podem começar a ser introduzidos. Beneficiando-se da cobertura de solo criada pelas culturas pioneiras, estas espécies diversificam o sistema em aspectos ecológicos importantes. Sistemas radiculares mais profundos, maior quantidade de matéria orgânica armazenada na biomassa e maior diversidade de habitats e microclimas combinam-se para fazer avançar o processo de sucessão do agroecossistema.

**Estágio 5:** uma vez que as condições de solo melhorem suficientemente, o sistema estará preparado para receber espécies perenes de vida mais longa, especialmente frutíferas ou florestais; as anuais ou perenes de vida curta serão mantidas. As árvores, no começo de seu desenvolvimento, têm impacto limitado no ambiente ao seu redor e, paralelamente, beneficiam-se das culturas anuais próximas. Isto acontece freqüentemente, porque nos estágios iniciais de crescimento, são mais susceptíveis à interferência das espécies adventícias mais agressivas que, na sua ausência, ocupariam a área.

**Estágio 6:** com o desenvolvimento das árvores, o espaço entre elas pode continuar a ser manejado com espécies anuais e perenes de vida curta, usando-se abordagem agroflorestal.

**Estágio 7:** ao final, uma vez que as árvores tenham alcançado desenvolvimento pleno, existe a escolha de mantê-las ou introduzir perturbação controlada para fazer parte deste agroecossistema, retomando aos estágios anteriores da sucessão.

#### 4.4.3.6.2. Manejo por meio de podas: ativação de processos

A poda é uma forma eficiente de manejo necessária e, em certas situações, imprescindível. A partir dela são ativados os processos de “inspiração” / “expiração”, que se alternam ritmicamente, realizados pelas plantas e pela comunidade biótica a elas relacionadas.

A inspiração ocorre por meio da recepção de energia solar pelas plantas, que é armazenada na forma de carboidratos, levando à complexificação de energia e substâncias pelo sistema agroflorestal. A inspiração processa-se quando a agrofloresta assimila, ou seja, na fase de crescimento, com acúmulo de biomassa devido ao intenso processo de fotossíntese. A expiração ocorre por meios artificiais, como as podas; ou por ação natural, formando a serapilheira e posteriormente, a matéria orgânica e o húmus do solo. Após as podas, o solo é coberto com abundante biomassa, enriquecendo o sistema por meio da ciclagem de nutrientes e pela maior capacidade de retenção de água: o resultado é a promoção de uma intensa rebrota, ou seja, inicia-se um novo ciclo de inspiração. Esse procedimento, de estimular processos de inspiração / expiração, é fundamental para a recuperação de áreas degradadas (Von OSTERROHT, 2002).

#### **4.4.3.7. Aspectos econômicos dos SAF's**

Podem ser acrescentados à base desses sistemas de produção, os SAF's, a premissa de proveito econômico como fator de estímulo para sua implantação (YOUNG, 1994). As características e potencialidades bioeconômicas dos SAF's, incluindo uma enorme gama de possibilidades de aplicações, transformam estes sistemas em uma oportunidade e um campo promissor para pesquisa e experimentação (NAIR, 1985; RAIN TREE, 1993).

Na região amazônica, os resultados obtidos confirmam as premissas favoráveis apontando para a viabilidade técnico-econômica de diversas combinações entre espécies arbóreas, cultivos agrícolas e, ou, pastagens (SILVA, 2000).

##### **4.4.3.7.1. Produção comercializável**

Dentro do modelo capitalista e nos moldes como ocorre em uma organização empresarial, qualquer sistema produtivo tem a finalidade norteadora de produzir. Dentro do universo das atividades rurais, maximizar a produção é um aspecto importante no significado econômico, podendo garantir a sustentabilidade do sistema, desde que respeitada a capacidade de suporte, pois exerce uma ação motivadora na implantação, na condução e na manutenção da atividade. Em face da necessidade do aumento de produção, o incremento da produtividade ou da diversificação de produtos em uma mesma área, deve ser o objetivo constante nas zonas agropecuárias e florestais, particularmente nos países em desenvolvimento, posto que significa uma menor necessidade da abertura de novas fronteiras, reduzindo a pressão sobre o meio ambiente (SILVA, 2000).

Porém, todos os elementos de produção, desde o preparo da área à aquisição de sementes, do manejo do cultivo à colheita, entre outros, considerando também as influências bioclimáticas, todos esses elementos devem estar em sintonia com a produção. Para MOOSMAYER (1997), a base para a combinação dos fatores produtivos, como ocorre nos empreendimentos florestais, é o princípio econômico que funciona como um fator de

direcionamento em relação ao que se deve produzir, a quantidade que se vai produzir e a maneira pela qual a produção vai ser obtida, tendo como objetivo a manutenção contínua da atividade. Na prática agroflorestal, cuja característica multicultural torna o processo produtivo mais complexo do que os modelos agrícolas e florestais exclusivos, a adequada compreensão dos diversos aspectos da produção, é uma condição de fundamental interesse para o sucesso do empreendimento, devendo ser avaliado como uma atividade integral (SILVA, 2000).

#### **4.4.3.7.2. Rentabilidade econômica**

A condição econômica representa um dos enfoques mais significativos na consideração dos sistemas produtivos, podendo ser considerada o elemento balizador para as atividades voltadas para o mercado, como as atividades agropecuárias e florestais. A sua determinação econômica, que pode ser realizada para atender diferentes necessidades, destaca-se a avaliação financeira aplicada ao cotidiano dos produtores e ao seu universo de trabalho (SILVA, 2000).

Na avaliação dos cultivos agroflorestais, a análise e interpretação do movimento financeiro das atividades, têm um papel de significativa importância (RAINTREE, 1993). Porém, devido à complexidade biofísica estabelecida pelos SAF's, dificulta essa avaliação, dada a composição múltipla da natureza das combinações e os gastos apropriados para as diferentes culturas, tornando-a uma tarefa árdua e de difícil consecução, podendo, inclusive, influenciar na obtenção das receitas e dificultar a análise econômica final (FILIUS, 1982; SILVA, 2000). Entretanto, deve-se considerar que essa análise ocorra juntamente com o caráter bioecológico da produção (ALVIM, 1989).

Nesse contexto, deve-se considerar que o benefício econômico é, primariamente, consequência de interações biológicas favoráveis entre os componentes do sistema cultural e que o incremento da rentabilidade pode ser resultado de duas circunstâncias: a) do senso de oportunidade; e b) da qualidade do que é produzido (HOEKSTRA, 1990). Observando essas afirmações, conclui-se que o retorno do investimento aplicado é um fator de estímulo para a recuperação ambiental e para a manutenção da atividade. Dessa forma, deve ser parte integrante do seu planejamento e de sua avaliação, com influência na definição do modelo de cultivo e de sua composição (SILVA, 2000).

#### **4.4.3.7.3. Fomento florestal**

O fomento florestal compõe-se de uma série de ações realizadas por produtores rurais, empresas consumidoras de matéria-prima florestal e poder público, visando a produção de florestas econômicas e de baixo custo (IPEF, 1992b).

Após o término da política de incentivos fiscais, em 1988, o setor florestal passou por profundas modificações, visando o aumento de produtividade dos plantios florestais à reestruturação do setor industrial. Dentre as ações adotadas nesse período, foi o estímulo ao

desenvolvimento de programas de fomento florestal, na tentativa de corrigir antigos problemas referentes à formação dos grandes maciços florestais e a exclusão do produtor rural da atividade florestal. Atualmente, conta com o apoio estruturado das grandes reflorestadoras, permitindo que esse programa consista numa das principais formas de reposição florestal, expandindo-se a cada ano (IPEF, 1992b; NEVES, 1994).

Por meio da adoção do fomento, as empresas florestais podem mobilizar recursos para outras áreas, como pesquisa, além de poderem contar com a especificidade da organização e do processo de trabalho da mão-de-obra familiar. O produtor passa a ser um fornecedor estratégico para suprir futuras demandas da empresa (OLIVEIRA, 2003).

Sabe-se que os reflorestamentos nas pequenas e médias propriedades rurais apresentam maior probabilidade de sustentabilidade, na medida que gera benefícios sociais mais amplos, quando comparado aos extensos latifúndios das grandes indústrias florestais, mitigando impactos sócio-ambientais negativos (SCHETTINO, 2000). Estudos restritos mostram que existe vantagem da escala para a fixação de carbono, mas mostra desvantagem no campo sócio-econômico e ecológico. Problemas surgem quando grandes áreas são plantadas em povoamentos maciços. É necessário investir em pesquisa, em extensão e manejo e na organização das comunidades. Áreas com plantios menores, práticas como a conservação do solo e da água e o controle no consumo de lenha, são facilitadas. O fomento florestal apresenta como principais vantagens: a) para as empresas: 1) ampliação da oferta futura de matéria-prima na região; 2) menores custos em face de não ser necessário investimento em compra de novas áreas para plantios; 3) formação de reserva florestal permanente; e 4) melhoria da imagem institucional; b) para os produtores rurais: 1) aproveitamento de terras ociosas; 2) fonte adicional de renda; 3) auto-abastecimento de madeira da propriedade; 4) garantia de mercado; 5) redução do Imposto Territorial Rural (ITR); e 6) valorização de suas terras; e c) para o Governo: 1) cumprimento da função social pela geração de impostos; 2) fixação do homem ao campo; 3) geração de emprego e renda com a manutenção da estrutura fundiária; e 4) benefícios indiretos, como a construção de escolas e estradas (IPEF, 1992b; PASSOS, 1996).

Dessa forma, para o produtor rural, o fomento florestal é mais uma opção de renda e de disponibilidade de madeira na propriedade. Entretanto, faz-se necessário levantar a perspectiva desses produtores e qual a influência do fomento florestal na sustentabilidade de sua propriedade rural (OLIVEIRA, 2003). Um dos principais aspectos positivos dos programas de fomento florestal consiste na conscientização do produtor rural dos benefícios do reflorestamento; inclusive, com o estímulo ao plantio de espécies nativas, particularmente aqueles que foram inovadores no reflorestamento com *Eucalyptus*, pelo fato de já terem sido beneficiados pelas florestas, mesmo constituídas por espécies exóticas (NEVES, 1994).

Porém, existem algumas limitações do fomento florestal, tais como: a) ausência de dados que possam subsidiar o estabelecimento de programas pelas empresas; b) falta de fontes financiadoras para a atividade; c) pouca preocupação com as questões ambientais; d) ausência de tradição florestal e de espírito empreendedor por parte do proprietário rural; e e)

prazo excessivo do contrato (IPEF, 1992b). Entre as alternativas para o aprimoramento dos programas de fomento florestal estão medidas que incluem, entre outras: a) maior parceria florestal; b) maior apoio institucional e técnico-científico; c) maior troca de informações; d) divulgação dos benefícios do fomento florestal; e) maior proteção ambiental; f) difusão do uso múltiplo de florestas; e g) promoção e difusão dos sistemas agroflorestais, como forma de agregar valor ao produto final (IPEF, 1992b; NEVES, 1994; PASSOS, 1996).

A CENIBRA, localizada na região de Ipatinga, MG, possui atualmente apenas 5% da sua produção com a participação de terceiros; entretanto, tem por meta atingir 10% da sua produção por meio desse sistema. Um dos problemas verificados refere-se à área média das propriedades fomentadas, de 8,7 ha, considerada pequena para garantir a sobrevivência dos produtores. A proposta é estimular o plantio de áreas maiores com a implantação de SAF's. Outras empresas que praticam o fomento florestal, como a Bahia Sul Celulose, têm implantado sistemas agroflorestais há vários anos, utilizando plantações de abóbora em consórcio com eucalipto. A CMM, inclusive em áreas de sua propriedade, também vem expandindo os SAF's. A GERDAU, antiga Pains Florestal S.A., desde 1988, desenvolve um programa de fomento florestal utilizando espécies agrícolas tradicionais e de subsistência, tais como arroz, feijão e milho, em consórcio com eucalipto. Porém, permanecem dúvidas com relação à fertilidade do solo, manejo das espécies introduzidas, capacidade de suporte, entre outras (PASSOS, 1996; NEVES, 2003).

#### **4.4.3.8. Sistemas agroflorestais como técnica de recuperação ambiental**

Os problemas ambientais inerentes às atividades antrópicas são tão antigos quanto à existência humana. O que é novo é a sua dimensão, sua escala e a consciência ambiental. Dois aspectos fundamentais diferenciam completamente o problema atual daquele de outras épocas: a escala planetária do processo de degradação e o descomunal crescimento da capacidade humana de transformação do meio ambiente (CETEC, 1983, *apud* LIRA FILHO, 1994).

De acordo com GRIFFITH et al. (2000), o estabelecimento das estratégias a serem adotadas no processo de recuperação fundamenta-se na caracterização do ambiente atual e na construção de cenários pré e pós-degradação. Para NARDELLI e NASCIMENTO (2000), a recuperação ambiental não pode ser assumida como um fato isolado. Além do interesse do empreendedor o processo deve considerar, de forma abrangente, as relações físicas, biológicas, políticas, sociais, econômicas, tecnológicas e culturais na qual a área está inserida.

Para MACEDO (1990) os SAF's podem ser utilizados em recuperação ambiental de paisagens fragmentadas pelas atividades agropecuárias, inclusive em áreas consideradas como de preservação permanente. Uma proposta para assegurar a conservação desses remanescentes, seria a utilização de uma parte dessa área para manejo sustentado da floresta, visando o uso coletivo, deixando uma outra parte para preservação permanente. Para determinar a área destinada ao manejo sustentado, deverão ser feitos estudos da composição

florística, regeneração natural e estrutura fitossociológica da floresta, visando a manutenção da biodiversidade e produtividade, sabendo que esse comportamento irá promover uma diminuição da pressão sobre os remanescentes florestais (FRANCO, 1995).

Para Torquebiau (1992), *apud* FRANCO (2000), os SAF's nos quais se encontram associações de culturas perenes, anuais e espécies naturais, apresentam diversos elementos de sustentabilidade ecológica, como reduzida erosão do solo, alto teor de matéria orgânica e umidade do solo, reduzida variação de temperatura do solo e diversas camadas de dossel, utilizando de modo mais eficiente os distintos comprimentos de onda da energia luminosa.

Segundo Arima e Uhl (1996); Passos e Couto (1997); Rodigheri (1997), *apud* SANTOS (2000), os SAF's oferecem alternativas menos impactantes e podem auxiliar na reversão de processos de degradação, contribuindo para o aumento da biodiversidade animal e vegetal, além de satisfazer necessidades elementares e melhorar as condições de vida de populações rurais. Quando o objetivo é a recuperação do solo, devem ser escolhidas árvores e outras plantas de menor porte com os seguintes critérios (FRANCO, 1995; Von OSTERROHT, 2002): a) rápido crescimento, para cobrir o solo em um curto prazo, protegendo-o contra a insolação excessiva e a erosão; b) abundante produção de biomassa e facilidade de rebrota, fornecendo matéria orgânica para o solo, por meio das podas e da queda de folhas, frutos e flores, que promoverão uma maior eficiência na ciclagem de nutrientes; c) escolha de espécies que ocorrem naquele tipo de ambiente; d) que não prejudiquem a cultura principal do SAF; e) inserir, se possível, espécies cultivadas que tragam renda mesmo antes de atingirem a etapa de frutificação propriamente dita; f) disponibilidade de sementes ou mudas para o plantio; e g) que auxiliem ao sistema implantado atingir logo um alto grau de autodinâmica.

SILVA (2000), utilizou a gliricídia (*Gliricidia sepium* Jacq.), uma leguminosa multifuncional recomendada para SAF's, estabelecidas por meio de estaquia, com a finalidade de aportar biomassa ao solo, em consórcio com açaizeiros, cacauzeiros e pupunheiras. O corte das copas da gliricídia, feito duas vezes ao ano, cobre o solo, com vistas ao acúmulo de matéria orgânica. Nesses consórcios, foram as seguintes conclusões mais importantes:

- a) As culturas mostraram-se mais eficientes em termos agronômicos e econômicos do que a cultura tradicional do cacau, nas modalidades testadas (espaçamento de 2,5 m x 2,0 m e 3,0 m x 3,0 m);
- b) Os sistemas propostos, nas condições em que foram praticados, sem insumos químicos industriais ou quaisquer defensivos externos, constituem modelos orgânicos de produção. Esta característica potencializa a inserção dos seus produtos no mercado alternativo e promissor de alimentos naturais, podendo representar uma valoração extra e um incremento nas receitas; e
- c) Na composição geral dos benefícios dos sistemas em consórcio, o açaizeiro e a pupunheira oferecem maior participação relativa do que o cacauzeiro. Isto significa que estas espécies têm um importante papel complementar na rentabilidade dos sistemas propostos.

#### 4.4.3.8.1. Sistemas silvipastoris: recuperação, seqüestro de carbono e o clima

Segundo CPT/EMBRAPA (2003), os sistemas silvipastoris são uma modalidade de agrofloresta que integram: árvores, pastagens e animais herbívoros. As pesquisas para a escolha de espécies arbóreas como componentes de pastagens é relativamente recente: surgiu da necessidade de manutenção da produtividade e persistência de sistemas de produção animal baseado em pastagens. Para a FAZENDA ECOLÓGICA (2003), tanto o gado, o capim e o solo se beneficiam do consórcio, que fornece sombra adequada e uma constante adubação orgânica por meio da derrama natural de folhas e galhos que caem das árvores. A Figura 18 demonstra os benefícios das árvores em um agroecossistema.

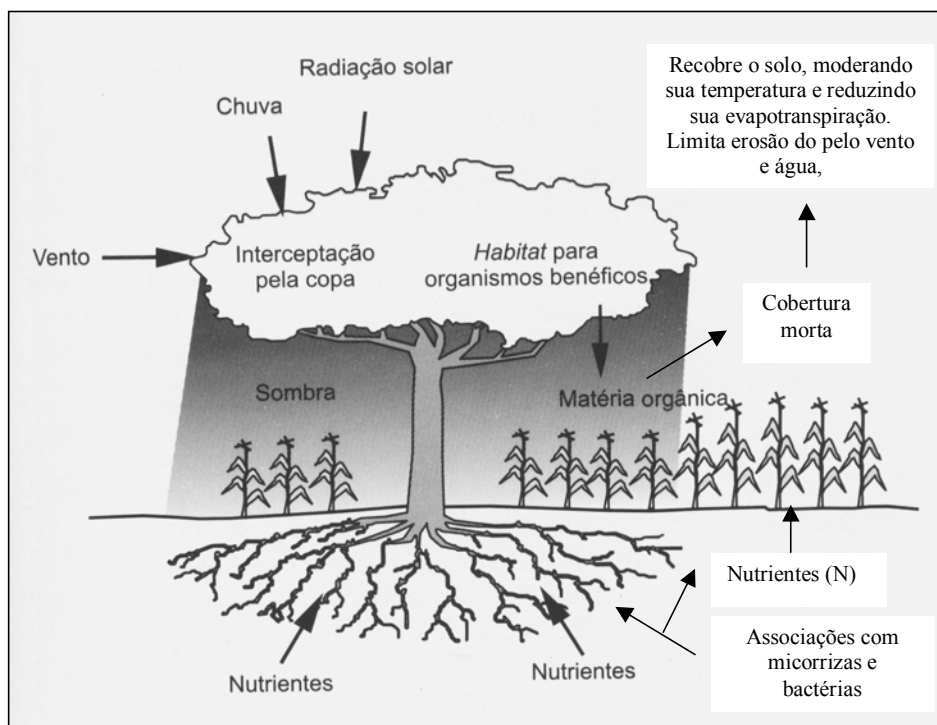


FIGURA 18: Efeitos das árvores sobre o agroecossistema circundante. Fonte: MIELNICZUK, 1999.

Para VILELA (2001), os sistemas silvipastoris podem ser denominados sistemas agroflorestais pecuários. PASSOS (1996) recomenda o estudo de desenhos agroflorestais com arranjos espaciais em faixas múltiplas de árvores, de forma a ampliar a distância entre as faixas, o que possibilitaria manter uma densidade e produtividade florestal satisfatórias e aumentar a produtividade de grãos, o tempo de convivência entre culturas agrícolas e florestais e a rentabilidade do sistema. Porém, deve-se estudar a substituição da cultura agrícola por pastagem em idades mais avançadas do povoamento florestal, o que possibilitaria aumentar a rentabilidade do sistema, inclusive com propostas ao MDL para seqüestro de carbono.



#### 4.4.3.8.1.1. O solo e a imobilização de CO<sub>2</sub>

Os principais responsáveis pela decomposição da matéria orgânica são os microrganismos do solo. Em áreas geologicamente estáveis, o solo apresenta uma condição de equilíbrio dinâmico onde as perdas anuais de matéria orgânica são balanceadas pelas entradas anuais: processo descrito como reciclagem ou "turnover" (JENKINSON e LADD, 1981). Caso o equilíbrio do solo seja quebrado, como em áreas onde é comum o uso do fogo e em pastagens degradadas, ocorrerá oxidação da matéria orgânica do solo na forma de CO<sub>2</sub>, alterando a sua fauna, provocando modificações na estabilização, distribuição e na preservação da sua matéria orgânica. Estimativas recentes apontam uma liberação líquida de carbono, em função dos desmatamentos nos países tropicais, entre 0,42 e 1,60 Pg/ano, dos quais 0,1 a 0,3 Pg são devidos à diminuição da matéria orgânica dos solos. Tal magnitude só é inferior àquela proveniente da queima de combustíveis fósseis (EPA, 1994).

Nos ecossistemas naturais, de acordo com SWIFT et al. (1979), o carbono orgânico é incorporado pelos restos vegetais e animais que aportam ao solo, constituindo a entrada primária de material orgânico para as populações microbianas do solo (via epígea), sendo que os corpos destas populações formam as entradas secundárias (via endógena). A biomassa microbiana pode ser enquadrada com um compartimento central do ciclo do carbono, representando um considerável reservatório de nutrientes nos solos. A rápida ciclagem da biomassa microbiana pode também fornecer fluxos de relevante importância na nutrição das plantas (SMITH e PAUL, 1990). Os valores de carbono na biomassa microbiana indicam uma potencial reserva de C no solo, que participa do processo de humificação. Dessa forma, é permitido aferir o acúmulo ou perda de C em função de um determinado manejo ou condição edáfica. Quanto maior o teor de C da biomassa microbiana, maior será a reserva de C no solo, o que expressa um menor potencial de decomposição da matéria orgânica (GAMA-RODRIGUES et al., 1997). Nos sistemas silvipastoris, a deposição de matéria orgânica é bem superior que em pastagens solteiras, como também a sua conservação é significativamente superior. Por este motivo, pode-se inferir que um sistema de produção pode ser sumidouro de CO<sub>2</sub> pela acumulação de carbono na matéria orgânica e na biomassa viva das plantas (como nos sistemas silvipastoris), ou uma fonte de carbono (como em pastagens mal manejadas e degradadas).

De acordo com FISHER et al. (1994), em uma pastagem de *Brachiaria dictyoneura* solteira, houve a incorporação de 30 t/ha de C em 3,5 anos. Com a introdução da leguminosa rasteira *Arachis pintoii*, apesar desta ter contribuído somente com 20% da biomassa radicular, a captação de C aumentou em 7,8 t/ha/ano, quando comparada com a gramínea em monocultivo. Afirmam, também, que pastagens com base em gramíneas melhoradas com o desenvolvimento de sistemas radiculares profundos armazenam mais C nas partes mais profundas do perfil do solo, onde está menos exposto aos processos de oxidação: logo, a sua perda como gás é menor.

Considerando os sistemas silvipastoris, a sua produtividade primária líquida é maior que nos monocultivos, como consequência de suas maiores captação de luz, ciclagem de nutrientes e eficiência no uso dos recursos, como a água. Sabe-se, que quanto maior for a produtividade primária líquida, maior será a imobilização do C no sistema. Considerando que as espécies usadas nestes sistemas são de alto valor, quando utilizadas para marcenaria, assegura que o C captado ficará imobilizado na madeira por um grande período de tempo. Por esse motivo, estaria sendo prestado um serviço às nações que emitem CO<sub>2</sub>. Acrescenta-se ainda, que este serviço de captação de carbono oferecido por estas “matas” implica em risco mínimo, postas não estarem sujeitas a derrubadas ou queimadas eventuais. Dessa forma, o preço pago pelo serviço será mais alto nos lugares nos quais o risco potencial seja menor, posto que este aspecto está diretamente relacionado com a permanência do carbono imobilizado (POMADERA, 1999; BOTERO, 2001).

#### **4.4.3.8.1.2. Os sistemas silvipastoris e o clima**

Os processos relacionados à recuperação ambiental com a implantação de florestas, também têm sido alvo de diferentes projetos pertencentes ao Programa de Ecologia Florestal do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. Vários estudos têm avaliado os processos relativos ao estabelecimento de árvores em pastagens improdutivas e abandonadas da Amazônia Oriental, bem como as espécies vegetais e animais que atuam como barreira à recuperação da floresta ou que são facilitadoras deste processo (IPAM, 2003). Esse fato ganha importância significativa em face da influência da vegetação no atual clima da região: estima-se que a evapotranspiração real seja responsável por mais de 50% da precipitação local. Isso porque a umidade na atmosfera da Amazônia Ocidental é maior do que próximo à costa, indicando uma umidificação do ar próximo à superfície - a medida que este ascende da floresta - provavelmente causada por reciclagem do vapor d'água pela vegetação. Os resultados de pesquisas, por meio de simulações, mostram que as pastagens não poderiam manter estas mesmas altas taxas de evapotranspiração, particularmente nos períodos mais secos (RELATÓRIO..., 1991).

De acordo com MARÇAL e GUERRA (2001), os resultados das pesquisas apresentadas pelo Projeto ABRACOS (Estudo Anglo-Brasileiro de Observações do Clima da Amazônia) mostraram que durante os períodos chuvosos a proporção de energia disponível à superfície utilizada para evaporação é similar para floresta e pastagem. Porém, na ausência de chuvas, a evaporação na pastagem diminui enquanto nas florestas, as taxas de evaporação persistem às mesmas taxas. Por esse motivo, nos períodos secos as pastagens retornam menos água à atmosfera, reduzindo a probabilidade de formação de nuvens e chuva. Somado a essa questão, o uso menor de energia para a evaporação pelas pastagens significa que há mais energia para aquecer o ar, implicando em estações mais quentes e com menos chuva, quando as florestas são substituídas por pastagens. Tais mudanças afetam o ciclo hidrológico, modificando o escoamento dos rios e a disponibilidade de água. Assim, a introdução de SAF's

nessa região, além de favorecer a recuperação de inúmeras áreas degradadas pela formação de húmus que garantiria a estabilidade do solo ao elevar o teor de agregados, aumentaria a eficiência na reciclagem da água das chuvas de volta à atmosfera.

#### **4.4.3.8.1.3. Manejo de regeneração natural em pastagens**

O manejo para a obtenção desse sistema por meio de formação espontânea consiste na realização das roçadas de forma seletiva, deixando as melhores mudas de espécies arbóreas de interesse que ocorram no local. Com o seu desenvolvimento, deve ser observada a sua distribuição espacial, sendo condição ideal a uniformidade, mantendo uma densidade de aproximadamente 40 árvores/ha, de tal forma a não sombrear demasiadamente a pastagem, prejudicando a produção. Preferencialmente, devem ser formados piquetes, que favorecem o rodízio das pastagens e, as divisões, que deverão ser feitas com a utilização de cercas vivas com espécies, tais como: sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth), bambu (*Bambusa vulgaris* sp.), candeia (*Gochnatia polymorpha* Dc.) e aroeirinha (*Schinus terebinthifolia* Raddi) (FRANCO, 1995).

Caso o desejo relacionado à forrageira para a revegetação seja com espécie nativa em sua situação original, a dificuldade em conseguir sementes pode ser um fator limitante. Nesses casos, é aconselhável a utilização de espécies exóticas já testadas em condições edafoclimáticas semelhantes. Nos casos onde a pastagem contém espécies agressivas exóticas naturalizadas, como o capim gordura (*Melinis minutiflora*) convivendo com espécies nativas, a revegetação por sucessão natural tem ocorrido com sucesso, em áreas pequenas circundadas por pastagem natural, em prazos de 5 a 20 anos (IBAMA, 1990).

#### **4.4.3.8.1.4. Enriquecimento de pastagens com árvores de uso múltiplo**

Esses sistemas são implantados em pastagens onde não haja abundante regeneração natural. As espécies escolhidas devem ser de acordo com o objetivo de cada agricultor, podendo se destinar à produção de madeira, lenha ou produção de frutas. Como manejo, as árvores devem ser plantadas em espaçamento de 10 x 10 m, para que não ocorra competição por luz com a forrageira. O fuste deve ser retilíneo, podendo ser conseguido por meio de podas (FRANCO, 1995).

#### **4.4.3.8.2. SAF's e a fruticultura tropical**

De acordo com a CEPLAC (2003), muitas espécies de fruteiras tropicais são compatíveis com consórcios em SAF's, tais como mamoeiro (*Carica papaya* L.), abacaxizeiro (*Ananas comosus* L.) e bananeira (*Musa* spp. Merrill). A literatura é vasta quando trata em apontar culturas com potencial para consórcios agroflorestais em ecossistemas distintos, como a mata atlântica, o cerrado e a floresta amazônica. Encontra-se a citação de espécies exóticas

como o eucalipto (*Eucalyptus* sp.), a pimenta-do-reino (*Piper nigrum*) e o dendê (*Elaeis guineensis* N. J. Jacquin) e espécies nativas, como várias palmáceas (Família Palmaceae), cajazeiro (*Spondias mombin* L.), seringueira (*Hevea brasiliensis* M. Arg.) e mogno (*Swietenia macrophylla* King).

Dentro deste contexto, outro aspecto importante considerado na literatura são as atividades paralelamente associadas à agrofloresta, com grande apelo ecológico, como a apicultura. Nos SAF's, os componentes podem ser arrançados: a) no espaço, de forma misturada, em faixas ou em bordas; e b) no tempo, de modo simultâneo ou ainda, coincidente, concomitante, sobreposto, separado e interpolado seqüencial (OTS/CATIE, 1986). Essa versatilidade permite o desenvolvimento de práticas que se adequarão a qualquer escala de produção, nível tecnológico ou manejo, atendendo às diferentes escalas de produção e atingindo níveis de subsistência, intermediário e comercial (NAIR, 1990).

#### **4.4.3.8.3. Opções alternativas de práticas florestais**

Com a intenção de desenvolver novas possibilidades de implantação de SAF's, utilizando-se de práticas com baixo custo e de fácil implementação, MACEDO (1990) levantou dados preliminares para planejamento, viabilização e introdução de técnicas agroflorestais. O principal objetivo era obter florestas produtoras de forragens, visando o aumento da produtividade das propriedades rurais, de forma sustentável, recuperando áreas degradadas. Além de imitar padrões ecológicos naturais, tinha por objetivo otimizar a produção por unidade de superfície, respeitando sempre o princípio de rendimento contínuo, principalmente por meio da manutenção e recirculação do potencial produtivo dos recursos naturais renováveis. Esse estudo foi realizado no Estado do Mato Grosso e, a grande diversidade de ambientes existentes em toda a superfície do Estado, condiciona a instalação e permanência de diferentes formações vegetais. É, portanto, um índice importante a ser considerado durante o planejamento e na definição dos protótipos agroflorestais, principalmente daqueles que apresentam objetivos de aproveitamento máximo da vegetação natural reinante no local a ser explorado. Dentre as possíveis opções, algumas práticas agroflorestais destacam-se:

##### **4.4.3.8.3.1. Cercas vivas**

Significam menor custo de implantação, longa duração, benefícios ecológicos, produção de forragem, etc. (Baggio, 1986 apud MACEDO, 1990). Cita ainda, que 50 Km de cercas vivas representam uma floresta produtiva de 30 a 40 hectares.

Dentre as espécies potenciais disponíveis vale citar: *Gliricidia sepium*, *Erithryna berteroana*, *Erithryna poeppigiana*, *Bombacopsis* spp, *Bursera simaruba*, *Pithecolobium dulce* e *Grevillea robusta*. Também as frutíferas podem ser utilizadas, tais como caju (*Anacardium occidentale* L.), manga (*Mangifera indica* L.), abacate (*Persea americana* C. Bauh.) e fruta-pão (*Artocarpus altilis* Parks). Sauer (1979) apud MACEDO (1990) recomenda uma lista extensa de

espécies mais indicadas para esse sistema, com características de regeneração natural por rebrota.

#### **4.4.3.8.3.2. Arborização de pastagens**

Consiste na introdução de árvores comerciais e, ou, forrageiras intercaladas em pastagens. Preferencialmente, usar espécies nativas de usos múltiplos manejados por cortes seletivos. Durante o período seco, as árvores, principalmente as leguminosas, desempenham um papel importante no suprimento de forragem com alto valor protéico no material decíduo e de capacidade forrageira superior. Várias frutíferas também podem ser usadas.

#### **4.4.3.8.3.3. “Alley cropping” forrageiro**

O cultivo em faixa ou “alley cropping” é um sistema agrissilvipastoril no qual espécies agrícolas são cultivadas entre as faixas de espécies arbóreas, preferencialmente leguminosas, de rápido crescimento. Caracteriza-se por apresentar arranjo de campo em disposição zonal ou linear (NAIR, 1983), podendo ser utilizado a) na demarcação dos contornos limítrofes das pastagens; b) na separação das aguadas; e c) para direcionar o sentido de pastoreio com a formação de barreiras vivas compostas preferencialmente por leguminosas, dispensando, talvez economicamente, o uso de cercas convencionais. As faixas de vegetação implantadas na área atenderiam aos propósitos citados e também forneceriam nos períodos críticos de escassez alimentar, forragens alternativas de alto valor nutritivo. Plantadas em curvas de nível, propicia efetiva proteção do solo contra a erosão (Baggio, 1986 *apud* MACEDO, 1990). As espécies mais testadas em tais sistemas são cosmopolitas e passíveis de vegetarem bem nos cerrados, destacando-se as seguintes espécies: *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Flemingia congesta*, *Alchornea cordifolia* e *Prosopis* sp. (Torres, 1985 *apud* MACEDO, 1990), todas com excelente rebrota de cepa.

Para NAIR (1993), o sistema “alley cropping” é uma tecnologia considerada promissora para as regiões tropicais úmidas e sub-úmidas, podendo ser usada em escalas diferenciadas de produção. Entre outras vantagens desse sistema, a proteção da camada superficial do solo pela formação de cobertura morta, obtida por meio de podas do componente arbóreo, podendo ser incorporado ao solo como adubo verde.

ROSA et al. (2000) estudaram um desenho modificado de “alley cropping” composto pelas espécies *Inga edulis* (ingá cipó) e *Vigna unguiculata* var. IPEAN V-69 (caupi), visando definir um arranjo espacial que proporcionasse o mínimo de competição e o máximo de produtividade dos componentes estudados, em solos alterados por atividades agrícolas. Foram avaliados neste sistema: a sobrevivência, o crescimento e a produção de fitomassa do ingá e o rendimento de grãos do caupi. Como resultados, o espaçamento 4 m x 1 m foi o que apresentou maiores taxas de sobrevivência e produção de fitomassa do ingá, e de rendimento de grãos de caupi. Pelas características da espécie *Inga edulis*, devido ao seu padrão de

resposta em termos de sobrevivência, crescimento e produção de fitomassa, de acordo com esses mesmos autores, apresenta-se como uma espécie promissora para o sistema “alley cropping” implantados em solos ácidos e para a recuperação de solos alterados.

#### **4.4.3.8.3.4. Florestas produtoras de forragens**

Segundo a FAO (1984), *apud* MACEDO (1990), são florestas puras plantadas com fins de sofrerem podas periódicas para a alimentação animal em cativeiro, ou ainda, de tal forma que seja permitido um pastoreio controlado. Normalmente, são utilizadas leguminosas palatáveis e de alto valor protéico, como a *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Erythrina poeppigiana*, *Prosopis* sp. e *Guazuma ulmifolia*. Todas com alta capacidade de rebrota.

#### **4.4.3.8.3.5. Sistema agrícola rotativo (baseado no sistema “Taungya”)**

Nesse sistema é prevista a possibilidade de utilização da área continuamente por culturas agrícolas (alimentares ou frutíferas), após cada ciclo de pousio. Propõe-se uma mistura de espécies florestais nativas de crescimento rápido, consorciadas com culturas alimentares. Parte do componente arbóreo perene poderá ser constituído por diferentes frutíferas adaptadas às condições locais, de porte não necessariamente alto, capazes de contribuir à dieta alimentar dos agricultores. Pode-se usar o sistema agroflorestal “alley cropping”, no qual as culturas agrícolas fornecedoras de alimentos são desenvolvidas em alamedas limitadas por sebes de árvores ou arbustos, preferencialmente leguminosas de múltiplos usos.

Esses sistemas são opções que devem ser consideradas para utilização de áreas de pastagens degradadas existentes na região. A busca de métodos viáveis para a combinação de uso de florestas e da pecuária é muito importante como alternativa de produção madeireira em conjunto com a produção pecuária, de maneira contínua e diversificada (MACEDO, 1990).

O método “taungya” tem sido usado para reduzir o custo de formação de povoamentos florestais e para a recuperação de áreas florestais deterioradas. Associa-se temporariamente com cultivos agrícolas de ciclo curto, durante o estabelecimento da cultura florestal, no Brasil e em vários países do mundo, envolvendo diversas espécies florestais, produzindo alimentos e madeira, além de favorecer a recuperação e a conservação dos solos. Tal sucesso deve-se, principalmente, a sua fácil adaptabilidade, não envolvendo mudanças drásticas no sistema tradicional empregado pelo produtor, por afetar pouco a demanda por mão-de-obra e por reduzir os custos de preparo do solo e de manutenção (KING, 1998). No Brasil, os principais gêneros de árvores plantadas sob esse método são o *Pinus* e o *Eucalyptus* (ENABOR et al., 1982; PASSOS, 1996).

#### **4.4.3.9. Monitoramento**

Uma das críticas e dúvidas propaladas às vantagens dos SAF's justifica-se pela escassez de resultados que comprovem a sua eficiência em comparação com sistemas agropecuários e florestais tradicionais. A comparação entre estes sistemas só tem validade se for monitorada ao longo do tempo, pois a base da sustentabilidade apresenta caráter intergerencial (DANIEL, 2000). Este monitoramento pode ser feito com base nos indicadores de sustentabilidade, visando consumir o mínimo possível de tempo, recursos financeiros e trabalho (HAMMOND et al., 1995). Levando em conta a escassez de informações, monitorar SAF's, particularmente do ponto de vista ambiental, pode ser útil na adoção destes sistemas de uso de terra (CURRENT et al., 1996).

De acordo com SILVA (2002), a unidade física para se iniciar o trabalho de monitoramento deve ser uma microbacia, pois esta possui limites naturais e são mais homogêneas para estudos de ambientes que os limites políticos escolhidos arbitrariamente.

##### **4.4.3.9.1. Sustentabilidade em SAF's**

O direcionamento dos sistemas produtivos deve ser com vistas ao desenvolvimento sustentável. Os SAF's, nesse contexto, dentre as atividades florestais e agropecuárias, são tidos como alternativas sustentáveis aos sistemas intensivos de produção. Entretanto, é necessário definir indicadores que possam monitorar esta sustentabilidade, permitindo a identificação da sua verdadeira vocação como agroecossistemas sustentáveis (DANIEL, 2000). Um dos meios mais utilizados para atingir esta meta é o uso de indicadores biofísicos e sócio-econômicos, envolvendo tanto o sistema em análise quanto outros, sejam agrícolas ou não (AVILA, 1989).

##### **4.4.3.9.2. Definições de princípios, critérios, indicadores e verificadores**

Os critérios e indicadores devem contemplar aspectos ambientais e sócio-econômicos para o manejo das agroflorestas. Considerando as recomendações de CAMINO e MÜLLER (1993), o número de indicadores não deve ser exaustivo, devendo referir-se apenas às categorias e aos elementos mais significativos, o suficiente para que englobe parte do que é possível avaliar em termos de sustentabilidade de SAF's. Sobre a lista de oportunidades, devem ser escolhidos apenas os itens que, segundo critérios específicos determinados de acordo com suas próprias necessidades, sejam suficientes para a avaliação da sustentabilidade de um dado empreendimento agroflorestal. Em uma outra fase do desenvolvimento de indicadores biofísicos e sócio-econômicos de sustentabilidade para SAF's, deverão ser acrescentados novas diretrizes ou critérios, para selecionar um número mínimo essencial, que segundo esses mesmos autores, a quantidade ideal encontra-se entre 6 (seis) e

8 (oito). Com a observação desses procedimentos, garante-se a sustentabilidade da recuperação ambiental.

#### **4.4.3.8.2.1. Princípios**

De acordo com o FSC (1998), os princípios são leis ou regras fundamentais, que servem como base para argumentação e ação. Assim, eles têm a característica de um objetivo ou atitude em relação à função do ecossistema, sendo, portanto, elementos explícitos de uma meta. Para GOMES (2000), a maneira como esta meta vai ser alcançada necessita de um maior detalhamento ou direcionamento para subsidiar políticas e monitoramento do próprio manejo, sendo expresso pelos princípios e, quanto mais específicos forem, menores serão os problemas de interpretações, sendo estes princípios cercados de critérios, que por sua vez dão suporte ao parâmetro superior.

#### **4.4.3.9.2.2. Critérios**

Mostram o “status” ou aspectos do processo dinâmico do sistema agroflorestal ou social em questão, devendo ser elaborado como enunciado do resultado da aderência a um princípio. A maneira como um critério é formulado, deve indicar um veredicto do grau de concordância com uma situação. Assim, o critério pode ser medido, ou seja, é a categoria de informação a ser verificada por meio dos indicadores, devendo haver um conjunto exaustivo de critérios para cada princípio (FSC, 1998).

#### **4.4.3.9.2.3. Indicadores**

Pode ser entendido como uma das medidas escolhidas pelo critério para avaliar sustentabilidade e, que ao ser medida periodicamente, denota a existência ou não de tendências (RODRIGUEZ, 1998). Para o FSC (1998), estes são parâmetros quantitativos ou qualitativos que podem ser verificados em relação a um critério, descrevendo uma característica objetiva, não ambígua, verificável do ecossistema ou sistema social relacionado. Dessa forma, devem ser elaborados vários indicadores para cada critério, para que estes tenham a viabilidade de verificação objetiva, sendo elaborados de forma que fiquem entre a acuidade científica e a necessidade de informação concisa e de verificação simples. Assim, os indicadores devem permitir que se chegue a um veredicto e, em alguns casos, é necessário que venha acompanhado por um verificador ou uma norma (GOMES, 2000).

#### **4.4.3.9.2.4. Verificadores**

Podem ser entendidos como dados ou informações que aumentam a especificidade ou a confiabilidade de um indicador. De acordo com o Centro Internacional de Investigações



Florestais - CIFOR (1996), os verificadores surgiram da necessidade de um quarto nível de especificidade e, por conseguinte, da necessidade de um detalhamento mais específico que indique ou reflita uma condição adequada.

#### **4.4.3.9.3. Seleção e monitoramento**

O debate internacional a respeito da seleção de indicadores, indica a conveniência de se estabelecer princípios, critérios e indicadores mensuráveis, com referência nas seguintes características (CARVALHO, 1998):

- Clareza - definições técnicas exatas, cientificamente comprovadas e de fácil compreensão pelas pessoas envolvidas no processo de exploração das florestas;
- Flexibilidade - adoção de critérios e indicadores suficientemente flexíveis para incorporar as linhas alternativas de manejo sustentável em nível local, considerando todos os tipos de florestas e suas variações fitogeográficas e fitossociológicas;
- Possibilidade - aplicação de princípios possíveis de ser interpretados, com base de dados e informações mensuráveis;
- Aplicabilidade - definição de propostas técnicas contendo parâmetros que possam ser avaliados na prática e que não exijam concepções complicadas, visando a efetiva implementação das propostas técnicas recomendadas; e
- Possuir baixo custo e o maior número de informações possíveis.

SANTANA e FILHO (1999), propõem ainda outras características de indicadores de qualidade dos solos, adaptadas por GOMES (2000):

- Ser sensível o bastante para refletir a influência do manejo na manutenção da saúde dos ecossistemas;
- Permitir avaliar práticas e técnicas de manejo dos ecossistemas;
- Coletar informações que permitam determinar tendências de mudanças nos ecossistemas manejados; e
- Subsidiar e orientar as tomadas de decisão, referentes às práticas de manejo.

Para POGGIANI et al. (1998), os indicadores, quando bem escolhidos, podem ser utilizados para interpretar os fenômenos naturais e permitir estabelecer relações causa-efeito, além de fazer previsões sobre o comportamento, em médio e longo prazos, quanto à sustentabilidade do ecossistema. Para isso, torna-se necessário acompanhar o desempenho dos indicadores e verificadores, ao longo do tempo, via monitoramento, em que periodicamente se coleta informações que ajudarão a determinar o estado atual de um sistema, assim como as mudanças que ocorreram ao longo do tempo. Estas informações se retroalimentam no processo de planejamento do manejo, permitindo fazer correções com a finalidade de manter o sistema em um estado sustentável (GILLESPIE, 1994).

Os profissionais envolvidos na área de monitoramento ambiental de atividades agroflorestais, devem dispor de um vasto rol de indicadores, para que com seus conhecimentos técnicos natos, possam selecionar e até mesmo incluir aqueles que melhor se

adaptem às suas condições específicas de monitoramento. A maioria dos indicadores sugeridos depende apenas de observações diretas e apenas uma minoria necessita de análises laboratoriais, sendo de aplicação rápida e pouco onerosa. É bom lembrar da necessidade de maior número de indicadores de sustentabilidade, quando forem analisados os SAF's com o componente animal (DANIEL, 2000).

#### 4.4.3.10. Os SAF's e as Áreas de Preservação Permanente (APP) e de Reserva Legal (ARL)

As funções ambientais das atividades florestadoras e reflorestadoras podem ser analisadas pelos seus efeitos e pelo papel ambiental dos plantios florestais maduros, associados às áreas de vegetação nativa (APP e ARL), funcionando também, como um projeto de ação climática (apesar de não ser aceito para a geração de créditos em projetos de MDL) e de recuperação ambiental.

De acordo com a Lei complementar do Código Florestal n. 8.171/91, toda a propriedade rural deverá ter 20% de sua área total destinadas à reserva legal, além daquelas de preservação permanente. Essas áreas deverão ser recuperadas dentro de um período de 30 (trinta) anos, a contar do ano de 1991, quando a Lei entrou em vigor (NAVE et al., 1997). A princípio, o cumprimento dessa lei vem apresentando uma certa resistência por parte dos produtores à sua adoção. Entretanto, caso sejam estimulados a implantação de SAF's visando a recuperação e o reflorestamento com espécies nativas, os resultados esperados, em médio e longo prazo, poderão ser alcançados; inclusive, proporcionando retorno econômico para os produtores rurais.

Observando as larguras das faixas de vegetação ciliar exigida pela lei ao longo das margens dos cursos d'água - APP, como pode ser observado no Quadro 34, todos - produtores, comunidade e natureza - serão beneficiados com a implantação de SAF's, comportando-se como espécies de enriquecimento em um processo de regeneração natural, nesse caso, estes funcionando como vegetação ciliar ou como um tipo de zona tampão.

QUADRO 34 - Largura da faixa de vegetação ciliar a ser preservada ou recuperada de acordo com a legislação

Largura mínima da faixa	Situação
30m em cada margem	Rios com menos de 10m de largura
50m em cada margem	Rios com 10 a 50m de largura
100 m em cada margem	Rios com 50 a 200m de largura
200m em cada margem	Rios com 200 a 600m de largura
500m em cada margem	Rios com largura superior a 600m
Raio de 50m	Nascentes
30m ao redor do espelho d'água	Lagos ou reservatórios em áreas urbanas
50m ao redor do espelho d'água	Lagos ou reservatórios (zona rural - ZR), com área menor que 20ha
100m ao redor do espelho d'água	Lagos ou reservatórios (ZR) com área igual ou superior a 20ha
100m ao redor do espelho d'água	Represas de hidrelétricas

Fonte: modificado de MARTINS, 2001.

Os benefícios futuros advindos por meio desse procedimento de recuperação, como o provável aumento da vazão das nascentes, além de outros serviços e produtos, tais como lenha e madeira, servirão de estímulo aos produtores rurais para a sua conservação e funcionarão como modelo para a introdução dessa prática, regionalmente. Também, estariam incorporando áreas marginais e gerando renda para o produtor, além de estarem contribuindo para que sejam resguardados os remanescentes florestais ainda preservados. Entretanto, tal procedimento deve ser bem orientado e supervisionado para que atinja o objetivo final de ser transformado, efetivamente, em APP.

Tem sido observado nos mananciais, altos valores de material inorgânico, revelando que estes têm sido afetados pelas atividades agropecuárias do entorno e pela ausência de práticas de conservação de solo, aliada à condição irregular das matas ciliares. A EMATER tem sugerido o plantio de chuchu (*Sechium edule* L.), principalmente pela sua facilidade de cultivo e pouca susceptibilidade à pragas e doenças, para que sejam plantadas em parreiras a céu aberto e em associação com árvores nativas nas áreas de preservação permanente (BRIGANTE et al., 2003a; 2003c).

As Reservas Legais deverão estar constituídas por espécies nativas, podendo ser incluído nessa categoria, os remanescentes florestais situados fora das áreas de preservação permanente (NAVE et al., 1997). Os SAF's, para essa situação, também podem contribuir para a sua formação, na tentativa de recompor as alterações sofridas na paisagem, em especial a retirada indiscriminada da cobertura vegetal nativa da encosta e da mata ciliar. Dessa forma, seriam evitados os desenvolvimentos de culturas temporárias que exigem grande movimentação do solo, favorecendo o aumento do deslocamento de materiais inorgânicos a partir de sua origem (BRIGANTE et al., 2003a).

#### **4.4.3.11. Funções, serviços e externalidades ambientais promovidas pelos SAF's**

Além do cumprimento das exigências legais, outros benefícios promovidos pelo reflorestamento por meio de SAF's:

- Seqüestro de carbono por meio do processo fotossintético auxiliando na diminuição do aquecimento global;
- Redução da intensidade dos fenômenos erosivos, pelo efetivo recobrimento do solo;
- Contribuição no processo de regularização da vazão dos mananciais hídricos;
- Diminuição da pressão sobre os remanescentes da vegetação nativa, influenciando positivamente no microclima;
- Garantia de uma maior estabilidade ecológica das áreas de regeneração natural, APP e ARL, e conseqüente aumento da biodiversidade, estimulando os mecanismos de controle biológico;
- Servindo como abrigo, refúgio e fonte de alimento para a fauna silvestre;
- Contribuição ao processo global de aprimoramento científico e tecnológico, pela geração de novas técnicas na parte agroflorestal do empreendimento;

- Melhor aproveitamento do solo em nutrientes e em luminosidade, aumentando a capacidade produtiva do sítio e a ciclagem de nutrientes;
- Eficientes para a recuperação de áreas degradadas: a) possibilitam a fixação e incorporação de nitrogênio ao ecossistema, com a utilização de leguminosas; e b) produzem maior biomassa por unidade de área;
- Devido à carência de madeira, as árvores constituem um “capital em pé”, comportando-se como um empreendimento bastante seguro;
- Reduzem os riscos da monocultura (sazonalidade de preços, clima, pragas e doenças, etc.);
- Quando bem planejada e em parceria com a agroindústria, gera emprego e aumento de renda, além de permitir um melhor aproveitamento da mão-de-obra; e
- Devido à necessidade de menor uso de defensivos agrícolas, menores riscos de doenças aos seres humanos e menor custo de produção.

#### **4.4.3.12. Fatores limitantes dos SAF's**

- Pode ocorrer competição entre as árvores e, ou, culturas por luz, nutrientes e água;
- Efeitos negativos das espécies introduzidas sobre aquelas de maior interesse (alelopatia);
- Caso não seja feito um manejo eficiente, pode ocorrer uma excessiva exportação de nutrientes pelas colheitas agrícolas ou florestais.

#### **4.4.3.13. Considerações finais**

No Brasil já existem muitos consórcios implantados e bem sucedidos, tanto em instituições de pesquisa como em área de produtor. No entanto, necessita-se avaliar parâmetros quantitativos e qualitativos das variáveis do meio biofísico dos SAF's de interesse sócio-econômico já existentes no meio rural.

A pesquisa mostra que SAF's conduzidos adequadamente são ferramentas importantes no contexto do desenvolvimento sustentável. Constituem também abordagens viáveis nas ações de recuperação de áreas degradadas, principalmente aquelas degradadas por pastagens.

Do ponto de vista sócio-econômico, vários autores apontam vantagens, tais como: a) aumento das oportunidades de renda por unidade de área; b) maior variedade de produtos e, ou, serviços; c) melhoria da alimentação e nutrição humana, principalmente no contexto da agricultura familiar; d) diversidade de culturas e redução de riscos; e) amortização de custos de plantio e condução florestal; f) melhoria da distribuição de renda e mão-de-obra rural; g) redução de algumas práticas culturais do sistema convencional; e h) contribuição no manejo de paisagens.

No entanto, para muitos autores, é necessário estudo mais aprofundado em diversos aspectos relacionado com sistemas agroflorestais, como ciclagem de nutrientes, ciclo

hidrológico, análises econômicas, espécies potenciais, o componente animal, erosão e incidência de pragas e doenças, para que se possam definir melhor os indicadores de sustentabilidade para estes sistemas.

Ainda que os SAF's sejam preconizados como uma alternativa capaz de promover mudanças ambientais e sociais, principalmente, em regiões tropicais úmidas, fatores sócio-econômicos, culturais e políticos, têm impedido a criação de um cenário suficientemente atrativo para que os diferentes segmentos da sociedade adotem essa modalidade de uso da terra.

Na área tecnológica, esta não adoção pelos pequenos agricultores, está centrada, principalmente, na falta de informações de como manejar sistemas tão complexos e específicos para cada região. Todos esses fatores dificultam a generalização das conclusões das pesquisas e das recomendações extensionistas. Existe a necessidade para maior número de estudos sobre a auto-ecologia das espécies utilizadas.

Mudanças na economia de subsistência nas regiões tropicais, para uma economia de mercado dos SAF's, exigem estudo, desenvolvimento e aperfeiçoamento de tecnologias para esta modalidade de uso da terra. Deseja-se que essas tecnologias sejam capazes, de integrar ações antrópicas e ambientais, evitando tanto a degradação das terras como a exploração desordenada da floresta, e melhorar a renda dos pequenos produtores, assim, diminuindo o êxodo rural.

Existe a necessidade de desenvolver estudos sobre a) os tipos existentes de sistemas agroflorestais e quais seus componentes; b) a relação entre a diversidade e a estabilidade dos sistemas incluindo os vários parâmetros indicadores (por exemplo, rendimento líquido e ciclagem de nutrientes); e c) o conhecimento local sobre o estabelecimento, o manejo e o aproveitamento destes sistemas e de seus componentes. Os estudos devem conscientizar os pequenos agricultores a exercer um senso crítico sobre os mercados e a comercialização dos produtos gerados pelos SAF's. Tais pesquisas podem tornar os SAF's competitivos frente a alternativas de agropecuária e silvicultura convencionais.

Como prática agroecológica que busca ser sustentável, os SAF's tem chamado a atenção nos últimos anos por apresentarem uma gama de aspectos vantajosos aos modelos convencionais. Entretanto, conforme se verificou ao longo deste Estudo de Caso, são muitos os fatores, bióticos, abióticos e sociais, que estão envolvidos dentro de um sistema agroflorestal.

Muitas das interações possíveis de ser encontradas em um SAF ainda não foram estudadas. Portanto, a potencialidade deste sistema de aliar aspectos ecológicos de ecossistemas naturais com a exploração agropecuária e florestal estimula a realização de mais estudos sobre os SAF's. Mediante a grande aceitação e adotabilidade por parte dos agricultores em diversas regiões, é necessário um trabalho de difusão dos sistemas já definidos, com a participação dos produtores em todo o processo. Deve haver um enfoque sistêmico que resgate a importância das árvores no sistema de produção, particularmente pela deposição de serapilheira e matéria orgânica ao solo, fundamentais para procedimentos de recuperação ambiental.

Considerando, historicamente, que as riquezas brasileiras, como as florestas, têm sido exploradas apenas extrativamente, geram divisas e desenvolvimento para outros países. Por este motivo, o país está na iminente possibilidade de importar madeira em função do possível “apagão florestal”. Os SAF’s podem colaborar para alterar este contra-senso, gerando riqueza a partir desse ativo, investindo em tecnologia e produtividade, gerando diferenciais competitivos que agreguem valor ao material. Ações de incentivo ao plantio e à produção sustentável de madeira são indispensáveis; porém devem estar acompanhadas de estímulo à agregação de valor, que gera empregos e inclusão social. Os SAF’s favorecem a exploração florestal racional.

#### **4.4.3.14. Recomendações**

- Incluir a Ciência Agrossilvicultura em programas de educação ambiental e também como disciplina obrigatória nos cursos voltados para as ciências agrárias;
- Realizar novas pesquisas posto haver uma grande lacuna a ser preenchida para o desenvolvimento de desenhos de novos consórcios;
- Avaliar o comportamento e o efeito das espécies consorciadas, em relação a dinâmica nutricional; distribuição e quantificação de raízes no sistema; quantificação e caracterização química da fitomassa produzida e estocada no solo; estabilidade produtiva ao longo do ciclo de produção; e mudanças na fertilidade do solo;
- Desenvolver pesquisas no campo da fisiologia para avaliar o processo de competição entre as espécies consorciadas;
- Realizar ensaios em áreas de produtores, contemplando aspectos agrônômicos e econômicos dos cultivos para validar o sistema de produção nesta condição;
- Desenvolver estudos para avaliar as implicações ambientais e sociais decorrentes da implantação dos consórcios em área de produtor;
- Estabelecer faixas aceitáveis, examinar tendências de variações com o tempo e incluir estimativas ou variações associadas às medições, para a interpretação de indicadores de sustentabilidade;
- Desenvolver e avaliar diversos indicadores de sustentabilidade ambiental, levando em consideração o solo, a ciclagem de nutrientes, os recursos hídricos, a conservação genética, além de indicadores sócio-econômicos em nível de unidade de manejo;
- Aproveitar o potencial florestal brasileiro para suprir a) a necessidade de geração de emprego e renda; b) fixar o homem nas áreas rurais evitando os problemas advindos do êxodo e a conseqüente urbanização; e c) promover uma melhor distribuição de renda. Projetos bem estruturados com essas preocupações têm grande possibilidade de serem aprovados como viáveis ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. Como uma das externalidades benéficas, a recuperação sócio-ambiental.

## 5. CONCLUSÕES

A visão aqui proposta é ecologicamente sustentável, economicamente viável, socialmente justa e culturalmente passível de ser aceita, desde que trabalhada com responsabilidade e determinação.

Porém, inicialmente, é necessário que haja um amplo processo de reestruturação dos modelos de produção e de desenvolvimento. Devem ser priorizadas as questões sociais, objetivando uma melhor distribuição de renda, para que sejam reduzidas as desigualdades sociais. Dessa forma, busca-se atingir o desenvolvimento sustentável, devendo estar apoiado sobre três pilares: a) eficiência econômica; b) justiça social; e c) prudência ecológica. Ou seja, o objetivo poderá ser alcançado com os princípios sugeridos da ecoeficiência somados a princípios éticos, fundamentais para se atingir o desenvolvimento sustentável.

As inovações tecnológicas que ocorreram nas últimas décadas ampliaram significativamente o rendimento e melhoraram as condições de trabalho no campo. O aumento de produtividade foi notável a partir da introdução de bens de capital, insumos e novas tecnologias que a indústria tem disponibilizado ao mercado. Entretanto, trouxe efeitos colaterais negativos em função de erros e exageros, os quais eventualmente, causam prejuízos a consumidores, aos agricultores, enfim, a toda sociedade e ao meio ambiente.

Dessa forma, o atual “progresso” tem sido caracterizado por uma crescente acumulação e concentração de capitais, os quais também têm gerado uma crescente desigualdade social, no Brasil e em todo o mundo. Assim, esse modelo de desenvolvimento tem sido produtor de subdesenvolvimento. Vale lembrar que a miséria é incompatível com o equilíbrio e a sustentabilidade ambiental: não cessando esse processo, a degradação persistirá e, todos os esforços para a recuperação ambiental, terão sido em vão. Por esse motivo, é preciso criar uma nova consciência na sociedade, onde sejam desenvolvidos princípios éticos, para que realmente se empenhe em superar a crise planetária atual. Tem havido, recentemente, uma reação da sociedade contra esses excessos e equívocos, evidenciando a possibilidade das necessárias correções de rumo.

As estratégias que conduzirão ao desenvolvimento sustentável, para que sejam viáveis, deverão induzir os agentes sociais mais dinâmicos a uma articulação, em âmbito local, da qual resultem sinergias. Deve-se desenvolver competências e estimular habilidades visando

à transformação do indivíduo para que ocorra uma mudança estrutural da sociedade, permitindo, dessa forma, que os objetivos, as linhas de ação, as propostas de política pública e as formas de gestão, tornem-se factíveis. Caso contrário, por melhor que possam parecer, essas estratégias não alterarão a condição atual. Não haverá perspectiva sustentável para as atividades produtivas e comerciais sem a participação de uma comunidade local dinâmica que caminhe nessa direção. A possibilidade de acreditar que a superação das dificuldades rumo à sustentabilidade pudesse ser elaborada em locais externos a uma determinada comunidade, deve ser totalmente descartada, mesmo considerando satisfatórias as políticas decorrentes das estratégias propostas pela Agenda 21 Brasileira. Também, tal superação não deve resultar de ações isoladas de uma organização pública ou privadas.

Experiências indicam que tais inovações costumam ter sucesso somente quando impulsionadas pela elaboração de diagnósticos regionais por organizações de pesquisa, de extensão e de educação popular, capazes de mobilizar e articular cooperativas, associações, enfim, os agentes sociais locais mais dinâmicos. É preciso que haja participação das instituições políticas nesse processo, para que os resultados econômicos e sociais sejam sustentáveis, com a promoção efetiva do desenvolvimento humano.

Portanto, o modelo de crescimento que origina degradação ambiental e humana precisa ser alterado, posto que os recursos, como também, o tempo, são escassos. A obtenção de soluções deve ser ágil, porém baseadas em gerenciamento responsável e com pensamento na segurança e no bem-estar das gerações futuras. A partir do momento em que os problemas ambientais sejam reconhecidos como fruto de processos produtivos que visam exclusivamente a maximização econômica e lucros, ficará evidente que os processos de exploração e acumulação precisam ser alterados, posto existir uma forte contradição entre os princípios básicos de funcionamento desse tipo de capitalismo e a conservação do equilíbrio ambiental. A redução sustentável da pobreza exige um crescimento equitativo, precisando, portanto, do fortalecimento da base política para que possa atender às carências sociais dos cidadãos. Nesse processo, a preocupação com a educação formal, ambiental e política de toda a sociedade é fundamental.

Deve-se entender que a disponibilidade de matéria-prima é limitada, como também a velocidade de reprodução dos recursos renováveis. A capacidade de absorção de resíduos dos sistemas produtivos, industriais e agroindustriais, urbanos e rurais, são insuficientes para acompanhar de forma duradoura e sustentável, o ritmo de crescimento acelerado, sem a ocorrência de um colapso ecológico.

Procedimentos de avaliação de impactos ambientais, licenciamento e certificação, quando bem conduzidos, podem se tornar fortes aliados para o desenvolvimento do diálogo e da cooperação entre os representantes das empresas, das comunidades, do governo e dos ambientalistas. Devem ser respeitadas as diversidades culturais, adaptando-as à nova realidade e necessidades atuais, para que possam atender aos recentes desafios ambientais. Nesse contexto, a educação ambiental é fundamental. Por meio da sua adoção o indivíduo passa a exercer o seu direito de cidadão, produzindo transformações que contribuirão para a



coletividade. Considerando a urgência para a solução da crise ambiental, as propostas devem surgir rapidamente e a sua implementação imediata, com manutenção e aperfeiçoamentos constantes. Dessa forma a sociedade manter-se-á atualizada com a dinâmica dos problemas locais e globais, favorecendo o desenvolvimento sustentável.

Deve haver a sublimação da teoria da evolução para que ocorra a adequação da teoria generativa e a do capitalismo natural, que ressaltam a cooperação entre as diversidades e garantem níveis elevados de eficiência. Na natureza, as variadas combinações da fauna e da flora oferecem soluções diversas. A riqueza das florestas tropicais é demonstrada por sua biodiversidade. As monoculturas levam à degeneração, ao aumento de pragas e doenças que, com o passar do tempo, reduzem as chances de sobrevivência. Somente quando a diversidade genética e cultural for promovida ativamente é que a qualidade de vida será melhorada. Isso vai de encontro com todas as tendências convencionais da agropecuária, da silvicultura, da indústria e do comércio, que se assemelham às monoculturas.

Na promoção da diversidade, deve-se modernizar a metodologia. A complexidade do mundo atual impede o seu funcionamento sem que haja o livre acesso à informação, baseado em tecnologias facilmente compreensíveis e disponíveis a todos. Soluções duradouras para problemas complexos podem ser aquelas extremamente fáceis: precisam apenas ser reinventadas e postas em prática. O ensino precisa tomar um novo rumo, com orientação sobre qual é a melhor maneira de aprender e sobre como ser estimulado para tal, particularmente a educação básica. Deverá conter como condição prioritária, orientações ético-morais.

A pesquisa científica deverá ser ampliada para que sejam conhecidos os principais processos e mecanismos, com a devida fundamentação, necessária para a recuperação dos ecossistemas e a proteção àqueles ainda não ameaçados pela deterioração de suas quantidade e qualidade. As questões relacionadas ao desenvolvimento científico e tecnológico surgidos recentemente evidenciam que se deve evitar a compartimentação. A interdisciplinaridade dos diferentes enfoques é essencial, pois permite entender os processos ambientais e conhecer as ferramentas disponíveis para manejá-los, facilitando o seu monitoramento. Dessa forma, fica facilitado o desenvolvimento de novos modelos de produção e de consumo que poupem matéria-prima e gere um menor volume de resíduos, conservando os recursos naturais.

Essa situação, caso estabelecida, permitirá no futuro que haja mudanças nas relações sociedade/natureza, reduzindo a sua importância econômica. Para isso é necessário que ocorram transformações entre os homens, de forma consciente, resultante de uma inteligência crítica que descubra as reais formas de organização política da vida, formulada em termos de finalidades. Nesse sentido, não podem conter senão opções éticas. Essa nova sociedade deverá adotar um novo modelo de produção e desenvolvimento, baseados na equidade e justiça social, na organização do trabalho e na geração de renda, ficando definitivamente estabelecidas as bases de cooperação. Deve haver, acima de tudo, liberdade de decisões: mas é imprescindível que haja solidariedade entre todos os seus membros, originando uma realidade de existência, fundamentando, dessa forma, uma sociedade complexa.

O objetivo deve ser a recuperação sócio-ambiental, permitindo melhor condição de vida a toda população, com maior equidade social. Considerando a enorme base produtiva rural brasileira e a necessidade de geração de emprego e renda, nos meios rural e urbano, deve haver uma parceria com os segmentos destes setores. Essa conciliação apontaria um progresso com ordem para a utilização dessa enorme base de produção, com o apoio da ciência, tendo o ser humano e o meio ambiente como referências básicas.

Em questões de desenvolvimento sustentável, a educação, a formação de novos valores e uma ética social voltada para a proteção e recuperação dos recursos naturais são fundamentais. Essa ética pode contribuir muito ao promover uma revolução no comportamento de pessoas, como a alteração dos atuais padrões de consumo, e instituições, diante da escassez dos recursos e sua degradação. Quando a compreensão do problema for mais profunda (soluções científicas e de engenharia) e estiver disseminada por toda a sociedade (nos avanços políticos, gerenciais e de organização institucional), a segurança coletiva e a segurança individual relacionada aos recursos estarão garantidas, proporcionando alternativas de melhor qualidade de vida e maior capacidade produtiva a toda a humanidade.

Entretanto, há que se considerar, da impossibilidade de dissociação das relações homem/natureza e da importância do capital na promoção do desenvolvimento sustentável. São relações que permanecerão intimamente interligadas, devendo, portanto, todas as soluções propostas estarem assentadas nessa realidade: na evidência da interdependência entre economia e meio ambiente. Por esse motivo, as questões ambientais devem ser repensadas, com um maior nível de consciência, onde se perceba que elas não podem ser compreendidas isoladamente, posto serem sistêmicas, interconectadas e interdependentes. Portanto, é necessário que se conheçam os processos físico-químicos, político-econômicos e socioculturais, posto que a intercessão desses processos dá origem à estrutura socioespacial que expressa a maneira como as classes sociais e a economia se estruturam.

A História mostra que os processos de degradação são sistêmicos e cíclicos. Logo, é necessária vigilância contínua e muita pesquisa, para que os processos que geram degradação sejam contidos em sua fase inicial. A educação, a ética, a política, a cultura, devem sempre caminhar juntas, transcendendo aos apelos capitalistas atuais, lembrando sempre que a qualidade do meio ambiente é fundamental para um bom nível da qualidade de vida, da atual e das futuras gerações. Portanto, é necessário que o novo modelo de desenvolvimento considere uma visão diferenciada do trabalho, que implica em profundas transformações nos processos dos diversos setores produtivos, na alteração dos hábitos de consumo dos países desenvolvidos e uma maior solidariedade entre as nações. Devem agir não como empresas de assistência técnica, mas sim permitindo e viabilizando o acesso dos países menos desenvolvidos aos avanços científicos e tecnológicos. Atualmente, a recuperação ambiental associada a todos esses conceitos, deve ser prioridade para que seja possível o desenvolvimento sustentável.

## 6. OBSERVAÇÕES FINAIS

É necessária a alteração dos modelos de produção e de desenvolvimento atualmente praticados no Brasil. A escassez dos recursos, associada aos danos causados pela poluição e a miséria crescente nos meios urbano e rural, evidenciam que esse modelo gera degradação. Porém, para que sejam alcançadas as transformações necessárias, é preciso a definição de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento sustentável, exigindo um grande esforço do conjunto de atores sociais, econômicos e políticos. Isso envolve as esferas governamentais, o setor produtivo, as organizações da sociedade e, inclusive, cada membro da comunidade: ou seja, são necessárias mudanças individuais.

Considerando o setor rural, sem uma reorientação do ensino e da pesquisa em ciências agrárias, será impossível obter o conhecimento exigido para o desenvolvimento de sistemas sustentáveis nos diferentes espaços ecológicos do nosso país. O desafio ainda é maior para a ciência do solo, que deve buscar maior interação com outros campos científicos e enfatizar as correlações entre a física, química e a biologia dos solos. Quaisquer programas de ocupação ou de uso do solo com seus respectivos sistemas de manejo, necessariamente deverão incluir o homem como componente do ecossistema, evidenciando que o seu uso inadequado resultará em perdas econômicas. Deverão integrar o gerenciamento do solo e das atividades agropecuárias e florestais com o gerenciamento dos recursos hídricos.

Nas regiões de pecuária que utilizam o sistema extensivo de criação, responsável pela maior quantidade de áreas degradadas no Brasil, deve-se adotar o sistema de integração agricultura-pecuária para recuperá-las. Tal sistema prioriza a produção de grãos e carne com qualidade, baseado em princípios de sustentabilidade, aplicação de recursos naturais e regulação de mecanismos para a substituição de agroquímicos. Deve-se utilizar instrumentos adequados de monitoramento dos procedimentos de todo o processo, para que ocorra a viabilidade econômica e conservação ambiental, com maior equidade social. Portanto, é necessário buscar alternativas que visem o aumento de produtividade, reduzindo a necessidade de expansão da produção por meio da abertura de novas fronteiras agrícolas.

Tais modelos de produção e desenvolvimento devem priorizar as pequenas e médias propriedades do modelo familiar, por três motivos básicos: 1) pelo grande número de mão-de-obra disponível e carente de emprego, com baixo investimento em capital; 2) pelo menor impacto ambiental negativo que produzem no meio ambiente; inclusive, até mesmo com

ajustes na legislação referente às áreas de preservação, particularmente devido ao pequeno tamanho de suas propriedades, muitas vezes situada em áreas marginais para a produção; e 3) pelo fato do modelo predominante em curso, baseado no assistencialismo ou na compensação por perdas, não estar beneficiando da mesma forma o modelo familiar e o agroquímico empresarial, como também não tem garantido a segurança alimentar equitativa.

A política agrícola governamental deverá seguir uma trajetória que corrija distorções de mercado e do próprio crédito rural, reduzindo o financiamento ao capital de giro para o plantio e a comercialização. Deverá ser estimulado e ampliado o crédito de investimento, com prazos de pagamentos dilatados e com juros reduzidos e fixos. Com essa reorientação, poderá ser alcançado o objetivo de incentivar o aperfeiçoamento e a modernização do sistema produtivo para ganhar produtividade, de tal forma que a) possibilite uma maior geração de renda ao produtor rural; b) garanta a sustentabilidade do negócio; e c) favoreça a fixação do homem ao meio rural, particularmente aqueles do modelo de produção familiar.

As grandes empresas rurais, mesmo sujeitas a proibições e a multas impostas pela legislação, têm-se mostrado insuficientes para a resolução dos problemas ambientais, também por três motivos básicos: a) pela grande extensão territorial brasileira, que dificulta a fiscalização e o monitoramento; b) pelo número reduzido do seu quadro funcional, que não garante a agilidade necessária para a execução dessa função; e c) pela escassez de recursos financeiros associada a baixa capacitação técnica e operacional dos órgãos ambientais; além do comprometimento próprio em algumas situações.

Há necessidade de ressaltar para cada comunidade, por meio das ONGs e dos movimentos sociais, via treinamento dos professores do ensino fundamental, a importância histórica e cultural da região, enfatizando as particularidades locais, dando início à formação de uma visão compartilhada, criando campo para uma gestão descentralizada dos recursos. Há que se ressaltar, também, a importância das minorias étnicas, com repositório de conhecimentos referentes ao uso adequado do ambiente, incorporando a variável ambiental em suas práticas e prioridades, devendo ser tratada com políticas diferenciadas.

A partir dessas medidas, no médio e longo prazo, a inclusão social dar-se-á espontaneamente, favorecida por ações de educação ambiental. Dentro dessa nova condição, as políticas públicas voltadas para o crédito rural, precisam ser reestruturadas para os pequenos produtores, posto que a) é inadequado e de difícil acesso; e b) a rede de assistência técnica e extensão, atende apenas em parte às necessidades de produtores rurais e empreendedores, pelo fato de estar mal aparelhada e não possuir uma estratégia unificada de desenvolvimento rural. Para isso, impõe-se a participação efetiva dos centros de pesquisa e ensino, buscando soluções alternativas, viáveis e de baixo custo, para a solução destes problemas.

## 7. SUGESTÕES

Um dos grandes problemas enfrentados na área rural refere-se a baixa disponibilidade de recursos financeiros para custeio e investimento. Somado à sua pequena área e, com as limitações técnicas existentes, faz-se necessário buscar alternativas inovadoras e conjuntas, para que seja evitada a perpetuação dos casos de pauperização que conduzem à degradação. Para isto, deve-se propiciar às associações, cooperativas e demais categorias de classe, bem como toda a classe política, estabelecerem e implementarem uma política agrícola compactuada e definitiva, inclusive preocupados a) com a comercialização, buscando novos nichos de mercado, como aquele dos produtos orgânicos; b) com a garantia de preços mínimos justos, inclusive com a possibilidade de serem subsidiados, cabendo considerar que sejam estipulados de tal forma que estimulem a competitividade e o aumento de produtividade; e c) a concessão de crédito associada ao seguro rural, reduzindo riscos de perdas e a futura inadimplência, para que possam, assim, ser estabelecidas as metas de sustentabilidade com maior equidade social.

O crédito rural se tornará viável com o uso de uma das maiores novidades dos últimos anos em termos de instrumento da Política Agrícola, que foi a elaboração e a implantação do zoneamento agrícola do Ministério da Agricultura. Tal zoneamento permite ao agricultor aumentar a produtividade por meio do uso de tecnologias, com a chance de reduzir os riscos diante dos fenômenos climáticos previsíveis com certa margem de probabilidade. Os agentes financeiros e de seguros ficaram estimulados com esta ferramenta que valoriza as recomendações técnicas, que induz à racionalização do sistema produtivo e à utilização de tecnologias recomendáveis. A alternativa deve ser vincular o Programa de Garantia da Atividade Agropecuária - PROAGRO, ao zoneamento agrícola, cuja adoção plena é capaz de induzir à redução de riscos para o produtor e o financiador.

Ficam também como sugestões diversas:

- Priorizar políticas públicas para o setor agropecuário e florestal que estimulem a implementação de um novo modelo de produção e de desenvolvimento, cujas características a) contemplem a melhor distribuição da população rural no país, favorecendo a reforma agrária de uma forma mais abrangente; b) priorizem a produção de alimentos básicos voltados para as populações mais carentes; c) estimulem o manejo adequado dos solos, necessitando para isso de investimento em assistência técnica para a

- capacitação dos produtores; d) fiscalizem a alocação correta dos recursos hídricos, respeitando a legislação ambiental e incluindo o licenciamento ou o autolicensing como necessidade básica; e) pressuponham o uso de tecnologias adequadas para cada região, estimulando a implantação de sistemas agroflorestais que favoreçam o uso múltiplo das florestas, associados às agroindústrias e baseados no princípio de Emissões Zero;
- Direcionar as pesquisas científicas e tecnológicas com vistas a avanços que sejam incorporados pelo setor produtivo, devendo proporcionar vantagens para o meio ambiente, de acordo com as seguintes vertentes: a) desenvolvimento industrial de alta tecnologia associado a um sistema de gestão que favoreça o manejo; b) utilização do conhecimento pela estrutura produtiva existente visando produção sustentável; c) gerar empregos e, inclusive, atrair pessoas no meio urbano em condição de degradação, para esse novo mercado; e d) estímulo a empreendimentos voltados para a recuperação sócio-ambiental;
  - Estimular a implantação de projetos de irrigação em regiões carentes onde exista grande disponibilidade de mão-de-obra, portanto, com a necessidade da geração de emprego e renda. Há que se considerar, que deverá haver disponibilidade hídrica e que sejam realizados, anteriormente, a) o Estudo de Impacto Ambiental; b) o Licenciamento Ambiental; c) a pesquisa da viabilidade e da garantia da concessão da Outorga do direito de uso da água; e d) a preocupação com o planejamento do manejo das áreas irrigadas. Tais projetos aumentam efetivamente a produtividade, com possibilidades reais de geração de emprego e renda, permitindo, inclusive, não só reduzir o êxodo rural, como também atrair a população periférica urbana para o setor rural, reduzindo o caos das cidades;
  - Promover conexões envolvendo parcerias do setor público-privado, incluindo governos, instituições acadêmicas e empresariais, voltadas à implantação de sistemas de produção diversificados e naturais, em conglomerados agroindustriais regionais, onde sejam estimulados os conceitos de “Emissões Zero”. As soluções devem ser criativas e conectadas aos problemas emergenciais da atualidade, demonstrando sua viabilidade científica e econômica;
  - Melhorar a capacitação dos Recursos Humanos e promover a troca de experiências em relação a avanços tecnológicos alcançados durante a implementação de grandes projetos, de forma que iniciativas bem-sucedidas possam ser reproduzidas em outros lugares e na devida escala, respaldada por indicadores de sustentabilidade;
  - Facilitar a formação de redes de comunicação entre cientistas e instituições de pesquisas, com a criação de banco de dados, para compartilhar experiências quanto ao uso de tecnologias nativas e de inovações modernas, reduzindo o custo e o tempo das pesquisas, visando o descobrimento de conhecimentos a partir da natureza;
  - Redirecionar o modelo adotado de pesquisa, evitando a sua descontinuidade, ampliando o tempo fornecido aos cursos de especialização e exigindo das empresas parceiras nos projetos, um maior comprometimento e o reconhecimento de sua co-responsabilidade na geração de soluções definitivas aos problemas atuais;

- Intensificar a fiscalização nas atividades com maior potencial degradador, posto que foram detectadas lacunas nesse setor, evidenciando a necessidade de maior rigor e de critérios mais definidos. A legislação brasileira para esse fim, embora não seja perfeita, está entre as mais avançadas do mundo e, o seu cumprimento, seria suficiente para evitar o surgimento de processos de degradação; inclusive, a nova proposta de autolicensing com responsabilidade civil, que diminuem o custo desse procedimento, deve ser estimulada;
- Estimular o ecoturismo como forma de educação ambiental e de geração de renda às populações rurais (em 1999, o turismo mundial movimentou 4,5 trilhões de dólares e gerou 192 milhões de empregos, em todo o mundo. Estima-se, atualmente, que o ecoturismo seja responsável por cerca de 10 a 20% desse total, sendo o subsector dessa atividade que apresenta maior crescimento (SEABRA, 2003)). Entretanto, é preciso precaver-se dos possíveis impactos sócio-ambientais, econômicos e culturais causados por essa atividade, devendo ser acompanhado de um planejamento e gestão que possam contribuir para a sustentabilidade dos ambientes visitados;
- Fortalecer regionalmente as organizações ambientalistas com vistas ao monitoramento das atividades impactantes, por meio de formação e treinamento do corpo técnico responsável, de tal forma a tornar esse procedimento mais efetivo e eficiente.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABER, J. D.; MELILO, J. M. **Terrestrial ecosystems**. Orlando: Reinhart Winston, 1978. 428p.
- ACCIOLY, A. M. A.; SIQUEIRA, J. O. Contaminação química e biorremediação do solo. In: ALVAREZ V., H. V.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfológicos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS; UFV, DPS, 1996. p.299-352.
- ACIESP - ACADEMIA DE CIÊNCIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Glossário de ecologia**. São Paulo: ACIESP/CNPq/FAPESP/SCT, 1987. 271p. (Publicação ACIESP, 57).
- ACRA, A. M. **Captação e aproveitamento de águas pluviais das estradas**. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica e Integral. 1984. 12p. (Boletim técnico).
- ADEODATO, S. Pequenas e médias empresas ainda subestimam reciclagem de resíduos. **Gazeta Mercantil**, São Paulo. 01 de jul. 1992. Caderno Especial, p.18.
- ADLARD, P. G. **Sustainability**: the concept of “sustainability” as applied to tree plantation. London: SIPC/WWF, 1993. 32p. (Shell/WWF Tree Plantation Review, 5).
- AIDAR, M. M.; BRISOLA, A. B.; MOTTA, F. C. P. Cultura organizacional brasileira. In: WOOD JR., T. (Coord.) **Mudança organizacional**: aprofundando temas atuais em administração de empresas. São Paulo: Atlas, 1995. p.32-56.
- ALLAN, J. D. **Stream ecology**: structure and function of running waters. New York: Chapman & Hall, 1997. 388p.
- ALMEIDA JÚNIOR, J. S. **Florística e fitossociologia de fragmentos da floresta estacional semidecidual, Viçosa, Minas Gerais**. 1999, 148f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ALMEIDA, D. S. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica**. Ilhéus, BA: Editus, 2000. 148p.
- ALMEIDA, F. G.; GUERRA, A. J. T. Erosão dos solos e impactos ambientais na cidade de Sorriso (Mato Grosso). In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. C. (Org.) **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p.253-274.
- ALMEIDA, J. R. Avaliação de impactos ambientais. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS, 2., 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: BNDES, 1994. p.1065-1075.
- ALMEIDA, S. G. Transição para a agroecologia: a experimentação social faz o caminho. In: ENCONTRO NACIONAL DE AGROECOLOGIA (ENA), 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: AS-PTA, 2003. p.65-69.



- ALMEIDA, S.; PETERSEN, P.; CORDEIRO, A. **Crise socioambiental e conversão ecológica da agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2001. p.30-32.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia: as bases científicas da agricultura alternativa**. Rio de Janeiro: PTA/FASE, 1989. 240p.
- ALTIERI, M. A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. **Agriculture Ecosystems & Environment**, n.74, p.19-31, 1999.
- ÁLVARES V., V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds.) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p.43-60.
- ALVES, E. R. A. Quem ganhou e quem perdeu com a modernização da agricultura brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 39, 2001, Recife. **Anais...** Recife: SOBER, 2001. p.234-257.
- ALVES, E. R. A.; CONTINI, E. Progresso tecnológico e desenvolvimento da agricultura brasileira. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 1987, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANPEC, v. 2, 1987. p.129-144.
- ALVIM, P. T. Tecnologias apropriadas para agricultura nos trópicos úmidos. **Agrotropica**, v 1, n.1, p.5-23, 1989.
- AMADOR, E. S. Comentários sobre a crise ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.) **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p.11-14.
- AMARAL SOBRINHO, N. M. B. Metais pesados em solos brasileiros. In: ALVAREZ, V. H. V.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfológicos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa, MG: SBCS; UFV, DPS, 1996. p.837-853.
- AMOROSO, R. **Alianças e parcerias: uma abordagem baseada na aprendizagem organizacional**. 1994, 128f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ANDERSON, A. B. Land use: strategies for successful extractive economies in Amazonian. **Advances in Economic Botany**, v.9, p.67-77, 1992.
- ANDREAZZI, M. A. R.; MILWARD-DE-ANDRADE, R. Impactos das grandes barragens na saúde da população - uma proposta de abordagem metodológica para a Amazônia. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE ESTUDOS AMBIENTAIS DE FLORESTAS TROPICAIS ÚMIDAS, 1990, Manaus. **Anais...** Rio de Janeiro: Biosfera, 1992. p.370-383.
- ANTUNIASSI, U. R. Agricultura de precisão - aplicação localizada de herbicidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 22., 2000, Foz do Iguaçu, PR. **Palestras...** Foz do Iguaçu, PR: SBCPD, 2000. p.25-45.
- ARAÚJO, J. G. F.; BRAGA, G. M. Articulação pesquisa/extensão rural e seus reflexos no processo de difusão das inovações tecnológicas. **Revista Ceres**, v.33, n. 189, p.413-429, 1986.
- ASSIS, A. F. F. **O solo e as práticas de controle à erosão**. Campinas, SP: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI, 1973. p.13-17. (Relatório Técnico)
- AVILA, M. Sustainability and agroforestry. In: HUXLEY, P. A. (Ed.) **Viewpoints and issues on agroforestry and sustainability**. Nairobi, Kenya: ICRAF, 1989. p. 9-33.
- BANCO MUNDIAL **Gerenciamento de recursos hídricos**. MMA/SRHAL, 1998. 289p.

BANCO MUNDIAL **Relatório sobre o desenvolvimento mundial**: luta contra a pobreza, 2000/2001. 235p.

BARBOSA, S. D.; ESPÍNDOLA, E. L. G. Algumas teorias ecológicas aplicadas a sistemas lóticos. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. (Eds.) **Limnologia fluvial**: um estudo no rio Mogi-Guaçu. São Carlos: RiMa. 2003. p.XV-XXII.

BARROS, N. F. **Notas de aula de SOL 645**: Solos de Ecossistemas Florestais. Departamento de Solos. Universidade Federal de Viçosa, MG. 2003.

BARROS, N. F. **Sustentabilidade da produção de florestas plantadas na região tropical**. Viçosa: UFV, 2000, 124p. (Relatório da CAPES).

BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. Algumas relações solo-espécie de eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.) **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: Editora Folha de Viçosa, 1990. p.1-24.

BARTH, R. C. **Avaliação da recuperação de áreas mineradas no Brasil**. Viçosa: UFV/SIF, 1989. 41p. (Boletim técnico, n. 1)

BARUQUI, F. M.; RESENDE, M.; FIGUEIREDO, M. S. Causas da degradação e possibilidades de recuperação das pastagens em Minas (Zona da Mata e Rio Doce). **Informe Agropecuário**, v.11, n. 128, p. 27-37, 1985.

BASTOS, A. C. S.; FREITAS, A. C. Agentes e processos de interferência, degradação e dano ambiental. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.) **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p.17-75.

BELLIA, V. **Introdução à economia do meio ambiente**. Brasília: IBAMA, 1996. 262p.

BELLINAZZI JÚNIOR, R.; BERTOLINI, D. Capacidade de uso da terra. In: LEPSCH, I. F. (Coord.). **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação das terras no sistema de capacidade de uso**. 2. Ed. Campinas: SBCS, 1991. p.97-107.

BENSAID, D. **Marx, o intempestivo**: grandezas e misérias de uma aventura crítica. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1999. 403p.

BENYUS, J. M. **Biomimicry**: innovations inspired by nature. New York: William Morrow, 1997. 367p.

BERDAGUE, C. S.; SOUZA, M. N.; KILESS, R.; BATISSA JÚNIOR, W.; VIANA, W. **Sistema de gestão ambiental da usina de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos de Viçosa, MG**. Trabalho realizado como parte das exigências da disciplina ENF 686 - Sistema de Gestão Ambiental, do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002. 59p.

BERNARDES, J. A.; FERREIRA, F. P. M. Sociedade e Natureza. In: CUNHA, S. P.; GUERRA, A. J. T. (Org.) **A questão ambiental**: diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p.17-42.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. In: SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. (Eds.) Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura. Brasília: MMA/SRH/ABEAS; Viçosa, MG: UFV/Departamento de Engenharia Agrícola, 1997. p.79-88.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livrocetes, 1985. 392p.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.

BISWAS, A. K. Major water problems facing the world. **Water resources development**, v.1, p.1-14, 1983.

BISWAS, A. K.; GEPING, Q. Guidelines for environmental impact assessment in developing countries. In: BISWAS, A. K.; GEPING, Q. (Eds.) **Environmental impact assessment for development countries**. Londres: Tycooly International, 1987. p.191-232.

BITAR, O. Y.; FORNASARI FILHO, N.; CONSONI, A. J. A abordagem do meio físico em EIA através do estudo de processos: um método recomendado para empreendimentos em ambientes tropicais. **Avaliação de Impactos Ambientais**, v.1, n.2, p.35-45, 1996.

BLUM, W. E. H. Basic concepts: degradation, resilience and rehabilitation. In: LAL, R.; BLUM, W. H.; VALENTINE, C.; STEWART, B. A. (Eds.). **Methods for assessment of soil degradation**. New York: CRC Press, 1998. p.1-16.

BOCKRIS, J. O. M. Environmental chemistry. In: BOCKRIS, J. O. M. (Coord.) **Environmental chemistry**. New York: Plenum Press, 1977. p.1-18.

BOREL, R. Agroforesteria en el CATIE: actualidad y futuro. **Agroforesteria en las Americas**. Turrialba: CATIE, 1997. p.2-3.

BORGER, F. G. Valoração econômica do meio ambiente: aplicação da técnica avaliação contingente no caso da bacia do Guarapiranga. **Ciência Ambiental: Primeiros Mestrados**. São Paulo: Annablume/FAPESP, p.67-81, 1998.

BORGES, E. P. História do processo integração agricultura-pecuária. In: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A. A.; AGNES, E. L. (Eds.) **Manejo integrado: integração agricultura-pecuária**. Viçosa: UFV/DFP/DFT, 2004. p.353-384.

BOTERO, J. A. Contribuição dos sistemas pecuários tropicais na captação de carbono. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. (Eds.) **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: CNPGL/EMBRAPA; Brasília: FAO, 2001. p.399-413.

BOWONDER, B. Environment management conflicts in developing countries: analysis. **Environmental Management**, v.7, n.3, p.211-222, 1987.

BRASIL Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal, 1988.

BRESSAN, M. **Difusão de tecnologia: conceitos e estratégias de trabalho**. Coronel Pacheco: CNPGL/EMBRAPA, 1995. 19p. (Apostila).

BRIDGES, E. M.; HANNAM, I. D.; OLDEMAN, L. R.; VRIES, F. W. T. P.; SCHERR, S. J.; SCOMBATPANIT, S. Introduction. In: BRIDGES, E. M.; HANNAM, I. D.; OLDEMAN, L. R.; VRIES, F. W. T. P.; SCHERR, S. J.; SCOMBATPANIT, S. (Eds.) **Response to land degradation**. Bridges IBSRAM. Science Publishers, Inc. USA, 2001. p.1-9.

BRIGANTE, J.; DORNFELD, C. B.; NOVELLI, A.; MORRAYE, M. A. Comunidade de macroinvertebrados bentônicos no rio Mogi-Guaçu. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. (Eds.) **Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: RiMa, 2003b. p.181-187.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. A bacia hidrográfica: aspectos conceituais e caracterização geral da bacia do rio Mogi-Guaçu. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. (Eds.) **Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: RiMa, 2003a. p.1-13.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. O estudo no rio Mogi-Guaçu: a abordagem metodológica. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. (Eds.) **Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: RiMa, 2003b. p.15-22.

- BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; ELER, M. N. Análise dos principais impactos no rio Mogi-Guaçu: recomendações para orientar políticas públicas. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. (Eds.) **Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: RiMa, 2003d. p.205-230.
- BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; POVINELLI, J.; NOGUEIRA, A. M. Caracterização física, química e biológica da água do rio Mogi-Guaçu. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. (Eds.) **Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: RiMa, 2003a. p.55-76.
- BRIGANTE, J.; SILVA, M. R. C.; QUEIROZ, L. A.; COPPI, E. Quantificação de metais na água do rio Mogi-Guaçu. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. (Eds.) **Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: RiMa, 2003c. p.85-120.
- BROWN, L. R. A ilusão do progresso. In: BROWN, L. R. (Coord.) **Salve o planeta!:** qualidade de vida. São Paulo: Globo, 1990. p.15-31.
- BRUDTLAND, G. H. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988. 430p.
- BRÜSEKE, F. J. A crítica da técnica moderna. **Revista estudos, sociedade e agricultura**, n.10, p.81-103, 1998.
- BUTTEL, F. H. Some observations on states, world orders and tree politics of sustainability. **Organization & Environment**, v.11, n.3, p.261-268, 1998.
- CALLISTER JUNIOR, W. D. **Materials science and engineering: an introduction**. New York: John Wiley & Sons, 2000. 589p.
- CAMINO, V. R.; MÜLLER, S. **Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales:** bases para estabelecer indicadores. San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura/Projeto IICA/GTZ, 1993. 134p. (Série Documentos de Programas/IICA, 38).
- CAPOBIANCO, J. P. R. Desenvolvimento insustentável. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 24 ago. 2002. Caderno especial, p.6.
- CAPORAL, F. R. **A extensão rural e os limites à prática extensionista do serviço público**. 1991, 221f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- CAPRA, F. **The web of life**. New York: Anchor, 1996. 347p.
- CARMO, P. S. **História e ética do trabalho no Brasil**. São Paulo: Moderna, 1998. 144p.
- CARPANEZZI, A. A.; COSTA, L. G. S.; KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C. F. A. Espécies pioneiras para recuperação de áreas degradadas: observação em laboratórios naturais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990. Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1990. p.216-221.
- CARUCCIO, F. T.; GEIDEL, G. **Acid mine drainage: the laboratory and fields settings**. Knoxville: American Society for Surface Mining and Reclamation, 1996. 58p.
- CARVALHO, I. C. M. A questão ambiental e a emergência de um campo de ação político-pedagógica. **Sociedade e Meio Ambiente: a Educação Ambiental em debate**. São Paulo: Cortez, 2000. p.53-65.
- CARVALHO, J. C. Propostas de reformas no licenciamento ambiental no Estado de Minas Gerais. **Jornal do Brasil**, Rio de Janeiro, ano 2, 8 dez. 2003. Caderno JB Ecológico, n.23. p.16-25.

CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J. (Eds.) **Pastagens para gado de leite em regiões de influência da Mata Atlântica**. Juiz de Fora: CNPGL/EMBRAPA, 2000. 178p.

CARVALHO, M. Recuperação de pastagens degradadas em áreas de relevo acidentado. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V.(Eds.) **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.149-161.

CASTELLS, M. **O poder da identidade**. São Paulo: Paz e Terra, v.2,. 1999. 141p.

CASTOR, B. V. J. Tecnologia apropriada: uma proposta de critérios de avaliação e sua aplicação. **Revista de Administração**, v.18, n.2, p.40-47, 1983.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. Importância do conhecimento de solos e nutrição de plantas para o Engenheiro Florestal. **Folha Florestal**, n. 101, p.21-23, 2002.

CASTRO, P. S. Manejo de Bacias Hidrográficas. In: CURSO de Recuperação de Nascentes. 2000. Apostila do curso oferecido pelo **Centro Mineiro de Conservação da Natureza (CMCN)**, Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, 2002.

CAVALET, L. E.; BLEY JÚNIOR, C.; KHUN, O. J. Aplicação de composto de lixo urbano no solo e alterações características de fertilidade. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 4., 2000, Blumenau. **Anais...** Blumenau: SOBRADE, 2000. p.112-117.

CEPLAC - COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA. **Cacau-cabruca**: um modelo sustentável da agricultura tropical. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/cacau-cabruca>>. Acesso em: 12 ago. 2003.

CERNEA, M. M. Como os sociólogos vêem o desenvolvimento sustentável. **Finanças e Desenvolvimento**, p.11-13, dez. 1993.

CERRI, C. C.; ANDREAUX, F.; EDUARDO, B. P. O ciclo do carbono no solo. In: CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Coord.). **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1992. p.73-90.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. **Metodologia científica**. São Paulo: McGraw-Hill , 1972. 158p.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Estudo de impacto ambiental**, 1994. 19p.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Relatório de qualidade das águas interiores do Estado de São Paulo 2001**,. 2002. 387p. (Série/Relatórios - ISSN 0103-4103).

CHAGAS, C. S.; C. S.; OLIVEIRA, H.; NASCIMENTO, M. C.; DALLA RIVA, R. D. **Utilização de imagens de satélite na identificação de níveis de degradação em pastagens naturalizadas de capim gordura na Zona da Mata Mineira**. Trabalho realizado como parte das exigências da disciplina SOL 646 - Recuperação de Áreas Degradadas, do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002. 40p.

CHANG, A. C.; PAGE, A. L.; WARNEKE, J. E.; GRGUREVIC, E. Sequential extraction of soil heavy metals following a sludge application. **Journ. Environ. Qual.**, v.13, n.1, p.33-38, 1984.

CHAPMAN, P. M. The implications of hormesis to ecotoxicology and ecological risk assessment. **Human & Experimental Toxicology**, v.20, p.499-505, 2001.

CHAUÍ, M. Ética e Universidade. **Ciência Hoje**, v.18, n.102, p.38-42, 1994.

CHAVES, H. M. L. **Estimativa da erosão atual e potencial no Vale do Rio São Francisco**. Brasília: FAO TCP/BRA/2257, 1994, 34p. (Relatório final de consultoria).

CHAVES, H. M. L. Modelagem matemática da erosão hídrica: passado, presente e futuro. In: ALVAREZ V., H. V.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfológicos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa, MG: SBCS; UFV, DPS, 1996. p.731-750.

CHAVES, H. M. L. **O modelo WEPP e sua aplicação no Brasil**: descrição do modelo. Campinas: IAC, 1992. p.41-43 (Boletim informativo).

CIFOR - CENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGAÇÕES FLORESTAIS. **Testing criteria and indicators for the sustainable management of forests**: Phase 1, Final report. Indonésia, 1996. p.2-72.

COELHO, C. N. O princípio do desenvolvimento sustentado na agricultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v. 7, n.2, p.7-16, 1998.

COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em áreas urbanas - teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. C. (Org.) **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p.19-45.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução de 06 de dezembro de 1990**, n.13. Brasília: D.O.U. de 28/12/90, seção I, 1999. p.25-41.

CONSTANZA, R. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v.387, p.253-260, 1999.

CONTADINI, J. F. **A implementação do sistema de gestão ambiental**: contribuição a partir de três estudos de caso em indústrias brasileiras do setor de papel e celulose. 1997. 149f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CONTADOR, C. R. **Avaliação social de projetos**. São Paulo: Atlas, 1981. 301p.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO F. A. O. (Org.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.197-226.

COSTA, B. M. Degradação das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 5., 1978, Piracicaba. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1980. p.5-7.

COSTA, N. L.; GONCALVES, C. A.; OLIVEIRA, J. R. C. **Nutrientes limitantes ao crescimento de *Brachiaria humidicola* consorciada com leguminosas em Porto Velho, RO**. Porto Velho: EMBRAPA/UEPAE, 1989. 4p. (Comunicado Técnico, 70).

COSTA, N. L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A.; PEREIRA, R. G. A. **Leguminosas forrageiras na recuperação de pastagens degradadas na região amazônica**. Porto Velho, RO: EMBRAPA/CPAF, 1997. 21p. (EMBRAPA-CPAF Rondônia. Documentos, 36).

COSTA, O. V. **Cobertura do solo e degradação de pastagens em área de domínio de chernossolos no sul da Bahia**. 2000, 133f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

COTRIM, G. **Educação para uma escola democrática**: história e filosofia da educação. São Paulo: Saraiva, 1987. 312p.

COUTO, L. O estado da arte de sistemas agroflorestais no Brasil. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, v.1, 1990. p.94-98.

CPT/EMBRAPA - CENTRO DE PRODUÇÕES TECNOLÓGICAS & EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistemas Silvopastoris**. Disponível em: <<http://www.cpt.com.br/revista>>. Acesso em: 23 jun. 2003.

CRUVINEL, P. E.; ARTAXO, P.; CRESTANA, S. Potencialidade da técnica de indução de raio X por prótons para estudos da contaminação de áreas agrícolas com metais pesados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto, MG. **Trabalhos voluntários...** Viçosa, MG: SOBRADE; UFV/DPS, 1997. p.92-96.

CUNHA, L. H.; COELHO, M. C. N. Política e gestão ambiental. In: CUNHA, S. P.; GUERRA, A. J. T. (Org.) **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p.43-79.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 266p.

CUNHA, S. P. Canais fluviais e a questão ambiental. In: CUNHA, S. P.; GUERRA, A. J. T. (Org.) **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p.219-238.

CURRENT, D.; LUTZ, E.; SCHERR, S. **Cost, benefits and farmer adaptation of agroforestry: lessons form Project Expensive in Central America and Caribbean**. Washington: World Bank, 1996. 4p. (Environment Department - World Bank. Dissemination Notes, 33).

CURSO de Recuperação de Nascentes. 2000. Apostila do curso oferecido pelo **Centro Mineiro de Conservação da Natureza** (CMCN), Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, 2002. n.p.

CURTIA, W.; DYER, K.; WILLIAMS, G. **A Manual for training reclamation inspectors in the fundamentals of hydrology**. , Washington, D.C.: U. S. Dept. of Agriculture, Forest Serri, Northeastern Forest Experiment. Sta., Berea, Ky. U.S. Government Printing Office, 1994. 345p.

DAHLMAN, C. Os países em desenvolvimento e a Terceira Revolução Industrial. In: VELLOSO, J. P. R.; MARTINS, L. (Org.) **A nova ordem mundial em questão**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1993. p.233-278. (Fórum Nacional).

DANIEL, O. **Definição de indicadores de sustentabilidade para sistemas agroflorestais**. 1999, 112f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

DANIEL, O. Proposta para a padronização da terminologia empregada em sistemas agroflorestais no Brasil. **Revista Árvore**, v. 23, n. 3, p.367-370, 2000.

DE FILIPPO, R. Impactos ambientais sobre os ecossistemas aquáticos. **Informe Agropecuário**, v.21, n.202, p.45-53, 2000.

DE JANVRI, A. Um modelo de oferta e demanda por inovação na agricultura. A socioeconomic model of induced innovations for Argentina Agricultural Development. **Quarterly Journal of Economics**. Nova Iorque: Columbia University Press, 1973. p.410-475.

DIAS, L. E. **Caracterização de área degradada e fontes de degradação ambiental**. Notas de aula da disciplina Recuperação de Áreas Degradadas. Departamento de Solos. UFV, Viçosa, MG, 2003a. p.11-33.

DIAS, L. E. Caracterização de substratos para fins de recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V (Eds.) **Recuperação de Áreas Degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.27-44.

DIAS, L. E. Recuperação de áreas degradadas. In: ENCONTRO DE PRESERVAÇÃO DE MANANCIAIS DA ZONA DA MATA MINEIRA, 3., 2003, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: ABES-MG/DEA UFV, 2003b. p.225-268.

DIAS, L. E.; GRIFFITH, J. J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Eds.) **Recuperação de Áreas Degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.1-8.

DIEGUES, A. C. Repensando e recriando as formas de apropriação comum dos espaços e recursos naturais. In: VIEIRA, P. F.; WEBER, J. (Org.) **Gestão de recursos naturais e renováveis: novos desafios para a pesquisa ambiental**. São Paulo: Cortez, 1997. p.407-432.

DONZELLI, J. L.; NEVES, J. L. M.; PIERROSSI, M. A.; FIGUEIREDO FILHO, O. Agricultura de precisão em cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO COPERSUCAR DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 7., 1997, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: COPERSUCAR, 1997. p.371-380.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. B.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Eds.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Soil Science Society of America. Madison: SSSA. 1994. 244p. (Special publication number 5).

DUBÉ, F. **Estudos técnicos e econômicos de sistemas agroflorestais com *Eucalyptus* sp. no noroeste do Estado de Minas Gerais**: o caso da Companhia Mineira de Metais. 1999, 146f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

EL KHALILI, A. **Estado da arte: commodities ambientais**. Disponível em: <<http://www.eco21.com.br>>. Acesso em: 5 jan. 2004.

EL SERAFY, S. The proper calculation of income from depletable natural resources. In: **Environmental accounting for sustainable development**. UNEP/WORLD BANK SYMPOSIUM, 1989. p.10-18.

ELDREDGE, N. Malthus estava certo? **Folha de São Paulo**, São Paulo, 4 abr. 1999. Caderno especial, p.10-11.

ELLIOT, W. J.; FOLTZ, R. B.; LUCE, C. H. Predicting the impacts of forest roads on the environment. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 3, 1997, Vitória. **Anais...** Vitória, ES, 1997. p.99-119.

EMATER 55 anos de EMATER **Jornal "O Tempo"**, Belo Horizonte, 4 dez. 2003b. Caderno de Agronegócios. 12p.

EMATER - EMPRESA BRASILEIRA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. Informações coletadas na Regional da EMATER-MG, Viçosa, 2003a.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. In: CARVALHO, M. M. ; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. (Eds.) **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: EMBRAPA Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001. 414p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Produção de palmito de pupunha em associação com espécies florestais em diferentes espaçamentos**. Disponível em: <<http://www.cpaufac.embrapa.br>>. Acesso em: 23 jun. 2003b.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo/Rio de Janeiro. Práticas de conservação de solos. Rio de Janeiro, 1980. 85p. (EMBRAPA-SNLCS. Série Miscelânea).



EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Uso de resíduos orgânicos em plantios florestais. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/novidades/folhaflorestas/15/pesquisa>>. Acesso em: 23 jul. 2003a.

ENABOR, E. E.; OKOJIE, J. A.; VERINUMBE, I. Taungya systems: socio-economic prospects and limitations. In: WORKSHOP AGROFORESTRY IN THE AFRICAN HUMID TROPICS, 1981, Ibadan. **Anais...** Tokyo: MacDonald, UNU, 1982. p.59-64.

ENA - ENCONTRO NACIONAL DE AGROECOLOGIA. Apresentação ENCONTRO NACIONAL DE AGROECOLOGIA, 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: AS-PTA, 2003. p.7.

EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Inventory of U. S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990-1993**. Cincinnati: National Center for Environmental Publications and Information, 1994. 74p.

ESPÍNDOLA, E. L. G.; BRIGANTE, J. Avaliação das modificações na qualidade da água do rio Mogi-Guaçu: uma análise temporal. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. (Eds.). **Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: RiMa, 2003. p.189-204.

ESPÍNDOLA, E. L. G.; BRIGANTE, J.; DORNFELD, C. B. Estudos ecotoxicológicos no rio Mogi-Guaçu. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. (Eds.). **Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: RiMa, 2003b. p.129-148.

ESPÍNDOLA, E. L. G.; BRIGANTE, J.; ELER, M. N. Avaliação ambiental preliminar do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. (Eds.). **Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: RiMa, 2003a. p.23-53.

ETZIONI, A. **Organizações modernas**. São Paulo: Pioneira, 1967. 190p.

EYSINK, G. G. J.; MORAES, R. P. Subsídios para manejo e recuperação de ecossistemas aquáticos contaminados por metais pesados. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. **Recuperação de Áreas Degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.235-246.

FAETH, P. Análisis económico de la sustentabilidad agrícola. **Agroecología y Desarrollo**, n. 7, p. 32-41, 1994.

FAO Forestry for rural communities. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL SOBRE REFORMA AGRÁRIA Y DESARROLO RURAL, 1979, Roma. **Anais...** Roma: FAO, 1979. p.3.

FARRELL, J. G. Sistemas agroflorestais. In: ALTIERI, M. A. (Org.). **Agroecologia: bases científicas de la agricultura alternativa**. Santiago, Chile: CIAI, 1984. p.15-27.

FARRELL, J. G. The influence of trees in selected agroecosystems in Mexico. In: GLIESSMAN, S. R. (Org.). **Agroecology: researching the ecological basis for sustainable agriculture**. New York: Springer-Verlag. 1990. p.169-183.

FAZENDA ECOLÓGICA. **Formação ecológica de pastagens no cerrado**. Disponível em: <<http://www.fazendaecologica.com.br>>. Acesso em: 23 jun. 2003.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DE MINAS GERAIS. Licenciamento ambiental. Disponível em: <<http://www.feam.gov.br>>. Acesso em: 9 set. 2002.

FEAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DE MINAS GERAIS. **Lixo: como destinar os resíduos sólidos urbanos?** Belo Horizonte: FEAM, 1995. 45p.

FELLENBERG, G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. São Paulo: E.P.U., 1980. 328p.

FERNANDES, E. N. **Sistema inteligente de apoio ao processo de avaliação de impactos ambientais de atividades agropecuárias**. 1997, 122f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FERNANDEZ, O. G. V. **Mudanças no canal fluvial do Rio Paraná e processos de erosão nas margens**: região de Porto Rico, PR. 2001, 85f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Naturais, Rio Claro.

FERREIRA, C. A. G.; FUSER, J. E. ; ZANATT, P. R.; DON WILLIAMS, D. Reabilitação de áreas mineradas de bauxita no planalto de Poços de Calda, MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Trabalhos voluntários...** Viçosa, MG: SOBRADE; UFV/DPS, 1997. p.27-35.

FERREIRA, M. B.; GAVILANES, M. L. Reintrodução de essências nativas na recomposição das formações naturais. **Informe Agropecuário**, v.7, n.80, p.50-58, 1981.

FILHO, N. F.; BRAGA, T. O.; GALVES, M. L.; BITAR, O. Y.; AMARANTE, A. **Alterações no meio físico decorrentes de obra de engenharia**. São Paulo: IPT, 1992. p.144-145. (Boletim Técnico, 61).

FILIUS, A. M. Economic aspects of agroforestry. **Agroforestry Systems**, v.1, p.29-30, 1982.

FISCHER, M. J.; RAO, I. M.; AYARZA, C. E.; LASCANO, C. E.; SANZ, J. I.; THOMAS, R. J.; VERA, R. R. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. **Nature**, v.31, p.236-238, 1994.

FLORES, M. X.; PAEZ, M. L. D.; SILVA, J. S. Planejamento estratégico em C&T: teoria e aplicação. In: GOEDERT, W. J.; PAEZ, M. L. D.; CASTRO, A. M. G. (Eds.) **Gestão em ciência e tecnologia**: pesquisa agropecuária. Brasília: EMBRAPA/SPI, 1994. p.17-46.

FORD, E. D., The dynamics of plantation growth. In: BOWER, G.D.; NAMBIAR, E.K.S. **Nutrition of plantation Forest**. London: Academic Press, 1994. p.234-257.

FÖRSTNER, U.; SALOMONS, W. Trace metals analysis on polluted sediments. In: Assessments of sources and intensities (Part I). **Environm. Tech. Lett.**, v.1, p.495-505, 1980.

FOSTER, G. R. Modeling the erosion process. In: HAAN, C. T.; JOHNSON, H. P.; BRAKENSIEK, D. L. (Eds.). **Hydrologic Modeling of Small Watersheds**. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers, 1982. p.297-382.

FRANCO, A. A. Fixação biológica de nitrogênio na agricultura tropical. In: ALVAREZ, V. H. V.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfológicos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa, MG: SBCS; UFV, DPS, 1996. p.505-523.

FRANCO, F. S. **Diagnóstico e desenho de sistemas agroflorestais em microbacias hidrográficas no município de Araponga, Zona da Mata de Minas Gerais**. 1995. 110f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FRANCO, F. S. **Sistemas Agroflorestais**: uma contribuição para a conservação dos recursos naturais na Zona da Mata de Minas Gerais. 2000, 147f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FRIEDMAN, M. **Capitalism and freedom**. Chicago: The University of Chicago Press, 1962. 172p.

FSC - FOREST STEWARDSHIP COUNCIL. **Padrões de certificação do FSC para manejo florestal em terra firme na Amazônia Brasileira**. Brasília: Grupo de Trabalho do FSC no Brasil, 1998. 33p. (Documento 2.0).

- GALETI, P. A. **Práticas de controle à erosão**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985. 278p.
- GAMA-RODRIGUES, E. M.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F. Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.21, p.361-365, 1997.
- GAZETA MERCANTIL **Gestão ambiental**: compromisso da empresa. Jornal Gazeta Mercantil, São Paulo, 30 abr. 1996. 8p. (Suplemento Especial, 7).
- GEBARA, D. **Estudo da decomposição do lixo em um modelo de célula de aterro sanitário**. 1985, 91f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, São Carlos.
- GESTÃO e NEGÓCIO **A gestão ambiental**. Disponível em: <<http://www.gestaoenegocio.tv>>. Acesso em: 25 nov. 2003.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1987. 206p.
- GILLESPIE, A. J. R. Métodos para monitorar sostenibilidad. In: . SIMPOSIUM BIENAL MÉXICO/ ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA, 5, 1994, México. **Anais...** México: CATIE, 1994, p.36-46.
- GLENBOTZKI, J. W. E. **A problemática do nosso lixo**: uma opção pela coleta seletiva. Rio de Janeiro: R.U.V.A, 1993. 228p.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. 2001. 201p.
- GODARD, O. A gestão integrada dos recursos naturais e do meio ambiente: conceitos, instituições e desafios de legitimação. In: VIEIRA, P. F.; WEBER, J. (Org.). **Gestão de recursos naturais e renováveis**: novos desafios para a pesquisa ambiental. São Paulo: Cortez, 1997. p.17-50.
- GODARD, O.; LEGAY, J.-P. Modelização e simulação: um enfoque da preditividade. In: VIEIRA, P. F.; WEBER, J. (Org.) **Gestão de recursos naturais e renováveis**: novos desafios para a pesquisa ambiental. São Paulo: Cortez, 1997. p.283-302.
- GOEDERT, W.; LOBATO, E. Agronomic considerations of modern agriculture on oxisols. In: INTERNACIONAL SOIL CLASSIFICATION WORKSHOP: CLASSIFICATION, CHARACTERIZATION AND UTILIZATION OF OXISOLS, 8., Brazil. **Proceedings...** Brazil: SBS/SBEF, 1986. p.203-210
- GOHN, M. G. **Os sem-terra, ONGs e cidadania**. São Paulo: Cortez, 1997. 234p.
- GOMES, A. P. C. **Critérios e indicadores de sustentabilidade para o manejo de florestas tropicais**. 2000, 109f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- GOMES, F. S., PESSOTTI, J. E. S., PACHECO, R. M. Exportação de nutrientes por clones de *Eucalyptus urophylla*, em três unidades de solo no vale do Rio Jari. In: CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF EUCALYPTUS, 1997, 3., Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisas Florestais/ IUFRO, 1997. p.209 -214.
- GOMES, L. A. A.; SILVA, E. C.; FAQUIN, V. Recomendações de adubação para cultivos em ambiente protegido. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5º aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p.99-110

GONDOLO, G. C. F. Bacia do Guarapiranga, região metropolitana de São Paulo desafios de um sistema complexo à gestão ambiental. **Ciência Ambiental: Primeiros Mestrados**. São Paulo: Annablume/FAPESP, 1998. p.112-139.

GOODLAND, R. The environmental implications of major projects in the third world development. In: CLESTER, P. (Ed.). **Major project and the environment**. Oxford/Major Proj. Ass., 1989. p.9-34.

GORDON, N. D.; McMAHON, T. A.; FINLAYSON, B. L. **Stream hydrology: an introduction for ecologists**. Chichester: John Wiley, 1992. 526p.

GOUDIE, A; VILES, H. **The earth transformed: an introduction to human impacts on the environment**. London: Oxford, Blackwell Publishers, 1997. 276p.

GRAZIANO NETO, F. **Questão agrária e ecológica: crítica da moderna agricultura**. São Paulo: Brasiliense, 3. ed., 1986. 154p.

GRESPLAN, S. L. **Produção e eficiência nutricional de clones de eucalipto no norte do Espírito Santo e suas relações com características do solo**. 1997, 81f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GRIFFITH, J. J. Gerenciamento da produção agrícola e seu impacto ambiental. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE AGRICULTURA E MEIO AMBIENTE, 1992, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1992. p.75-92.

GRIFFITH, J. J. Informações pessoais. Professor do Departamento de Engenharia Florestal. Viçosa: UFV, out. 2003.

GRIFFITH, J. J. Informações pessoais. Professor do Departamento de Engenharia Florestal. Viçosa: UFV, fev. 2004.

GRIFFITH, J. J. **Recuperação ambiental: uma abordagem sistêmica**. Viçosa: UFV - Departamento de Engenharia Florestal. Universidade Federal de Viçosa, 2002. (Apostila da disciplina ENF391 - Recuperação de Áreas Degradadas).

GRIFFITH, J. J. Recuperar áreas degradadas é zelar pelas futuras gerações. **Informe agropecuário**, v.22, n.210, p.1-2, 2001.

GRIFFITH, J. J.; DIAS, L. E.; JUCKSCH, I. Novas estratégias ecológicas para a revegetação de áreas mineradas no Brasil. In: SIMPÓSIO SUL AMERICANO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS. 1994, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1994. p.31-43.

GRIFFITH, J. J.; DIAS, L. E.; MARCO JÚNIOR, P. A recuperação ambiental. **Rev. Ação Ambiental**, v.2, n. 10., p.8-11, 2000.

GRIFFITH, J. J.; WILLIAMS, D. D. Avaliação da recuperação das áreas mineradas no Brasil. **Brasil Mineral**, p.60-72, 1989.

GUERRA, A. J. T. Encostas e a questão ambiental. In: CUNHA, S. P.; GUERRA, A. J. T. (Org.) **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p.191-218.

GUERRA, M. S.; SAMPAIO, D. P. A. **Receituário agrônomo**. Rio de Janeiro: Globo, 1988. 436p.

GUIMARÃES, M. **Educação ambiental - temas em meio ambiente**. Duque de Caxias: Unigranrio, 2000. p.16-17.

- GUIMARÃES, M. Educação ambiental e a gestão para a sustentabilidade. In: SANTOS, M; SATO, A. (Org.). **A contribuição da educação ambiental à esperança de Pandora**. São Carlos, SP: RiMa, 2001. p.183-195.
- GUIMARÃES, R. P. O desenvolvimento sustentável: proposta alternativa ou retórica neoliberal? In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL O DESAFIO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: A GEOPOLÍTICA, 1995, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 1995. p.4.
- GUNTER, P. **Upsizing**: como gerar mais renda, criar mais postos de trabalho e eliminar a poluição. Porto Alegre, RS: Fundação Zeri Brasil/L&PM, 1999. 356p.
- GUSMÃO, R. **Relação entre gestão ambiental e o desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <<http://www.gestaoenegocio.tv>>. Acesso em: 23 nov. 2003.
- HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbio de esgotos**: um manual para regiões de clima quente. Campina Grande, PB: Universidade Estadual da Paraíba, 1994. 198p.
- HALL, A. O papel das ONGs na resolução de conflitos para o desenvolvimento sustentável. In: BECKER, J.; MIRANDA, A. (Org.) **A geografia política do desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1997. 245p.
- HAMMOND, A.; ADRIAANSE, A.; RODENBURG, E.; BRYANT, D.; WOODWARD, R. **Environmental indicators**: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development. New York: World Resources Institute, 1995. 43p.
- HARRIS, J. A.; BIRCH, P.; PALMER, J. P. **Land restoration and reclamation**: principles and practice. Addison Wesley: Longman, Essex, 1996. 230p.
- HARRISON, M. I.; SHIROM, A. **Organizational diagnosis and assessment**: bridging theory and practice. Thousand Oaks: Sage, 1999. 486p.
- HARRISON, P.; PEARCE, F. (Eds.) **Atlas of population and environment**. Berkeley: American Association for the Advancement of Science. University of California Press, 2000. 598p.
- HAWKEN, P.; LOVINS, A.; LOVINS, L. H. **Capitalismo natural**. São Paulo, SP: Cultrix, 1999. 358p.
- HENRY, C. Dominar ou “contratar” a natureza. In: VIEIRA, P. F.; WEBER, J. (Org.) **Gestão de recursos naturais e renováveis**: novos desafios para a pesquisa ambiental. São Paulo: Cortez, 1997. p.371-390.
- HESS, A. A. **Ecologia e produção agropecuária**. São Paulo: Nobel, 1980. 126p.
- HOEKSTRA, D. A. Economics of agroforestry. In: MacDICKEN, K. G.; VERGARA, N. T. **Agroforestry**: classification and management. New York: John Wiley & Sons, 1990. p.311-331.
- HOFFMAN, A. J. **From heresy to dogma**: an institutional history of corporate environmentalism. San Francisco, California: The New Lexington Press, 1997. 253p.
- HOMEM DE MELO, F. Liberalização comercial e agricultura familiar no Brasil. In: ENCONTRO SOBRE COMÉRCIO INTERNACIONAL, SEGURANÇA ALIMENTAR E AGRICULTURA FAMILIAR, 2001, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Rebrip/Action Aid, 2001. p.56-61.
- HOMEM DE MELO, F. **Prioridade agrícola**: sucesso ou fracasso? São Paulo: FIPE, Pioneira, 1985. 200p.
- HUETING, R., REIJNDERS, L. Sustainability is an objective concept. **Ecological Economics**, v.27, p.139-147, 1998.

HURTUBIA, J. Ecología y Desarrollo: evolución y perspectivas del pensamiento ecológico. In: **Estilos de desarrollo y medio ambiente**. México: Fundo de Cultura Econômica, 1980. p.234-248.

HUXLEY, P. A. The role of trees in agroforestry: some comments. In: HUXLEY, P. A. **Plant research and agroforestry**. Nairobi: ICRAF, 1981. p. 257-270.

IAP - INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Licenciamento ambiental**. Disponível em: <<http://www.iap.gov.br>>. Acesso em: 22 set. 2002.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Flora**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 28 ago. 2003.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília: IBAMA, 1990. 96p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil 1996**. Rio de Janeiro, v. 56, 1996. 346p.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 17 ago. 2003.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (P.N.S.B.)**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 17 ago. 2003.

IKEDA, E. **Remediação e fechamento de lixões**. Departamento de Engenharia Civil/UEM, 2002. 178p.

IPAM - INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA. **Recuperação Florestal de Áreas Degradadas**. Disponível em: <<http://www.ipam.org.br/ecoflor>>. Acesso em: 21 maio 2003.

IPEF - INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. Recursos Naturais. In: SIMPÓSIO IPEF "SILVICULTURA INTENSIVA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL", 3., 1992, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: IPEF, v.8, n.24, 1992a. p.7-17. (Série Técnica).

IPEF - INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. SIMPÓSIO IPEF "SILVICULTURA INTENSIVA E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL", 3., 1992, São Pedro. **Resumos...** São Pedro, SP: IPEF, 1992b. p. 39-55.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT/CEMPRE. (Instituto de Pesquisas Tecnológicas/Compromisso Empresarial para Reciclagem), 1995. 278p.

JACOVINE, A. L. **A economia circular**. Notas de aula da disciplina ENF 750 - Economia de Recursos Naturais Renováveis. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa: UFV, 2002.

JENKINSON, D. S.; LADD, J. . Microbial biomass: measurement and turnover. In: PAUL, E. A.; LADD, J. N. (Eds.). **Soil biochemistry**. New York: Marcel Deckker, 1981, v.5. p.415-471.

JENNY, H. **The soil resource**. New York: Springer-Verlag, 1980. p.113-144.

JOCKYMAN, A. Perspectivas para investimentos de projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. In: **Revista ECO21**, disponível em: < <http://www.eco21.com.br>>. Acesso em: 05 jan. 2004.

- JOLLIVET, M.; PAVÉ, A. O meio ambiente: questões e perspectivas para a pesquisa. In: VIEIRA, P. F.; WEBER, J. (Org.). **Gestão de recursos naturais e renováveis: novos desafios para a pesquisa ambiental**. São Paulo: Cortez, 1997. p.51-112.
- JORDAN, C. F.; KLINE, J. R. Mineral cycling: some basic concepts and their application in tropical rain forest. **Ann. Ver. Ecol. Systematic**, v.3, p. 33-50, 1972.
- JUNK, J. W.; BAYLEY, P. B.; SPARKS, R. E. The flood pulse concept in river-floodplain systems. **Can. Publ. Fish. Aquac. Sci.**, v.106, p.110-127, 1981.
- JUNQUEIRA, J. C. Propostas de reformas no licenciamento ambiental no Estado de Minas Gerais. In: **Jornal do Brasil**, Rio de Janeiro. Caderno JB Ecológico, ano 2, n.23, p. 16-25, 8 dez. 2003.
- KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. CRS Press Boca Raton, 1985. 315p.
- KAGEYAMA, P. Y.; SANTARELLI, E.; GANDARA, F. B. Revegetação de áreas degradadas: modelos de consorciação com alta diversidade. In: SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1., SIMPÓSIO NACIONAL, 2., SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1994, Foz do Iguaçu. **Anais...**Curitiba: FUPEF, 1994. p.569-576.
- KATZ, D.; KAHN, R. L. **Psicologia social das organizações**. São Paulo: Atlas, 3. ed., 1987. 511p.
- KELLE, V.; KOVALZON, M. **Ensayo sobre la teoria marxista de la sociedad**. Moscou: Progreso, 1977. 345p.
- KIEHL, E. J.; KIEHL, J. C. Uso de resíduos orgânicos na agricultura brasileira. In: ALVAREZ, V. H. V.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfológicos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa, MG: SBCS, UFV, DPS, 1996. p.915-930.
- KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, SP: Agronômica Ceres, 1985. 492p.
- KING, K. F. S. **Agrissilvicultura (the taungya system)**. Ibadan: University of Ibadan, Department of Forestry, 1998. 109p. (Bulletin 1).
- KING, L. D. Soil heavy metals. In: ALVAREZ V., H. V.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfológicos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa, MG: SBCS; UFV, DPS, 1996. p.823-836.
- KOBIYAMA, M.; MINELLA, J. P. G.; FABRIS, R. Áreas degradadas e sua recuperação. **Informe Agropecuário**, v.22, n.210, p.10-17, 2001.
- KOBIYAMA, M.; USHIWATA, C. T.; BARCIK, C. Recuperação de áreas degradadas: conceito, um exemplo e uma sugestão. **Bio.**, n.6, p.95-102, 1993.
- KORCAK, R. F.; FANNING, D. S. Availability of applied heavy metals as a function of type of soil material and metal source. **Soil Science**, v.140, n.1, p.23-24, 1985.
- KREINER, A.; MUNASINGHE, M. Managing environmental degradation and natural disasters: an overview. In: KREINER, A.; MUNASINGHE, M. (Eds.) **Managing natural disasters and the environment**. World Bank, Environmental Department, 1991. p.3-6.
- LACERDA, A. C.; BOCCHI, J. I.; REGO, J. M.; BORGES, M. A.; MARQUES, R. M. **Economia brasileira**. REGO, J. M.; MARQUES, R. M. (Orgs.). São Paulo: Saraiva, 2.ed., 2003. 295p.
- LADEIRA, B. C. **Crescimento, produção de biomassa e eficiência nutricional de Eucalyptus spp., sob três espaçamentos, em uma seqüência de idades**. 1999, 132f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Alemanha: Instituto de Silvicultura da Universidade de Göttingen, 1990. 343p.

LANGBEIN, W. B.; SCHUMM, S. **Am. Geophys**, v.39, p.1076-1084, 1958.

LEAVITT, H. J. **Direção de empresas**: psicologia e problemas de administração e chefia. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1967. 248p.

LEITE, I. R. F. A visão empresarial sobre o desenvolvimento sustentado. In: ALVAREZ, V. H. V.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfológicos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa, MG: SBCS; UFV, DPS, 1996. p.368-374.

LELIS, M. P. N. Reciclagem de resíduos orgânicos pelo processo de compostagem. In: ENCONTRO DE PRESERVAÇÃO DE MANANCIAS DA ZONA DA MATA MINEIRA, 3., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: ABES-MG/DEA UFV, 2002. p.26-38.

LEMONS, H. M.; BATMANIAN, G. E depois da Eco? **SENAC e Educação Ambiental**, v. 9, n. 1, p.52-55, 2000.

LESCURE, J.-P.; PINTON, F.; EMPERAIRE, L. Povos e produtos da floresta na Amazônia Central: o enfoque multidisciplinar do extrativismo. In: VIEIRA, P. F.; WEBER, J. (Org.) **Gestão de recursos naturais e renováveis**: novos desafios para a pesquisa ambiental. São Paulo: Cortez, 1997. p.433-468.

LETTINGA, G.; HULSSHOF, L. W. P. **Anaerobic reactor technology**. Wageningen Agricultural University: International Course on Anaerobic Waste Water Treatment, 1993. 345p.

LIMA, G. F. C. O debate da sustentabilidade na sociedade insustentável. **Rev. Política & Trabalho**, PPGS/UFPA, n.13, p.4, 1997.

LIMA, L. M. Q. **Lixo**: tratamento e biorremediação. São Paulo: Hemus, 1995. 265p.

LIMA, M. R. **O solo no ensino fundamental**: situação e proposições. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2002. 33p.

LIMA, P. C.; MOURA, W. M.; LISBOA, J. M. M. Avanços tecnológicos para a produção orgânica de café. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.) Produção integrada de café. ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DECAFÉ COM QUALIDADE, 5., 2003, Viçosa. **Trabalhos...** Viçosa: UFV/DFP, 2003. p.319-366.

LIMA-E-SILVA, P. P.; GUERRA, A. J. T.; DUTRA, L. E. D. Subsídios para avaliação econômica de impactos ambientais. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p.216-261.

LINSLEY, R. K.; FRANZINI, J. B. **Engenharia de recursos hídricos**. São Paulo: Mac Graw – Hill, 1975. 689p.

LIRA FILHO, J. A. **Impactos ambientais da exploração de madeira numa área de floresta plantada em região acidentada, Vale do Rio Doce, MG**. 1994, 86f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LÓPEZ, I.; BORZACCONI, L. La disposición final de residuos sólidos urbanos: necesidad de un abordaje integral. **Rev. Ingeniería Química**, n.18, p.45-52, 2000.

LOUREIRO, C. F. B.; LAYRARGUES, P. P.; CASTRO, R. S. **Sociedade e meio ambiente**: a Educação Ambiental em debate. São Paulo: Cortez, 2000. p.24.



LOUZADA, J. N. C.; SANCHES, N. M.; SCHILINDWEIN, M. N. Bioindicadores de qualidade e de impactos ambientais da atividade agropecuária. **Informe Agropecuário**, v.21, n.202, p.57-71, 2000.

L'VOVICH, M. I.; WHITE, G. E. Use and transformation of terrestrial water systems. In: TURNER, B. L. (Ed.). **The earth as transformed by human action: global and regional changes in the biosphere over the past 300 years**. New York: Cambridge University Press, 1990. p.235-252.

MacDICKEN, K. G.; VERGARA, N. T. **Agroforestry: classification and management**. Washington: Kenneth G. USA, 1990. 382p.

MACEDO, R. L. G. Análise do Potencial Agrossilvopastoril do Estado de Mato Grosso. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão, SP. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1990. p.315 - 319.

MACEDO, R. L. G.; VENTURIM, N.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. Princípios de agrossilvicultura como subsídio do manejo sustentável. **Informe Agropecuário**, v.21, n.202, p.93-98, 2000.

MacGRATH, D. G. Avoiding a tragedy of the commons: recent developments in the management of Amazonian fisheries. In: CUNHA, S. P.; GUERRA, A. J. T. (Org.) **A questão ambiental: diferentes abordagens**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p.61.

MACHADO, C. C.; GARCIA, A. R.; SILVA, E.; FONTES, A. M. Comparação de taxas de erosão em estradas florestais estimadas pelo modelo WEPP (Water erosion prediction project) modificado em relação a medições experimentais. **Revista Árvore**, v.27, n.3, p.295-300, 2003.

MACHADO, P. A. L. Regulamentação do estudo de impacto ambiental. **Rev. Inf. Leg.**, v.24, n.93, p.329-338, 1987.

MAGALDI, F. Da guerra à globalização. **Jornal "O Tempo"**, Belo Horizonte, 4 dez. 2003. Caderno de Agronegócios. p.F2.

MAGRINI, A. Avaliação de impactos ambientais e a região amazônica. In: **Impactos ambientais de investimentos na Amazônia: problemática e elementos de avaliação**. Manaus: Projeto BRA/87/021 - SUDAM/PNUD/BASA/SUFRAMA e Projeto BRA/87/040 - ELETRONORTE/PNUD, 1989. 53p (mimeografado).

MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificação e fatos**. São Paulo: ProduQuímica, 1994. 153p.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola**. São Paulo: Ceres, 1976. 528p.

MANDAVILLE, S. M. **Bioassessment of freshwaters using benthic macroinvertebrates - a primer**. Disponível em: <<http://www.chebucto.ns.ca/science.swcs/swcs>>. Acesso em: 23 dez. 2003.

MANNING, W. J.; FEDER, W. A. **Biomonitoring air pollutants with plants**. New York: Applied Science, 1980. 234p.

MANTOVANI, E. C.; VICENTE, M. R.; MUDRIK, A. Irrigação do cafeeiro - em que condições a irrigação é necessária e como irrigá-lo nestas condições? In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Produção integrada de café. ENCONTRO SOBRE PRODUÇÃO DECAFÉ COM QUALIDADE**, 5., 2003, Viçosa. **Trabalhos voluntários...** Viçosa: UFV/DFP, 2003. p.279-317.

MARÇAL, M. S.; GUERRA, A. J. T. Processo de urbanização e mudanças na paisagem da cidade de Açailândia (Maranhão). In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. C. (Org.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p.275-303.

MARCO JÚNIOR, P.; MARCO, T. S. **O meio ambiente**. Brasília/Viçosa: ABEAS/UFV, 2000. 43p. (Curso de Especialização por Tutoria a Distância).

MARQUES, J. F. Feitiço contra o feiteiro. **Safra**, v.5, n.51, p.39-40, 2004.

MARQUES, T. C. L. L. S. M.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S. Crescimento de mudas de espécies arbóreas em solo contaminado com metais pesados. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., Ouro Preto, 1997. **Anais...** Viçosa: SOBRADE; UFV/DPS, 1997. p.429-436.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001. 146p.

MASER, C. **Vision and leadership in sustainable development**. United States of America: Lewis & CRC, 1999. 235p.

MATOS, A. T. Tratamento de resíduos agroindustriais. In: ENCONTRO DE PRESERVAÇÃO DE MANANCIAS DA ZONA DA MATA MINEIRA, 3., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: ABES-MG/DEA UFV, 2002. p.105-157.

MATOS, F. G. **Gerência participativa**: como obter a cooperação espontânea da equipe e desburocratizar a empresa. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1980. 198p.

MCHOWA J. W.; NGUGI, D. N. Pest complex in agroforestry systems: the Malawi experience. **Forest Ecology and Management**, n.64, p.277-284, 1994.

MEDRADO, M. J. S. Sistemas agroflorestais: aspectos básicos e indicações. In: GALVÃO, A. P. M. (Org.) **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**. Brasília: EMBRAPA, 2000. p. 269-312.

MEHLICH, A. Mehlich-3 soil test extracting: a modification of Mehlich-2 extractants. **Soil Sci. Plant. Anal.**, n.15, p.1409-1416, 1984.

MELETTI, P. C.; ROCHA, O.; MARTINEZ, C. B. R. Avaliação da degradação ambiental na bacia do rio Mogi-Guaçu por meio de testes de toxicidade com sedimento e de análises histopatológicas em peixes. In: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. (Eds.). **Limnologia fluvial**: um estudo no rio Mogi-Guaçu. São Carlos: RiMa, 2003. p.149-181.

MELLO, J. W. V.; ABRAHÃO, W. A. P. Geoquímica da drenagem ácida. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V (Eds.). **Recuperação de Áreas Degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de Solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.27-44.

MELO, E. F. R. Q.; SCHNEIDER, I. A. H. Caracterização da vegetação e solo de uma antiga área de disposição de resíduos sólidos urbanos de Passo Fundo, RS. In: SIMPÓSIO NACIONAL RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 4, 2000, Blumenau, SC. **Trabalhos voluntários....** Blumenau: SOBRADE, FURB, 2000. p.250.

MELO, V. A.; GRIFFITH, J. J.; MARCO JÚNIOR, P.; SILVA, E.; SOUZA, A. L.; GUEDES, M. C.; OZÓRIO, T. F. Efeito de poleiros artificiais na dispersão de sementes por aves. **Revista Árvore**, v.24, n.3, p.235-240, 2000.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principle of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 1978, 593p.

MEYER, L. D.; RENARD, K. G. How research improves land management. In: **Agriculture and the environment**. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office. USDA Yearbook of Agriculture, 1991. p.20-27.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade dos sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Eds.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo**: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.227-243.

- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E DA AMAZÔNIA LEGAL **Cidades sustentáveis**. Brasília: MMA, 2000. 155p.
- MONTEIRO, S. T. **Elementos para interpretação de comunidades rurais amazonenses**. Manaus: (s.n.), 1980. 26p. (Apostila).
- MONTGOLFIER, J.; NATALI, J.-M. Instrumentos para uma gestão patrimonial. In: VIEIRA, P. F.; WEBER, J. (Org.). **Gestão de recursos naturais e renováveis: novos desafios para a pesquisa ambiental**. São Paulo: Cortez, 1997. p.361-405.
- MOOSMAYER, H. **Economia florestal**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1997. v.11. 57p.
- MOREIRA, I. V. D. **Avaliação de impacto ambiental**. Rio de Janeiro: FEEMA, 1985. 34p.
- MOREIRA, L.; ASSAD, E. D. Segmentação e classificação supervisionada para identificar pastagens degradadas. WORKSHOP BRASILEIRO DE GEOINFORMÁTICA, 2., 2000, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Computação, 2000. p.15-30.
- MOREIRA, O. C. O. **Campo de demonstração como método de difusão de práticas renovadas para formação e recuperação de pastagens no Estado de Goiás**. 1980, 87f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) - Universidade federal de Viçosa, Viçosa.
- MORIN, E. Complexidade e ética da solidariedade. In: CASTRO, G.; CARVALHO, E. A.; ALMEIDA, M. C. (Coord.). **Ensaio de Complexidade**. Porto Alegre: Sulina, 1997. p.15-24.
- MOSTASSO, F. L. **Crescimento e nodulação de leguminosas em solo contaminado por metais pesados**. 1997, 50f. Dissertação (Mestrado em Solos). Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- MOVIMENTO dos atingidos por barragens (MAB) **A crise do modelo energético**. São Paulo. Caderno n.6, 2002 (?). 26p. (Disponível em: <<http://www.mabnacional.org.br>>).
- MOZETO, A. A. **Sedimentos e particulados lacustres: amostragens e análises biogeoquímicas**. São Carlos, SP: Laboratório de Biogeoquímica Ambiental - Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, 1999. 24p.
- MUSUMECI, M. R. Defensivos agrícolas e sua interação com a microbiota do solo. In: CARDOSO, E. J. B. N. (Ed.). **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.341-360.
- NAIDIN, L. C. **Crescimento e competição na indústria de defensivos agrícolas no Brasil**. 1985, 98f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- NAIR, P. K. R. Tree integration on farmlands for sustained productivity of small holdings. In: LOCKERETZ, W. **Environmentally sound agriculture**. New York: Praeger. 1983. p.333-350.
- NAIR, P. K. R. Classification of agroforestry systems. **Agroforestry systems**. New York: Dordrecht, v.3, 1985. 382p.
- NAIR, P. K. R. Classification of agroforestry systems. In: MacDICKEN, K. G.; VERGARA, N. T. (Eds.). **Agroforestry: classification and management**. New York: Wiley Interscience, 1990, p.31-57.
- NAPPO, M. E. **Inventário florístico e estrutural da regeneração natural no sub-bosque de povoamentos homogêneos de *Mimosa scabrella* Bentham implantados em áreas mineradas, em Poços de Caldas, MG**. 1999, 87f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

NARDELLI, A. M. B. **Sistemas de certificação e visão de sustentabilidade no setor florestal brasileiro**. 2001, 121f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

NARDELLI, A. M. B.; GRIFFITH, J. J. Introdução ao Sistema de Gestão Ambiental. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Núcleo de Gestão Integrada, 2000. 60p. (Apostila de curso)

NARDELLI, A. M. B.; NASCIMENTO, A. R. O planejamento na recuperação ambiental. **Rev. Ação Ambiental**, n.10, p.13-15, 2000.

NASCIMENTO, A. R. **Recuperação ambiental de áreas mineradas no Brasil: ocorrência de planejamento a longo prazo**. 2001, 81f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NASCIMENTO JÚNIOR, D; QUEIROZ, D. S.; SANTOS, M. V. F. Degradação das pastagens e critérios para avaliação. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1994. p.107-151.

NAVE, A. G.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Planejamento e recuperação ambiental da Fazenda São Pedro da Mata Município de Riolândia - SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Trabalhos voluntários...** Viçosa, MG: SOBRADE; UFV/DPS, 1997. p.27-35.

NBR ISO 14001 **Sistemas de gestão ambiental: especificação e diretrizes para uso**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996. 14p.

NEDER, R. T. Limites político-institucionais ao desenvolvimento sustentável no Brasil. In: HOGAN, D. J.; VIEIRA, P. F. (Coord.). **Dilemas socioambientais e desenvolvimento sustentável**. Campinas: UNICAMP, 2 ed., 1995. p.37-71.

NEVES, J. C. L. O fomento florestal e seus impactos a nível de meio ambiente. In: ENCONTRO TÉCNICO FLORESTAL, 6., 1994, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABRACAVE, 1994. Não paginado.

NEVES, J. C. L. Informações pessoais. Professor do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas. Viçosa: UFV, out. 2003.

NEVES, M.C.P.; LIMA, I.T.; DÖBEREINER, J. Efeito da vinhaça sobre a microflora do solo. **R. bras. Ci. Solo**, n.7, p.131-136, 1983.

NOGUEIRA, A. V. As micorrizas e o excesso de metais. In: SIQUEIRA, J. O. (Ed.). **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: UFLA, 1996. p.135-174.

NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.). **Relação Solo-Eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p.25-98.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV-DPS, 1999. 399p.

ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 434p.

OGDEN, C. Componentes alimentarios en las actividades de desarrollo florestal. **Unasyuva**, v.160, n.40, p.20-28, 1990.

OKEY, B. W. Systems approaches and properties, and agroecosystem health. **Journal of Environmental Management**, n.48, p.187-199, 1996.

OLIVEIRA, A. D. Considerações sobre a preservação das florestas tropicais. Viçosa: UFV, 1993. 37p. (mimeografado)

- OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCHCOUSKI, J.; YOKOYAMA, L. P.; DUTRA, L. G. **Sistema Barreirão: recuperação/renovação de pastagens degradadas em consórcio com culturas anuais.** Goiânia: EMBRAPA/CNPAF, 1996. 90p (EMBRAPA/CNPAF, Documento, 64).
- OLIVEIRA JÚNIOR, J. O. Futuro da agricultura familiar. **Safra**, v.5, n.51, p.67, 2004.
- OLIVEIRA, M. M. **A utopia extensionista: ensaios e notas.** Brasília: EMBRATER, 1988. 314p.
- OLIVEIRA, P. R. S. **Diagnóstico e indicadores de sustentabilidade em fomento florestal no Estado do Espírito Santo.** 2003, 85f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- OLIVEIRA, W. L. **Influência das relações informais e interinstitucionais em projetos de difusão de tecnologia: a experiência de Careiro da Várzea, AM.** 1998, 107f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- OLLAGNON, H. Estratégia patrimonial para a gestão dos recursos e dos meios naturais: enfoque integrado da gestão do meio rural. In: VIEIRA, P. F.; WEBER, J. (Org.) **Gestão de recursos naturais e renováveis: novos desafios para a pesquisa ambiental.** São Paulo: Cortez, 1997. p.171-200.
- OLSON, K. R.; LAL, R.; NORTON, L. D. Evaluation of methods to study soil erosion-productivity relationships. **J. Soil Water Conservation**, v.49, n.6, p.586-590, 1994.
- ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Fundo das Nações Unidas para a População: o estado da população mundial. Relatório sobre o desenvolvimento humano, 2001.** 388p.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DO TURISMO. **Desenvolvimento de turismo sustentável: manual para organizações locais.** Brasília: Organização Mundial do Turismo, 1997. 217p.
- OSAKY, F. **Microbacias: práticas de conservação de solos.** Curitiba, 1994. 603p.
- OSTROM, E. **Governing the commons: the evolution of institutions for collective action.** Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 280p.
- OTS - ORGANIZATION FOR TROPICAL STUDIES; CATIE - CENTRO AGRONÔMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANSA. **Sistemas agroflorestais: principios y aplicaciones en los tropicos.** San José: Trejos Hnos. Sucs, 1986. 818p.
- PÁDUA, J. A. A insustentabilidade da agricultura brasileira. In: ENCONTRO NACIONAL DE AGROECOLOGIA (ENA), 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: AS-PTA, 2003. p.42-47.
- PÁDUA, M. T. J. Introdução. In: CÂMARA, I. G. (Coord.). **Legislação de conservação da natureza.** São Paulo: Fundação Brasileira para Conservação da Natureza. 3. ed., CESP, 1983. p.11-17.
- PARROTA, J. A. The role of plantation forest in rehabilitation degraded tropical ecosystems. **Agriculture ecosystems and environment**, Amsterdam, n.41, p. 115-133, 1992.
- PARSONS, A. J. **Hillslope form.** New York, EUA: Routledge, 1988. 212p.
- PASSOS, C. A. M. **Sistemas agroflorestais com eucalipto para uso em programas de fomento florestal, na região de Divinópolis, MG.** 1996, 146f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- PAULA, R. C. Exportação de nutrientes por famílias de meio-irmãos de *Eucalyptus camaldulensis*. In: CONFERENCE ON SILVICULTURE AND IMPROVEMENT OF

EUCALYPTUS, 1997, Salvador. **Proceedings...** Colombo: EMBRAPA - CNPF/ DEHNH/ IUFRO, vol.1, 1997. p.200 -204.

PDSA - PROGRAMA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO ESTADO DO AMAPÁ. **Desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <<http://www.ap.gov.br>> Acesso em: 23 jun. 2003.

PEARCE, D. W.; BARBIER, E.; MARKANDIA, A. **Sustainable development and cost-benefit analysis**. London: London Environmental Economics Center, 1988. 425p.

PEARCE, D. W.; TURNER, R. K. **Economics of natural resources and the environment**. Baltimore: The John Hopkins University Press, 1989. 378p.

PECKETT, P. H. T. Critical tissue concentrations as indicators of toxicity. **Suelos Ecuatoriales**, v.21, n.2, p. 39-44, 1991.

PEET, R. The destruction of regional cultures. In: JHONTON, R.; TAYLOR, P. A. **World in crisis: geographical perspectives**. London: Blackwell, 1986. p.169-171.

PEREIRA, J. C. As pastagens no contexto dos sistemas de produção de bovinos. In: ZAMBOLIM, L; SILVA, A. A.; AGNES, E. L. (Eds.) **Manejo integrado: integração agricultura-pecuária**. Viçosa: UFV/DFP/DFT, 2004. p.287-330.

PEREIRA NETO, J. T. Gestão municipal do lixo urbano: tendências atuais e perspectivas. In: ENCONTRO DE PRESERVAÇÃO DE MANANCIAS DA ZONA DA MATA MINEIRA, 3., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: ABES-MG/DEA UFV, 2002. p.19-25.

PEREIRA, R. A. **Mapeamento e caracterização de fragmentos de vegetação arbórea e alocação de áreas preferenciais para sua interligação no município de Viçosa, MG**. 1999, 250f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

PERLIN, J. **História das florestas: a importância da madeira no desenvolvimento da civilização**. Rio de Janeiro: Imago, 1992. 490p.

PIMENTEL, D.; HARVEY, C. Ecological effects of erosion. In: WALKER, L. R. (Ed.). **Ecosystems of disturbed ground**. Las Vegas: Department of Biological Sciences, University of Nevada, 1999. p.123-135.

PIMENTEL, J. C. M.; JÚNIOR, D.; RESENDE, M. Caracterização das pastagens naturais das pedopaisagens côncava e convexa do Planalto de Viçosa, MG. **Rev. da Soc. Bras. de Zootecnia**, v.11, n.1, p.168-187, 1982.

PLANÁGUA/SEMADS/GTZ **Restauração da mata ciliar**. Rio de Janeiro: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado do Rio de Janeiro, 2001. 104p. (Publicação n.13).

PNFC; PNUD. **Instrumentos de gestão ambiental para cooperativas**. Brasília: Projeto Novas Fronteiras do Cooperativismo, 1994. 140p.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Relatório do desenvolvimento humano 2003**. Lisboa, Portugal: Mensagem, 2003. 367p.

POGGIANI, F.; STAPE, J. L.; GONÇALVES, J. L. M. Indicadores de sustentabilidade das plantações florestais. **Série técnica IPEF**, v.12, n.31, 1998. p.33-44.

POMADERA, C. Carbon sequestration through pasture intensification: technical, economic and management issues. In: **The livestock and environment initiative the World Bank and FAO**. Rome: BIRD/FAO, 1999. 48p.

- PORTER, G; BROWN, J. W. **Global environmental politics**. Westview Press, Colorado, 2.ed, 1996. 238p.
- POSTEL, S. **Last oasis: facing water scarcity**. W.W. Norton & Company, 1997. 239p. (The World Watch Environmental Alert series).
- PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 1987. 549p.
- PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; VARGAS, L.; FERREIRA, F. A. **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. Viçosa, MG:UFV, 2003. 150p.
- PULITANO, F. M. **Análise da estrutura e funcionamento de reflorestamento de mata ciliar aos 18 e 28 anos após o plantio, no município de Cândido Mota, SP**. 2003, 152f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos.
- PURSER, R. E. From global management to global appreciation: a transformative epistemology for a perspective world. **Organization & Environment**, v.10, n.4, p.361-383, 1997.
- QUINTEIRO, F. Q. L. **Levantamento do uso da terra e caracterização de ambiente da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo com a utilização de aerofotos não-convencionais**. 1997, 91p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- RAINTREE, J. B. **A methodology for diagnosis and design of agroforestry land management systems**. Nairobi, Kenya: ICRAF, 1983. p.8-10.
- RAINTREE, J. B. Bioeconomic considerations in the design of agroforestry cropping systems. In HUXLEY, P. A. (Ed.). **Plant Research and Agroforestry**. Nairobi: ICRAF, 1993. p.79-289.
- RAND, G. M.; PETROCELLI, S. R. (Eds.). **Fundamentals of aquatic toxicology: methods and applications**. Washington: Hemisphere, 1985. 666p.
- REBOUÇAS, A. **Recursos hídricos**. 2004. Entrevista concedida à TV Educativa, São Paulo, 16 fev. 2004.
- RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E.; GRAÇA, M. E. C. Recomposição de matas ciliares - fatores a serem considerados. In: SIMPÓSIO NACIONAL RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 4., 2000, Blumenau, SC. **Trabalhos voluntários...** Blumenau: SOBRADE, FURB, 2000. p.244.
- REIGOTA, M. **Meio ambiente e representação social**. São Paulo: CORTEZ, 2. ed., 1997. 87p.
- REINERT, D. J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. In: DIAS, L. E.; MELLO, J. W. V. (Eds.). **Recuperação de Áreas Degradadas**. Viçosa: UFV, Departamento de solos; Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.163-176.
- REIS, M. G. F.; BARROS, N. F. Ciclagem de nutrientes em plantios de Eucalipto. In: BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F. (Eds.). **Relação Solo-Eucalipto**. Viçosa: Folha de Viçosa, 1990. p.265-301.
- RELATÓRIO DO BRASIL PARA A CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO **O desafio do desenvolvimento sustentável**. Brasília: Cima, 1991. 204p.
- RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. **Pedologia: base para distinção de ambientes**. Viçosa: NEPUT. 2002. 338p.

RESENDE, M.; LANI, J. L.; FEITOSA, L. R. **Assentamento de pequenos agricultores no Estado do Espírito Santo: ambiente, homem e instituições**. Vitória: EMCAPA, 1993. 152p.

RESENDE, M.; KER, J. C.; BAHIA FILHO, A. F. C. Desenvolvimento sustentado do cerrado. In: ALVAREZ V., H. V.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfológicos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa, MG: SBCS; UFV, DPS, 1996. p.169-199.

RESH, V. H.; MYERS, M. J.; HANNAFORD, M. J. Macroinvertebrates as biotic indicators of environmental quality. In: HAUER, R.; LAMBERT, G. A. (Eds.). **Methods in stream ecology**. Academic Press, 1996. p.647-674.

REZENDE, J. L. P. **Externalidades**. Viçosa. s.d. 28p. (mimeografada).

RIBEIRO, J. C. J. Licenciamento ambiental. In: ENCONTRO DE PRESERVAÇÃO DE MANANCIAIS DA ZONA DA MATA MINEIRA, 3., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: ABES-MG/DEA UFV, 2002. p.516-528.

RICAS, M. D. Propostas de reformas no licenciamento ambiental no Estado de Minas Gerais. **Jornal do Brasil**, Rio de Janeiro, ano 2, 8 dez. 2003. Caderno JB Ecológico, n.23. p. 16-25.

RODRIGUEZ, L. C. E. Monitoramento florestal: iniciativas, definições e recomendações. **Série técnica do IPEF**, v.12, n.31, p.9-21, 1998.

ROSA, L. S.; OLIVEIRA, F. A.; VELASCO, V.; ALBÉRIO, V. E. V. Potencialidade do sistema alley cropping para recuperação de solos alterados por atividades agrícolas no município de Igarapé-Açu, Pará. In: SIMPÓSIO NACIONAL RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 4., 2000, Blumenau, SC. **Trabalhos voluntários....**Blumenau: SOBRADE, FURB, 2000.p.137-138.

ROSA, I. V. Micronutrientes no animal: funções no metabolismo e conseqüências de carências e excessos. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Eds.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba, SP: POTAFOS/CNPq. 1998. p. 325-342.

ROSIU, C. J.; GIESY, J. P.; KREIS JÚNIOR, R. G. Toxicity of vertical sediments in the Trenton Channel, Detroit River, Michigan, to *Chironomus tentans* (Insecta: Chironomidae). **J. Great Lakes Res.**, v.15, n.4, 1989. p.570-580.

RUIVO, M. L. P. **Vegetação e características do solo como indicadores de reabilitação de áreas mineradas na Amazônia Oriental**. 1998, 101f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RUIZ, J. A. **Metodologia científica: guia para eficiência nos estudos**. São Paulo: Atlas, 4.ed., 1996. 177p.

SACHS, I. Desenvolvimento sustentável, bio-industrialização descentralizada e novas configurações rural-urbanas: os casos da Índia e do Brasil. In: VIEIRA, P. F.; WEBER, J. (Org.). **Gestão de recursos naturais e renováveis: novos desafios para a pesquisa ambiental**. São Paulo: Cortez, 1997. p.469-494.

SALATI, E. Emissão e seqüestro de CO<sub>2</sub> - uma nova oportunidade de negócios para o Brasil. In: SEMINÁRIO SOBRE EMISSÃO E SEQÜESTRO DE CARBONO, 1., 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CVRD, 1994. p.12-37.

SANCHES, C. S. Evolução das práticas ambientais em empresas industriais: um modelo genérico. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, 5., 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Fundação Instituto de Administração da Universidade de São Paulo/Fundação Getúlio Vargas, 1997. p.43-62.



SÁNCHEZ, L. E. **Desengenharia: o passivo ambiental na desativação de empreendimentos industriais.** São Paulo: USP, 2001. 256p.

SANDS, G. R.; PODMORE, T. H. **Development of an environmental sustainability index for irrigated agricultural systems.** Colorado: Colorado State University, 1997. 11p.

SANTANA FILHO, F.; MELLO, J.W.V.; DIAS, L.E.; OLSZEZSKI, N. Avaliação das características físicas e químicas de um rejeito de mineração de ferro após aplicação de composto de lixo urbano. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 4., 2000, Blumenau, SC. **Trabalhos voluntários...** Blumenau: SOBRADE/FURB, 2000. p.83.

SANTANA, D. P.; FILHO, A. F. C. B. Indicadores de qualidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 27., 1999, Brasília. **Anais...** Viçosa: SBCS, 1999. CD ROM.

SANTO, B. R. E. **Caminhos da agricultura brasileira.** São Paulo: Evoluir, 2004. 304p.

SANTOS, A. P.; BERDAGUE, C. S.; VILARINHO, E. S.; FINGER, F. A.; TIRADENTES, L.; FERNANDES, L. S.; SOUZA, M. N.; ROSADO, V. B. **Estudo comparativo da sistemática de licenciamento ambiental: Estado de Minas gerais, Estado da Bahia, México e Portugal.** Trabalho apresentado à disciplina ENF 685 - Avaliação de Impactos Ambientais. Departamento de Engenharia Florestal. UFV, 2002. 234p.

SANTOS, A. S. R. Política agrícola e ambiental. "**O Estado de São Paulo**", São Paulo, 3 mar. 1999. Caderno de meio ambiente, p.6.

SANTOS, E. V. Utilização do sistema de plantio direto na renovação de pastagens. In: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A. A.; AGNES, E. L. (Eds.) **Manejo integrado: integração agricultura-pecuária.** Viçosa: UFV/DFP/DFT, 2004. p.269-281.

SANTOS, M. J. C. **Avaliação econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia Ocidental.** 2000, 75f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

SCHAEFER, C. E.; ALBUQUERQUE, M. A.; CHARMELO, L. L.; CAMPOS, J. C. F.; SIMAS, F. B. Elementos da paisagem e a gestão da qualidade ambiental. **Informe Agropecuário**, v.21, n.202, p.20-44, 2000.

SCHAUN, N. M. **Geração e difusão de tecnologias para a agricultura: o caso do milho piranão.** 1984, 121f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SCHETTINO, L. F. **Diagnóstico da situação florestal do Espírito Santo, visando estabelecer um plano de gestão sustentável.** 2000, 174f. Tese (Doutorado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SCHETTINO, L. F.; REZENDE, J. L. P.; GONÇALVES, F. C.; MINETTI, L. J. Externalidades na área florestal. **Folha Florestal**, n.101, p.18-20, 2002.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas.** Florianópolis: UESC, 2002. 289p.

SCHLEV, S.; LAUR, J. **Inovações em gerenciamento.** Wendell, MA, USA: Pegasus, 1998. 29p.

SCHLOTTFELDT, C. B. Difusão de tecnologia e extensão na EMBRAPA: conceitos e práticas. **Cadernos de difusão de tecnologia**, v. 8, n. 1/3, p. 98-112, 1991.

SCHMIDT, A. **El concepto de naturaleza en Marx.** Espanha: Siglo Veintiuno, 1976. 86p.

SEABRA, L. Turismo sustentável: planejamento e gestão. In: CUNHA, S. P.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **A questão ambiental**: diferentes abordagens. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p.153-189.

SELBY, M. J. **Hillslope materials and processes**. Oxford: Oxford University Press, 2.ed., 1993. 451p.

SÉGUY, L.; BOUZINAC, S.; MARONEZZI, A. C.; SCOPEL, E.; BELOT, J. L.; MARTIN, J. Da agricultura destruidora com preparo do solo para a agricultura sustentável e diversificada em plantio direto. In: ZAMBOLIM, L; SILVA, A. A.; AGNES, E. L. (Eds.). **Manejo integrado**: integração agricultura-pecuária. Viçosa: UFV/DFP/DFT, 2004. p.421-474.

SENA, L. S. **Metodologia científica**: métodos e técnicas de pesquisa. Instituto de Estudos Superiores da Amazônia - IESAM. Disponível em: <<http://www.iesam.com.br>>. Acesso em: 1 out. 2003.

SENAC **Educação Ambiental**. v. 9, n.1, 2000. 66p.

SENGE, P. M. **A quinta disciplina**. São Paulo: Best Seller, 12.ed., 1990. 351p.

SERRANO, P. **Redação e apresentação de trabalhos científicos**. Lisboa: Relógio D'água, 1996. 108p.

SERRÃO, E. A. S.; UHL, C.; NEPSTAD, D. C. Deforestation for pasture in the tropics: is it environmentally sound in the long term? In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 27.,1993, Rockhampton, Australia. **Proceedings...**Palmerston North: New Zealand Grassland Association, 1993. p.2215-2221.

SEWELL, G. H. **Administração e controle da qualidade ambiental**. São Paulo: E.P.U., 1978. 356p.

SHIKI, S. Crítica ao modelo de desenvolvimento dominante nos cerrados e à transição agroecológica. In: ENCONTRO NACIONAL DE AGROECOLOGIA (ENA), 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: AS-PTA, 2003. p.17-24.

SILVA, C. M. **Democracia e sustentabilidade na agricultura**. Rio de Janeiro: Fase, 2001. 26p.

SILVA, D. D. Noções de recursos hídricos. In: ENCONTRO DE PRESERVAÇÃO DE MANANCIAIS DA ZONA DA MATA MINEIRA, 3., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: ABES-MG/DEA UFV, 2002. p.226-269.

SILVA, E. **Análise e avaliação de impactos ambientais**. Viçosa, MG: DEF/UFV, 1998. 56 p. (Apostila de ENF 685 - Avaliação de Impactos Ambientais).

SILVA, E. **Avaliação de impactos ambientais no Brasil**. Viçosa, MG: UFV, 1994b. 31p.

SILVA, E. **Avaliação qualitativa de impactos ambientais do reflorestamento no Brasil**. 1994a, 309f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, E. **Avaliação técnica e sócio-econômica da atividade exploração florestal nas pequenas e médias propriedades rurais da Zona da Mata Mineira**. 1986, 96f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, E. **Tópicos de manejo de fauna silvestre**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1993. 26p. (Apostila, n. 319).

SILVA, G. P. **Caracterização química, física e mineralógica de materiais provenientes da mineração de ferro e comportamento de plantas para sua revegetação.** 1994, 76p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, I. C. **Viabilidade agroeconômica do cultivo do cacauzeiro (*Theobroma cacao* L.) com açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) e com pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth) em sistema agroflorestal na Amazônia.** 2000, 143f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SILVA, M. L. L.; PEDROTTI, A.; OLIVEIRA, T. M. S.; BRITO JÚNIOR, W. L.; HOLANDA, F. S. R. Estratégias de recuperação dos luvisolos salinizados no semi-árido sergipano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2001. p.23.

SIMÃO NETO, M.; DIAS FILHO, M.B. Pastagens no ecossistema do trópico úmido: pesquisa para o desenvolvimento sustentado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 4.; SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSISTEMAS BRASILEIROS: Pesquisa para o desenvolvimento sustentável, 1995, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: SBZ, 1995. p.76-93.

SIMÃO, J. B. P. **Mitigação da fitotoxicidade de metais pesados no solo, através do uso de materiais orgânicos e inorgânicos.** 1999, 135f Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SIMÃO, J. B. P.; SIQUEIRA, J. O. Solos contaminados por metais pesados: características, implicações e remediação. **Informe Agropecuário**, v.22, n.210, p. 18-26, 2001.

SIMÕES, M. R. A. O Brasil e as convenções do clima e da diversidade biológica. In: SEMINÁRIO SOBRE EMISSÃO E SEQÜESTRO DE CARBONO, 1., 1994, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CVRD, 1994. p.5-12.

SINGH, B. R.; STEINNES, E. Soil and water contamination by heavy metals. In: LAL, R.; STEWART, B. A. (Eds.). **Soil processes and water quality: advances in soil science.** Boca Raton: Lewis Publishers, 1994. p.233-271.

SIRKIS, A. **Ecologia urbana e poder local.** Rio de Janeiro: Ondazul, 1999. 324p.

SMITH, J. L.; PAUL, E. A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: BOLLAG, J. M.; STOTZKY, G. (Eds.). **Soil Biochemistry.** New York: Marcel Decker, v.6, 1990. p.357-396.

SMITH, N. **Desenvolvimento desigual.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 85p.

SOARES, J. P. G.; TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. L.; PEREIRA, R. G. A.; HOLANDA FILHO, Z. F.; TEIXEIRA, J. F. Recuperação de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em PVH - RO. EMBRAPA-RO. Disponível em: <<http://www.cpafrro.embrapa.br>>. Acesso em: 12 dez. 2003.

SOBEK, A. A.; SCHULLER, W. A.; FREEMAN, J. R.; SMITH, R. M. **Field and laboratory methods applicable to overburdens and mine soils.** Cincinnati: EPA Industrial Environmental Research Lab., EPA 600/2-78-054, 1978.

SOUSA, I. S. F. A importância do relacionamento pesquisa/extensão para a agropecuária. **Cadernos de difusão de tecnologia**, v. 5, n. 1/3, p. 63-76, 1988.

SOUZA, S. L.; CARVALHO, F. J. P. C.; REISSMANN, C. B.; GONÇALVES, C. G.; KRENZYNSKY, M.; NASCIMENTO NETO, D. Revegetação de área de biorremediação contaminada por resíduos oleosos de petróleo. In: SIMPÓSIO NACIONAL RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 4., 2000, Blumenau, SC. **Trabalhos voluntários...** Blumenau: SOBRAD/FURB, 2000. p.96.

SPADOTTO, C. A. Uso de agrotóxicos no Brasil e riscos ambientais. In: ALVAREZ, V. H. V.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfológicos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa, MG: SBCS; UFV, DPS, 1996. p.855-865.

SPAIN, J. M.; GUALDRÓN, R. Degradación e rehabilitación de pasturas. In: LASCANO, C.; SPAIN, J. M. (Eds.). **Establecimiento y renovación de pasturas**. Cali: CIAT, 1991. p.412-426.

SPAIN, J. M.; GUALDRON, R.; PERDOMO, C. E.; AVILA, P. Phosphorus efficiency in the establishment and maintenance of tropical legume-based pastures on Oxisols. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1989, Nice, France. **Proceedings...** Nice, France: French Grassland Society, 1989, v.1. p.47-48.

SPAIN, J. M.; SALINAS, J. G. A reciclagem de nutrientes nas pastagens tropicais. In: SIMPOSIO SOBRE RECICLAGEM DE NUTRIENTES NA AGRICULTURA DE BAIXOS INSUMOS NOS TROPICOS, 1984, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: CEPLAC/SBCS, 1984. p.259-299.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Berkeley: University of California Press, 1979. 327p.

TAGLIARI, P. S. **A articulação pesquisa/extensão na agricultura**. Florianópolis: Epagri, 1994. 82p. (Documentos, 150).

TAUK, S. M. T.; GOBBI, N.; FOWLER, H. G. **Análise ambiental: uma visão multidisciplinar**. São Paulo: UNESP, 1995. 258p.

TERBORGH, J. **Requiem for nature**. Washington, D.C.: Island Press, Shearwater Books, 1999. 235p.

TIBAU, A. O. **Matéria orgânica e fertilidade do solo**. São Paulo: Nobel, 1978. 172p.

TOMAN, M. A. The difficulty in defining sustainability. **Resources**, n.106, p.3-6, 1992.

TONISSI, F. B. **Avaliação ecotoxicológica do reservatório de Salto Grande, Americana (SP), como subsídio para a análise ambiental da qualidade do sistema**. 1999, 137f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Carlos, São Carlos.

TORQUEBAU, E. Sustainability indicators in agroforestry. In: HUXLEY, P. A. (Ed.). **Viewpoints and issues on agroforestry and sustainability**. Nairobi, Kenya: ICRAF, 1989. 14p.

TORRES, E. El papel de las lenosas perenes em los sistemas agrosilvopastoriles. Turrialba: CATIE, 1983. 46p.

TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. L.; MENDES, A. M.; PEREIRA, R. G. A.; MAGALHÃES, J. A. Nutrientes limitantes em solos de pastagens degradadas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Porto Velho, RO. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., Fortaleza, 2001. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p.158-159.

TOY, T. J.; DANIELS, W. L. Reclamation of disturbed lands. In: MAYER, R.A. (Ed.). **Encyclopedia of environmental analysis and remediation**. New York: John Wiley, 1998. p.4078-4101.

TOY, T. J.; FOSTER, G. R.; RENARD, K. G. **Soil erosion: processes, prediction, measurement, and control**. New York: John Wiley, 2002. 338p.

TOY, T. J.; GRIFFITH, J. J. Evolução das práticas nas lavras de Minas Gerais. **Brasil Mineral**, v. 19, n.209, p.34-40, 2003.

TOY, T. J.; GRIFFITH, J. J. Evolução das práticas nas lavras de Minas Gerais. **Brasil Mineral**, v. 19, n.210, p.26-33, 2003.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, 2.ed., 2003. 248p.

TUNDISI, J. G.; MATSURA-TUNDISI, T. A utilização do conceito de bacia hidrográfica como unidade para atualização de professores de ciências e geografia: o modelo Lobo (Broa), Brotas/Itirapina. In: TUNDISI, J. G. (Ed.). **Limnologia para manejo de represas**. São Paulo: EESC/USP/CRHEA, ACCESP, v.1, 1988. p.311-355.

TUNDISI, J. G.; STRASKRABA, M. **Theoretical reservoir ecology and its applications**. Brazilian Academy of Sciences, International Institute of Ecology, Backhuys Publishers (Leiden), 1999. 585p.

UICN - UNIÃO INTERNACIONAL PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA. "Parks for Life". In: WORLD CONGRESS ON NATIONAL, 4., 1993. **Anais...** Gland: Parks and Protected Areas, 1993. p.45-67.

UNESCO Compartilhar a água e definir o interesse comum. In: **Água para todos: água para a vida**. Edições UNESCO, 2003. p.25-26. (Informe das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos no mundo).

VALE, F. R. Depoimentos. **Jornal "O Tempo"**, Belo Horizonte, 4 dez. 2003. Caderno de Agronegócios. p.F12.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A.; CASTRO, P. S. **Melhoramento do regime e aumento de produção de água através da adequação do uso da terra em numa pequena bacia hidrográfica degradada**. 2002. 28p. (Relatório do convênio SAAE/UFV/SIF).

VALENTE, O. F.; GOMES, R. Curso de bacias hidrográficas: revitalização da capacidade de produção de água das nascentes de cabeceiras. In: ENCONTRO DE PRESERVAÇÃO DE MANANCIAIS DA ZONA DA MATA MINEIRA, 3., 2002, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: ABES-MG/DEA UFV, 2002. p.195- 224.

VANGRONSVELD, J.; CUNNINGHAM, S. D. **Metal contaminated soils: in situ inactivation and phytoremediation**. Georgetown: Springer, 1988. 265p.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CIMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. The river continuum concept. **Can. Fish. Aquatic. Sci.**, n.37, p.130-137, 1980.

VEIGA, J. E. Delimitando a Agricultura Familiar. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 2., Salvador, 1995. **Anais...** Salvador, BA: ANPEC, vol.2, 1995. p.41-59.

VEIGA, J. E. Problemas de transição à agricultura sustentável. **Estudos Econômicos**, v.24, p.9-29, 1994.

VIEIRA, L. S. **Manual da ciência do solo**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1975. 464p.

VIEIRA, L. S.; SANTOS, P. C. T. C.; VIEIRA, M. N. S. **Solos: propriedade, classificação e manejo**. Brasília: MEC/ABEAS, 1988. 154p. (Programa Agricultura nos Trópicos, v. 2)

VIEIRA, P. F.; WEBER, J. Introdução geral. In: VIEIRA, P. F.; WEBER, J. (Org.). **Gestão de recursos naturais e renováveis: novos desafios para a pesquisa ambiental**. São Paulo: Cortez, 1997. p.17-50.

VIEIRA, V. T.; CUNHA, S. B. Mudanças na rede de drenagem urbana de Teresópolis (Rio de Janeiro). In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. C. (Org.). **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p.111-145.

VILELA, D. Introdução. In: CARVALHO, M. M.; ALVIM, M. J.; CARNEIRO, J. C. (Eds.). **Sistemas agrofloreais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: CNPGL/EMBRAPA; Brasília: FAO, 2001. p.03-04.

VILELA, E. F. Depoimentos. **Jornal "O Tempo"**, Belo Horizonte, 4 dez. 2003. Caderno de Agronegócios. p.F12.

VISWANATHAN, P. N.; JAFFERY, F. N.; MISRA, V.; CHAWLA, G. Biomonitoring and freshwater ecotoxicology: an over view. In: KRUIJF, H. A. M.; ZWART, D.; RAY, P. K.; VISWANATHAN, P. N. (Eds.). **Manual on aquatic ecotoxicology**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. p.232-241.

VITOUSEK, P. M.; MOONEY, H. A.; LUBCHENCO, J.; MELILLO, J. M. Human domination of earth's ecosystems. **Science**, n.277, p.494-499, 1997.

Von OSTERROHT, M. Implantação de agrofloreas. **Agroecologia**, v.3, n. 15, p.8-11, 2002.

Von SPERLING, E. Qualidade da água. In: SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F. (Eds.) **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Brasília: MMA/SRH/ABEAS; Viçosa, MG: UFV/Departamento de Engenharia Agrícola, 1997. p.89-113.

Von SPERLING, M. Introdução à qualidade da água e ao tratamento de esgotos. In: **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 2. ed., Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, v.2, 1996. 211p.

VOS, J. B.; FEENSTRA, J. F.; BOER, J.; BRAAT, L. C.; Van BAALEN, J. **Indicators for the state of the environment**. Amsterdam: Institute for Environmental Studies, 1985. 425p.

WEBSTER, T. M.; CARDINA, J. Accuracy of a global positioning system (GPS) for weed mapping. **Weed Technology**, v.11, n.4, p. 782-786, 1997.

WEID, J. M. **A promoção do desenvolvimento rural sustentável e o papel do movimento sindical dos trabalhadores e trabalhadora rurais**: Comentários e subsídios ao documento base para o VII Congresso Nacional dos Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais. Brasília: Contag, 1997.

WEID, J. M. Conceitos de sustentabilidade e sua aplicação nos modelos de desenvolvimento agrícola. In: ALVAREZ, V. H. V.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfológicos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa, MG: SBCS; UFV, DPS, 1996. p.353-376.

WETZEL, R. G. **Limnologia**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1993. 919p.

WHITMORE, T. C. Tropical forest nutrients, where do we stand? In: PROCTOR, J. **Mineral nutrients in tropical forest and savanna ecosystems**. Oxford: Blackweell Scientific Publications, 1989. p.1-13.

WIENS, J. A. Riverline landscapes: taking landscape ecology into the water. **Freshwater Biology**, v.47, p.501-515, 2002.

WIERSUM, K. F. Introduction to the agroforestry concept. In: WIERSUM, K. F. (Ed.). **Viewpoints in agroforestry**. The Netherlands: Agricultural University of Wageningen. 1981. 212p.

WORLD BANK **World development report: development and environment**. New York: Oxford University Press, 1992. 326p.

WWF - WORLD WILDLIFE FUND. **Áreas protegidas ou Espaços Ameaçados?** Relatório sobre o grau de implementação e vulnerabilidade das Unidades de Conservação Federais Brasileiras de Uso Indireto. Brasília: 1999. 11p. (Série Técnica I)

YIN, R. K. **Case study research: design and methods.** California: SAGE Publications, Inc. Printed in Newbury Park, by CAMPBELL, D. T. (Ed.). 5.ed., 1988. 166p.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation.** Wallingford: CAB Internacional, 1994. 276p.

ZACARIAS, R. **Consumo, lixo e educação ambiental:** uma abordagem crítica. Juiz de Fora: FEME, 2000. 18p.

ZAMBERLAM, J.; FRONCHETI, A. **Agricultura ecológica:** preservação do pequeno produtor e do meio ambiente. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001. 214p.

ZANZINI, A. C. S.; PRADO FILHO, J. F. Impacto da atividade agropecuária sobre a fauna silvestre. **Informe Agropecuário**, v.21, n.202, p.57-71, 2000.