

Indicadores de sustentabilidade das plantações florestais

Indicators for the sustainability of forest plantations

Fábio Poggiani; José Luiz Stape;
José Leonardo de Moraes Gonçalves

Departamento de Ciências Florestais ESALQ/USP

RESUMO: A sustentabilidade de uma floresta manejada ou de uma plantação florestal está fundamentada nas seguintes premissas básicas: manutenção e até aumento da produção de madeira, perpetuidade do equilíbrio dinâmico entre a entrada e saída de energia e nutrientes, conservação da capacidade de regeneração do ecossistema. Nesta apresentação, são enfocados os diversos fatores que influem na produtividade florestal, relacionando-os com os aspectos das variáveis ecológicas que afetam diretamente o crescimento das árvores e a dinâmica do ecossistema. Como ponto de partida, considera-se que todos os critérios quanto à sustentabilidade, deveriam ser tomados em relação ao equilíbrio dinâmico da bacia hidrográfica onde a floresta plantada se localiza, visto que as entradas e saídas de energia e nutrientes podem ser mais facilmente quantificadas. Atendendo aos critérios de sustentabilidade são escolhidos então os parâmetros indicadores que serão usados no monitoramento das áreas florestadas através de uma rotina de observações e análises que deve ser estabelecida e repetida ao longo do tempo. Como principais indicadores podem ser mencionados: crescimento das árvores em altura, diâmetro e acúmulo de fitomassa, características da copa, densidade arbórea do povoamento, evolução da área basal, área foliar, água nas copas, macro e micronutrientes nas folhas, água no solo, matéria orgânica, fertilidade do solo e grau de compactação, produção de serapilheira e sua velocidade de decomposição, ataques de pragas, diversidade da vegetação do sub-bosque, produção e qualidade da água na bacia florestada etc.

PALAVRAS-CHAVE: Área florestada, Plantação florestal, Critério, Indicador, Sustentabilidade.

ABSTRACT: The sustainability of a natural managed forest or forest plantation is established on the following premises: a- maintenance and, if possible, improvement of productivity; b- steady state between inputs and output of energy and nutrients in the site end; c- conservation of capacity to regenerate the primitive ecosystems. In this paper, different factors affecting forest productivity are correlated to the ecological variables that influence tree growth and ecosystem stability. It is also considered that all criteria of sustainability would be founded on the maintenance of steady state inside the watershed, where inputs and outputs may be



measured. According to the criteria of sustainability, indicators and their variables will be selected to monitoring the forested areas through a routine of observations and analysis. As main indicators may be suggested: trees growth in height and diameter, phytomass accumulation, crown feature, trees density in the plot, basal area, leaf area, water content, macro and micronutrients in the leaves, soil water, organic matter, soil fertility and compactation, litter production and decomposition, pests attacks, diversity of understore vegetation, water production and quality in the forested watershed.

KEYWORDS: Forest plantation, Forested area, Sustainability, Criterion, Indicator.

AS PLANTAÇÕES FLORESTAIS FRENTE À SUSTENTABILIDADE

É cada vez mais aceito entre os ecologistas, que o uso correto da ciência não está em dominar a natureza, mas em viver de acordo com ela. (Commoner, 1963). O progresso nas diferentes áreas da tecnologia, como por exemplo no uso intensivo de máquinas agrícolas/florestais e a aplicação indiscriminada de produtos químicos (adubos e agrotóxicos), têm servido para uma maior e mais acelerada intervenção sobre os ecossistemas naturais afim de torná-los mais produtivos e economicamente rentáveis. Entretanto, o uso da tecnologia vem interferindo progressivamente no equilíbrio dos ecossistemas naturais e tem provocado uma crescente degradação também das áreas cultivadas, acelerando os processos de poluição do ar e a degradação física, química e biológica do solo e dos recursos hídricos.

Conhece-se ainda pouco sobre os processos naturais que asseguram a sobrevivência do planeta e, lamentavelmente, a disparidade entre o aprimoramento das diversas tecnologias e o reconhecimento de seus efeitos sobre a natureza se alarga a olhos vistos. Tiezzi (1988) alerta para o fato de que a superficialidade dos conhecimentos globais dos tecnólogos é diretamente proporcional a seu nível de especialização. Considera este autor, que as transformações provocadas pela atual tecnologia levam a efeitos prejudiciais imediatos sobre o ambiente, de maneira que o processo de degradação dos ecossistemas ocorre antes mesmo que qualquer previsão possa ser feita pelos analistas dos possíveis impactos ambientais.

Todos os ecossistemas naturais permanentes são sustentáveis (auto-suficientes), visto que, do ponto de vista ecológico, mantêm a produtividade de acordo com a capacidade de suporte do meio, a diversidade genética, as características físico-químicas do solo, a dinâmica dos nutrientes, o ciclo da água etc. Neste sentido, deve-se reconhecer que, a longo prazo, qualquer produção econômica baseada no uso dos recursos naturais será insustentável, se estiver degradando o ecossistema.

Evans (1992), em ampla revisão sobre as plantações florestais existentes no mundo, cita os benefícios sociais e econômicos que justificam a sua grande expansão e assinala que no Brasil as áreas plantadas com florestas de rápido crescimento totalizavam em 1965 cerca de 500.000 hectares, e passaram a ocupar 3.855.000 hectares em 1980 e 7.150.000 hectares em 1990.

Em termos silviculturais, desde o início do século, o conceito de sustentabilidade significa assegurar e, em certos casos, até aumentar a produtividade da floresta. Este conceito tem como princípio básico que a colheita não pode exceder à capacidade produtiva do sítio, sendo a floresta considerada como uma unidade individual de manejo (Schlich, 1925).



As florestas plantadas constituem-se em uma forma apropriada do uso do solo, são menos impactantes do que qualquer outra cultura intensiva; entretanto, precisam estar em harmonia com as prioridades ecológicas e sociais da região. Ecologicamente constituem-se em áreas de sucessão secundária, controlada e dirigida pelo silvicultor e mantida sempre na fase juvenil de elevada produtividade. É importante papel que as florestas de rápido crescimento desempenham na captura do CO_2 atmosférico, atenuando o efeito estufa, visto que, por exemplo, o armazenamento de carbono de uma árvore em fase ativa de crescimento corresponde aproximadamente a 45% do peso total da biomassa do tronco.

Kryklund (1990) estimou que seria necessária uma superfície de 465 milhões de hectares, florestada com árvores de rápido crescimento, para manter o CO_2 atmosférico constante aos níveis atuais. É preciso ressaltar, entretanto, que de maneira geral as plantações florestais vêm ocupando preferencialmente áreas sobre solos ácidos de baixa fertilidade, com elevados teores de alumínio e sujeitos aos processos erosivos e portanto facilmente degradáveis. (Gonçalves e Moro, 1996)

Por sua vez, as árvores de rápido crescimento, como por exemplo os eucaliptos, formam florestas de elevada produtividade, mas extraem consideráveis quantidades de nutrientes e água do solo. É claro, portanto, que o aumento da produtividade é importante, mas não justifica a degradação do meio ambiente. Nas plantações florestais são toleráveis determinados desbalanços nutricionais temporários, mas ao longo do ciclo silvicultural deve ser mantido um equilíbrio dinâmico entre as entradas e as saídas dos nutrientes do sítio, conforme evidenciado na Figura 1 (Stape, 1997).

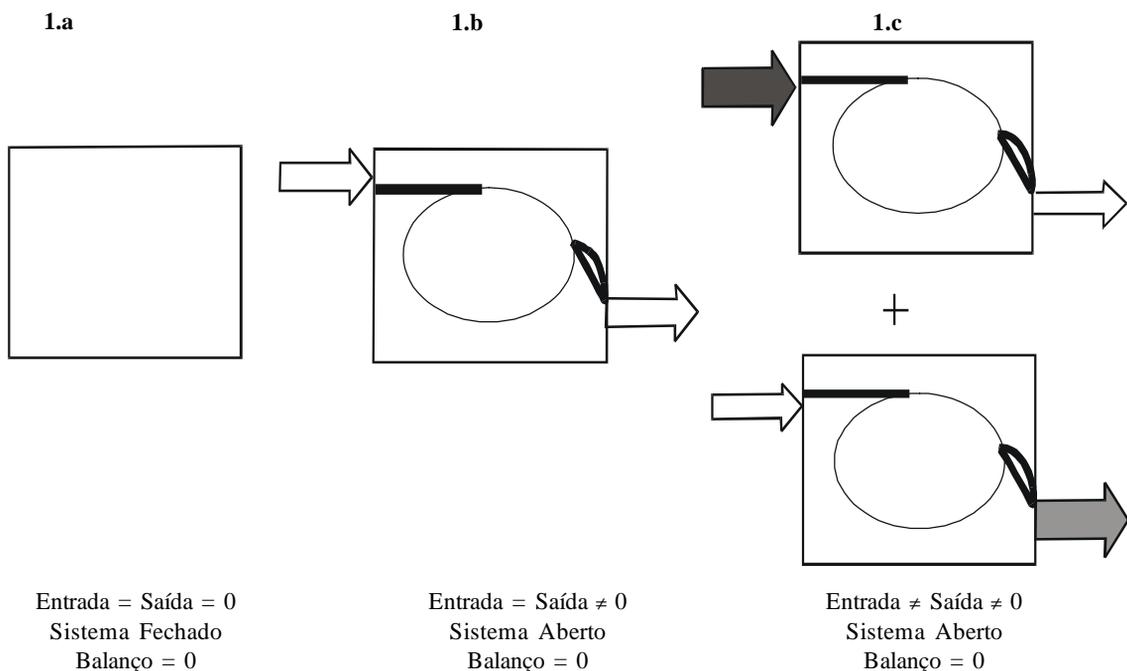


Figura 1

Equilíbrio dinâmico entre as entradas e as saídas dos nutrientes do sítio.



Neste sentido, torna-se necessário o monitoramento das plantações florestais, o qual fornece informações quanto ao passado, indica a necessidade de se alterar a forma de manejo futuro e assegura que qualquer efeito danoso sobre o ecossistema poderá ser modificado antes que ocorra uma degradação irreversível. De fato, se não forem tomadas as medidas adequadas de monitoramento, as plantações florestais mal manejadas, poderão gerar impactos severos sobre os ciclos da água, dos nutrientes e sobre o equilíbrio ecológico dos ecossistemas naturais adjacentes.

AS EMPRESAS FLORESTAIS E O EQUILÍBRIO AMBIENTAL

As empresas florestais bem estruturadas sabem que não podem visar apenas o aumento da produtividade florestal e que a falta dos cuidados necessários de conservação dos ecossistemas certamente resultará no declínio da produtividade com sérias conseqüências econômicas e repercussões sociais. A pesquisa florestal é sempre de longo prazo e, muitas vezes, os resultados levam um tempo superior ao período de permanência dos gerentes ou técnicos envolvidos nas diferentes atividades das empresas.

Foi com este intuito, por exemplo, que a partir das conclusões do *1º Workshop sobre monitoramento ambiental de áreas florestadas* (Poggiani, 1996), o IPEF decidiu implantar um banco de dados, dentro do Sistema Provedor de Informações (SPI), sugerindo que as empresas que queiram integrar um projeto de monitoramento escolham ao menos um local de suas áreas de plantio para estabelecer uma ou mais parcelas de coleta periódica de dados. Esta periodicidade, que poderá ser mensal, trimestral, anual ou quinquenal - dependendo do objetivo do estudo - possibilitará detectar os padrões de comportamento dos diversos componentes dos ecossistemas dentro da área escolhida.

CRITÉRIOS E INDICADORES AMBIENTAIS

Critério é aquilo que serve de base para comparação, julgamento ou apreciação. Do ponto de vista ecológico-silvicultural, dentre os principais *critérios* usados no planejamento de um programa de monitoramento de plantações florestais podem ser mencionados: 1- variações da fitomassa acumulada ao longo do tempo; 2- variações da fitomassa das plantações no espaço; 3- sustentabilidade da produtividade biológica; 4- os diversos detetores de estresse nas árvores; 5- estimativas do número de espécies de plantas ou animais existentes na área; 6- outros índices de biodiversidade; 7- impactos sobre as características do solo e 8- efeito da área florestada sobre a produção e qualidade da água. Neste último caso, poderíamos citar como exemplo de critério : a capacidade que a floresta tem de filtrar e purificar a água.

Por sua vez, os parâmetros (*Indicadores*) ambientais podem ser avaliados em suas variáveis repetidamente ao longo do tempo. O indicadores podem estar relacionados com aspectos: climáticos, edáficos, ecológicos, fenológicos, fisiológicos etc, que, uma vez registrados e devidamente organizados ao longo do tempo, permitem estabelecer relações claras de causa/efeito entre a produção de fitomassa e os fatores físicos, químicos e bióticos do ambiente circundante. Permitem, ainda, acompanhar as diferentes formas de impacto que as plantações florestais



causam sobre o ambiente tomando como referência o ecossistema natural primitivo e/ou pré-existente. Poderíamos citar como exemplo de indicador: a qualidade da água produzida numa bacia hidrográfica em função das espécies arbóreas usadas no reflorestamento e das técnicas de manejo.

Diversos parâmetros *indicadores* podem ser observados e utilizados como formas de monitoramento, tais como: crescimento das árvores em altura, diâmetro e acúmulo de fitomassa, características da copa, densidade arbórea do povoamento, evolução da área basal, área foliar, água nas copas, macro e micronutrientes nas folhas, água no solo, matéria orgânica e fertilidade do solo e grau de compactação, produção de serapilheira e sua velocidade de decomposição, ataques de pragas, efeito de poluentes, diversidade da vegetação do sub-bosque, profundidade do lençol freático, produção e qualidade da água na bacia florestada etc. (Lewis, 1995)

A escolha dos parâmetros mais adequados do ponto de vista econômico e operacional será uma tarefa multidisciplinar que deverá ser desenvolvida pelas diferentes áreas de pesquisa da universidade em cooperação com as empresas do setor florestal.

INDICADORES AMBIENTAIS EM ÁREAS FLORESTADAS

A escolha de indicadores ambientais em plantações florestais de rápido crescimento, conforme proposto por Poggiani (1996), deve seguir alguns critérios básicos, dentre os quais se destacam: a *facilidade* da coleta e registro de dados confiáveis e o *baixo custo* das operações, de maneira que as atividades de monitoramento possam ser efetuadas de forma contínua em diversas regiões representativas de toda a área florestada. Para a finalidade deste trabalho, entende-se como *indicadores ambientais* determinadas variáveis referentes a diversos aspectos da morfologia, fisiologia, florística, fenologia, características climáticas e edáficas etc., que registrados periodicamente e devidamente organizados possam fornecer evidências da evolução do comportamento do ecossistema como um todo e de seus componentes (seres vivos e não vivos).

Os indicadores, quando bem escolhidos, podem ser utilizados para interpretar os fenômenos naturais e permitem estabelecer relações de causa-efeito e fazer previsões sobre o comportamento, a médio e longo prazo, quanto à sustentabilidade do ecossistema. Os dados, devidamente armazenados e organizados permitirão detectar pontos críticos de funcionamento do ecossistema florestal, estabelecer correlações entre diferentes eventos, levantar hipóteses para embasar novas pesquisas com o objetivo final de averiguar a validade dos indicadores escolhidos.

A universidade deverá contribuir ainda no aprimoramento dos estudos através de trabalhos de dissertações, teses e outras pesquisas aplicadas, contando com o auxílio de entidades financiadoras de pesquisa.

A MICROBACIA COMO ÁREA DE ABRANGÊNCIA PARA ESTUDO DOS INDICADORES

Entre as atuais recomendações sobre a implantação de áreas florestadas consta que o planejamento do uso do solo deveria ser efetuado levando-se em consideração as diversas microbacias hidrográficas que captam a água da chuva e suprem os córregos e rios que se originam nas áreas sob a responsabilidade da empresa. Odum (1983) foi um dos primeiros



ecologistas a chamar a atenção sobre a importância de se tomar a bacia hidrográfica como a forma mais racional de estudar a dinâmica de um ecossistema terrestre. Conseqüentemente, não apenas o talhão, mas a bacia de drenagem inteira deve ser considerada a unidade de gerenciamento no manejo das plantações florestais. Neste sentido diversos estudos vêm sendo desenvolvidos no Brasil, tendo a microbacia como área de referência (Lima *et al.* 1996).

Há, sem dúvida, uma responsabilidade do silvicultor em relação aos recursos hídricos, os quais para a sociedade são mais importantes do que a madeira produzida, cujo valor interessa apenas ao empresário. É preciso, portanto, que seja efetuado um levantamento prévio para caracterizar as microbacias onde, sempre que possível, deveriam ser registrados os dados que permitam uma estimativa mensal/anual de produção de água. Este assunto será discutido mais detalhadamente na abordagem do tema específico.

INDICADORES CLIMÁTICOS REGIONAIS

Dependendo da extensão territorial e de determinadas variáveis como por exemplo: altitude, distância da costa marítima ou presença de grandes corpos d'água etc., a área florestada pode abranger diversos mesoclimas (climas sub-regionais), cuja caracterização necessita ser definida através de um simples acompanhamento com medidas diárias de precipitação e temperatura tomadas apenas com o auxílio de um pluviômetro e de um termômetro. Particular atenção deveria ser dada ao registro de certos fenômenos, como a ocorrência de geadas ou de períodos de estresse hídrico, devido à importância destes na caracterização e adaptação ecológica de certas espécies florestais. Por exemplo, os dados armazenados em programas apropriados permitirão que, após um ano, seja elaborado o balanço hídrico conforme (Thornthwite e Mather, 1955) ou o diagrama climático conforme metodologia proposta por Walter (1986), ou ainda a compilação de climatogramas de extrema utilidade nas comparações climáticas necessárias para a introdução de espécies florestais exóticas e para interpretar o comportamento biológico das diferentes espécies arbóreas usadas na produção de biomassa. Esta recomendação é particularmente válida para as empresas com seus hortos florestais distribuídos em regiões climaticamente distintas. Neste caso, cada região deveria ser monitorada em separado quanto às variações de clima.

PARCELAS PERMANENTES EM TALHÕES FLORESTAIS

A parcela permanente é uma área que se destina ao monitoramento da *produção de biomassa lenhosa* e também da *sustentabilidade* quanto à conservação do solo, da água, dos nutrientes e da biodiversidade. Em estudos de monitoramento contínuo, as parcelas de amostragem não poderiam ser apenas temporárias, visto que haverá necessidade de se comparar sempre os dados presentes com os dados do passado. A parcela permanente deve portanto ser bem demarcada, mantendo seus limites facilmente visíveis. De início, sugere-se que a parcela permanente de aproximadamente 500 m², em forma de retângulo com 10 m de largura por 50 m de comprimento no sentido de maior declive e que seja localizada num ponto intermediário da encosta, equidistante do espigão divisor de águas e do canal de drenagem.



Antes do início do preparo do solo, é importante que seja efetuado um levantamento de suas características físicas e químicas, retirando uma amostra composta dentro da área da parcela permanente até uma profundidade de 20 cm.

Uma avaliação inicial da densidade aparente do solo e da velocidade de infiltração, também será importante para acompanhar um possível processo de compactação. O histórico deve conter ainda, quando possível, dados a respeito da vegetação existente antes do florestamento e as características edáficas primitivas. Deve ser relatada também a forma de preparo do solo principalmente em relação às queimadas, usos da grade e do subsolador, formulação de adubos e métodos de prevenção e controle de ervas daninhas etc.

VARIAÇÃO DOS INDICADORES AMBIENTAIS AO LONGO DO TEMPO

O objetivo do monitoramento consiste em visualizar como se alteram as características indicativas da sustentabilidade ao longo das sucessivas rotações através de levantamentos periódicos dentro das parcelas permanentes em relação aos seguintes aspectos: *microclima, produção de biomassa lenhosa, dados fenológicos/fisiológicos do componente arbóreo, dinâmica da serapilheira, ciclagem e balanço de nutrientes e evolução do sub-bosque em relação à produção de biomassa e biodiversidade*. Os dados, devidamente armazenados e ordenados em bancos de informações podem ser usados para detectar pontos críticos, estabelecer correlações e elaborar modelos para melhor entender a evolução do ecossistema florestal (Adlard, 1990).

Microclima

O microclima ou ecoclima, corresponde ao clima na escala e no nível do organismo (ACIESP, 1997). Representa portanto as condições climáticas que envolvem o organismo ou organismos em estudo. Ex: estratos das copas, troncos, serapilheira, horizontes do solo etc. Na floresta, a energia radiante é atenuada pela presença das folhas. Quanto mais ampla a área foliar, menor a energia que chega no sub-bosque. Ao longo do perfil vertical, altera-se conseqüentemente a temperatura, a luminosidade e a umidade do ar.

Os dados microclimáticos podem ser coletados periodicamente dentro da parcela e os *equipamentos necessários* podem ser constituídos por: termômetro de máxima e mínima, psicrômetro, luxímetro (mede a luz visível) ou PAR (mede a luz fotossinteticamente ativa). As medições podem ser mensais e efetuadas preferencialmente em dias claros. A luz deve ser medida dentro da parcela e também a céu aberto. Dos equipamentos, apenas o termômetro precisa permanecer na área. O luxímetro e o psicrômetro podem ser portáteis e usados em outras parcela. Da mesma forma deve ser monitorada a temperatura e umidade do solo. A primeira, através de termômetro de solo, cujo sensor é colocado entre 3 e 5 cm de profundidade. A umidade do solo pode ser analisada através do método convencional, coletando-se amostras e secando o solo em estufa. Como método de padronização, o solo poderia ser coletado com trado nos primeiros 20 centímetros.

Os equipamentos acima mencionados são baratos e de fácil manuseio. Atualmente, também podem ser encontradas mini-estações meteorológicas automatizadas, mas a preços eleva-



dos. Os dados coletados, devidamente ordenados, poderão ser correlacionados com a produção de biomassa arbórea e evolução da vegetação do sub-bosque.

Condições edáficas

Geralmente nos ecossistemas terrestres o solo contém o maior estoque de nutrientes minerais. Contudo, nas plantações florestais a exportação de nutrientes causada pela colheita da biomassa e, às vezes, também devido às práticas inadequadas de manejo, pode alterar o equilíbrio nutricional que deveria ser periodicamente avaliado. Isto pode ser feito tomando-se amostras compostas da camada de solo entre 0 e 20 cm, onde se concentra a maior parte das raízes absorventes. O acompanhamento da relação C/N é também um indicador importante. Outro aspecto de preocupação deve estar voltado para a compactação do solo que afeta o arejamento e a capacidade de infiltração da água, prejudicando o crescimento do sistema radicular (Dickmann e Pregitzer, 1992).

Biomassa arbórea

O crescimento da biomassa arbórea pode ser acompanhado através da medição semestral (final do inverno e final do verão) dos seguintes parâmetros: DAP, altura do tronco, profundidade e largura da copa de cada uma das árvores da parcela permanente. Ao final da rotação, por acasão da colheita, uma árvore média, pode ser analisada quanto aos estoques de biomassa e nutrientes nas folhas, ramos, lenho e casca (kg/ha), com a finalidade de estimar a exportação de nutrientes do sítio devido à colheita (Poggiani, 1996). Para isto deverá ser retirada uma amostra composta de folhas, ramos e um disco na metade da altura total do tronco. Através da coleta de folhas da copa, também pode ser feita a estimativa de sua biomassa da superfície foliar da árvore.

Dados fenológicos/fisiológicos do componente arbóreo

As variações fenológicas referem-se às alterações visíveis que ocorrem na vida das plantas, tais como: floração, frutificação, alteração na coloração e derrubada de folhas e da casca. As observações podem ser registradas mensalmente de forma semi-quantitativa. A coloração das folhas pode ser comparada com a escala internacional de cores.

Concomitantemente, recomenda-se que sejam coletadas amostras compostas de folhas do terço superior da copa para análise do teor de clorofila, conteúdo relativo de água nos tecidos e análise química dos nutrientes minerais. As análises efetuadas nos períodos mais quentes, chuvosos ou secos poderão fornecer dados valiosos para interpretar, juntamente com os dados climáticos, dendrométricos e edáficos a resposta das árvores da parcela às diferentes formas de estresse hídrico e nutricional e estabelecer indicadores.

Recentemente, os parâmetros mencionados como por exemplo a coloração das folhas, seu conteúdo relativo de água e a superfície foliar tem permitido estabelecer relações com imagens de sensoriamento remoto que são de grande utilidade para o monitoramento de áreas florestadas (Adlard, 1993).



Dinâmica da serapilheira

A produção de serapilheira é a forma principal de adição de matéria orgânica e nutrientes ao solo da floresta. Cerca de 70% da serapilheira produzida por um talhão florestal jovem é composta por folhas (folhedo). A formação da serapilheira também segue uma sazonalidade em função das condições climáticas ao longo do ano. Da mesma forma a decomposição da serapilheira ocorre em maior intensidade nos períodos quentes e úmidos.

Uma estimativa da deposição de serapilheira pode ser feita com a implantação de 5 redes coletoras com a superfície de 0,25 m² colocadas a 0,5 m acima do solo e distribuídas na parcela. Mensalmente o material vegetal coletado deve ser seco em estufa a 60-70 °C para estimativa da produção média mensal.

Outra observação refere-se à serapilheira acumulada sobre o solo, cuja coleta semestral, em amostras de 10 parcelas de 0,25 m², após secagem pode fornecer a quantidade de serapilheira acumulada. A relação entre a serapilheira depositada anualmente e a serapilheira acumulada sobre o solo permite estabelecer a taxa instantânea de decomposição (Olson, 1963).

Ciclagem e balanço de nutrientes

Uma bacia hidrográfica apresenta-se em equilíbrio dinâmico em relação aos nutrientes, quando as entradas (via precipitação atmosférica e adubação) se equívalem às perdas em decorrência da colheita da madeira, além da saída dos nutrientes através do processo de arraste superficial e percolação.

A entrada de nutrientes na bacia pode ser estimada através da análise química da água coletada mensalmente no pluviômetro, que devidamente conservada, pode fornecer uma estimativa mensal do conteúdo de nutrientes introduzidos no sistema via precipitação atmosférica.

Quanto ao estoque de nutrientes no solo, deve ser estimado antes do plantio inicial, ou do início de cada rotação. Devem ser amostrados os primeiros 20 centímetros da camada do solo, e o estoque é estimado utilizando-se os dados da concentração de cada elemento e a densidade aparente do solo.

A saída de nutrientes, através da colheita da madeira, pode ser estimada conforme descrito no item referente à estimativa da *biomassa arbórea*. A perda de nutrientes da bacia através do deflúvio pode ser estimada, conhecendo-se a vazão do rio que drena a bacia e a concentração dos diferentes elementos minerais em suspensão na água.

O grau de erosão do solo também poderia ser acompanhado de uma forma simples, fixando-se estacas graduadas no solo localizadas em diferentes pontos da parcela ao longo do declive.

Indicadores da biomassa e biodiversidade do sub-bosque

Dentro da parcela permanente devem ser demarcadas 5 sub-parcelas de 10m² com a finalidade de efetuar anualmente um levantamento da altura média e da área coberta pela vegetação do sub-bosque. A identificação das espécies, permitirá determinar também o grau de diversidade entre a vegetação e também a possível infestação de espécies invasoras e seus reflexos na serapilheira (Muys e Lust, 1993).



USO DO SENSORIAMENTO REMOTO NA DINÂMICA DAS ÁREAS FLORESTADAS

As áreas florestadas ao longo do tempo, em virtude das práticas de manejo, são submetidas a contínuas alterações em sua composição espacial e diversidade florística. Continuamente ocorre o crescimento das árvores em altura, diâmetro e volume das copas e periodicamente as florestas maduras são cortadas descobrindo-se completamente ou parcialmente o solo. As áreas exploradas podem ser replantadas com as mesmas espécies florestais ou com novas espécies exóticas ou nativas; em outros casos, a empresa julga conveniente recuperar a vegetação natural primitiva, visando a recomposição das áreas de conservação permanente, matas ciliares etc. Para todo este complexo processo de mudanças no espaço e no tempo dá-se o nome de *dinâmica das áreas florestadas*.

As empresas florestais, em geral, projetam a distribuição de suas áreas através de mapas em que são representadas por exemplo: a topografia, as categorias de solo, a distribuição dos diferentes talhões florestais, a malha viária e a localização dos pontos operacionais como escritórios, viveiros etc.

Do ponto de vista do monitoramento ambiental, estes dados são de uma importância básica para se gerenciar a qualidade do ambiente. A superfície da área florestada, sua distribuição e a relação entre as áreas de produção madeireira e de conservação permanente são dados básicos para o gerenciamento e a otimização da produtividade e sobre a conservação e aumento da biodiversidade em geral.

Atualmente, diversas formas de sensoriamento remoto são utilizadas no monitoramento das áreas florestadas (Harrison e Jupp, 1989), sendo que detetores sensíveis a diferentes comprimentos de onda podem ser utilizados para diversas finalidades como por exemplo: facilitar o inventário florestal (Amaral *et al.*, 1996), acompanhar as alterações sazonais da vegetação, registrar a evolução das operações de corte e plantio, avaliar a extensão de incêndios, estimar o conteúdo de água nas folhas e no solo, indicando os períodos de déficit hídrico, prever áreas sujeitas a incêndios, identificar pontos com ataques de pragas e doenças, demarcar regiões sujeitas à erosão etc. (Bundestag, 1990). Estas observações, uma vez armazenadas em banco de dados, se constituem num instrumento fundamental para o gerenciamento da qualidade do ambiente.

Concluindo, pode-se assegurar que o investimento efetuado para implantar e dar continuidade às operações de monitoramento trará a médio prazo resultados altamente compensadores quanto à produtividade e sustentabilidade das áreas florestadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACIESP (Academia de Ciências do Estado de São Paulo). *Glossário de ecologia*. 2.ed. São Paulo: ACIESP, 1997. 352p.

ADLARD, P.G. *Monitoring*. London: SIPC/WWF, 1990. 46p. (Study Shell/WWF Tree Plantation Review No.11).

ADLARD, P.G. *Procedures for monitoring tree growth and site change*. Oxford: Oxford Forestry Institute, 1993. 188p. (Tropical forestry papers, 23).

AMARAL, S. et al. Relações entre índice de área foliar (LAI), área basal, e índice de vegetação (NDVI) em relação a



- diferentes estágios de crescimento secundário na floresta amazônica em Rondônia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8, Salvador, 1996. *Anais*. Salvador, 1996. 5p. (CD-ROM).
- BUNDESTAG, G., ed. *Protecting the tropical forests: a high-priority international forests task*. Bonn: Deutscher Bundestag, 1990.
- COMMONER, B. *Science and survival*. New York: Viking Press, 1963.
- DICKMANN, D. I.; PREGITZER, K.S. The structure and dynamics of woody plant root systems. In: MITCHELL, C.P. et al. *Ecophysiology of short rotation forest crops*. North Way: Chapman & Hall, 1992. p:95-123.
- EVANS, J. *Plantation forestry in the tropics: tree planting for industrial, social, environmental, and agroforestry purposes*. 2.ed. Oxford: Clarendon Press, 1992. 403p.
- GONÇALVES, J.L.M.; MORO, L. Uso de cinza de biomassa florestal como fonte de nutrientes em povoamentos puros de *Eucalyptus grandis*. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, Águas de Lindóia, 1996. Solo/Suelo. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. (CD-ROM).
- HARRISON, B.A.; JUPP, D.L.P. *Introduction to remotely sensed data*. Canberra: CSIRO/Division of Water Resources, 1989. 141p.
- KRYKLUND, B. The potential of forests and forest industry in reducing excess atmospheric carbon dioxide. *Unasylva*, v.41, n.163, p.12-14, 1990.
- LEWIS, T. E. et al. Selection and testing indicators of forest health. In: AGUIRRE-BRAVO, C.(ed.) Proceedings of the North American Workshop on monitoring for ecological assessment of terrestrial and aquatic ecosystems, México, September 1995. *USDA. Forest Service. RM general technical report*, n.284, p.140-156, 1995.
- LIMA, W.P.; POGGIANI, F.; VITAL, R.T. Impactos ambientais de plantações florestais sobre o regime hídrico e de nutrientes em bacias hidrográficas. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13, Águas de Lindóia, 1996. Solo/Suelo. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. (CD-ROM).
- MUYS, B.; LUST, N. Ecological changes following afforestation with different tree species on a sandy loam soil in Flanders, Belgium. In: WATKINS, C., ed. *Ecological effects of afforestation*. Wallingford: CAB International / University of Nottingham, 1993. P.179-190
- ODUM, E.P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1983. 434p.
- OLSON J.S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology*, v.44, n.2, p. 322-331, 1963.
- POGGIANI, F. Monitoramento ambiental de plantações florestais e áreas naturais adjacentes. In: WORKSHOP SOBRE MONITORAMENTO AMBIENTAL EM ÁREAS FLORESTADAS, 1, PIRACICABA, 1996. Memória. *Série Técnica IPEF*, v.10, n. 29, p.1-79, 1996.
- SCHLICH, W. *Manual of forestry: forest management*. 5.ed. London: Bradbury, 1925. v.3, 383p.
- STAPE, J.L. *Florestas plantadas: situação de cultivo, manejo e tendências*. In: WORKSHOP ON THE SUSTAINABILITY OF THE BRAZILIAN PULP & PAPER INDUSTRY. São Paulo: Ministério das Relações Exteriores/BRACELPA, 1997. (Palestra)
- TIEZZI, E. *Tempos históricos, tempos biológicos: a Terra ou a morte; os problemas da nova ecologia*. São Paulo: Nobel, 1988. 204p.
- THORNTHWITE, C. W.; MATHER, J.R. The water balance. *Institute of Technology Publication climatology*, v.8, n.1, p.1-86, 1995.
- WALTER, H. *Vegetação e zonas climáticas: tratado de ecologia global*. São Paulo: EPU, 1986. 325p.