

CAPÍTULO I

REPRESENTATIVIDADE FISIAGRÁFICA E PEDOLÓGICA DE FRAGMENTOS DE FLORESTA NATIVA EM ÁREAS DE PLANTIOS HOMOGÊNEOS DE EUCALIPTO

RESUMO

Neste capítulo foi avaliada a representatividade fisiográfica e pedológica de fragmentos florestais nativos inseridos em áreas de plantios homogêneos de eucalipto. A hipótese apresentada é que a distribuição dos fragmentos de floresta nativa na paisagem é não aleatória, podendo não representar toda a diversidade ambiental da paisagem. Comprovar esta hipótese pode significar que a fauna e flora que ali estão presentes constituem uma amostra parcial da fauna e flora originais e, conseqüentemente, não representam toda a biodiversidade local. O teste de Qui-Quadrado retornou valores significativos para todas as características de relevo e solos analisadas em todos os projetos ao nível de 5% de probabilidade, denotando que a distribuição das áreas de floresta nativa é não-aleatória, dependendo das classes de altitude, declividade e orientação definidas para os projetos e da posição na paisagem e dos grupos de solos. De modo gerais, as florestas nativas estão associadas principalmente às áreas de menores altitudes e de maiores declividades, aos terraços e planícies fluviais, às encostas côncavas e àquelas voltadas para o sul e sudoeste, aos Neossolos Litólicos, Cambissolos mais rasos e Cambissolos Flúvicos.

INTRODUÇÃO

No seu estágio de cultura mais primitiva, o homem possuía natureza nômade, coletando produtos para sua subsistência pelos locais onde passava. Tornando-se mais sedentário, este passou a cultivar a terra, melhorando seu suprimento e aumentando a possibilidade de atender às necessidades da coletividade crescente. Até este momento, nenhuma carência existia, já que a oferta destes bens ultrapassava o limitado consumo e a experiência dessas sociedades se transmitia sem maiores modificações. O crescimento das aglomerações urbanas após a Revolução Industrial no século XVIII na Inglaterra, resultou em melhores condições de habitação e higiene, e no aumento da população, criando novas necessidades de abastecimento que os processos rotineiros e predatórios do uso dos recursos naturais não poderiam contemplar (LIMA, 1977).

Neste contexto, o homem passa a exercer uma forte pressão sobre o meio natural, que culmina com a devastação das áreas naturais para implantação de culturas agrícolas. Uma questão que nos remete frente à ocupação do solo para produção agrosilvopastoril é a representatividade ambiental dos fragmentos de floresta nativa remanescente. Muitas vezes estes fragmentos localizam-se nas áreas menos produtivas ou que requerem custos ou esforços maiores para seu uso, distribuindo-se de maneira não-aleatória no espaço. Isto pode resultar, em curto ou longo prazo, em impactos sobre a biodiversidade local, visto que características fisiográficas e pedológicas influenciam a distribuição e a sobrevivência de espécies da fauna e da flora.

Atualmente, áreas antes dadas como improdutivas, podem ser cultivadas com produtividade satisfatória mediante a aplicação de fertilizantes e o emprego de máquinas agrícolas. Mais fertilizantes permitiram que o Cerrado Brasileiro passasse a ser mais intensamente cultivado, inicialmente diminuindo a pressão sobre a Floresta Amazônica (EASTERBROOK, 2004). Porém, o que era para resultar em menor desmatamento, dada a maior produtividade por unidade de área, infelizmente não ocorreu. A população continuou a crescer demasiadamente, as áreas de plantio aumentaram transformando-se em extensas monoculturas que beneficiam poucos e se expandem agora, após vasta destruição da Floresta Atlântica e do Cerrado, em direção à Amazônica. Ademais, tornamo-nos dependentes de defensivos sempre que aparecem

novas pragas e doenças. São poucos os que conseguem acompanhar financeiramente essas exigências de sobrevivência das monoculturas, que sofrem com sua própria natureza homogênea e distanciamento de áreas de floresta natural.

Adicionalmente, as monoculturas podem constituir a causa maior da distribuição tendenciosa dos remanescentes de floresta nativa na paisagem, pelo fato da espécie cultivada possuir requerimentos peculiares ou adaptarem-se melhor a determinadas situações ambientais. Características da área de cultivo de eucalipto determinam condições que são menos favoráveis a seu plantio, o que é motivo de vários estudos relacionando sua produtividade às características do solo e do relevo (SANTANA, 1986; TEIXEIRA, 1987; BRAGA, 1997; MENEZES, 2005). Como resultado em comum, os três primeiros trabalhos citados anteriormente, estudando áreas de empresas localizadas em região de Mares de Morros do Vale do Rio Doce, apontam as características fisiográficas da região como sendo determinantes para a escolha das áreas para plantio de florestas comerciais, com consenso quanto à baixa produtividade nas áreas de baixadas - com algumas variações entre espécies -, apesar da melhor fertilidade destas.

Apesar das críticas constantes sobre o “deserto verde”, termo utilizado para as vastas áreas de monocultura de eucalipto, às quais se atribui uma série de malefícios ao meio ambiente, existem evidências científicas provando que o consumo de água pelo eucalipto não difere muito daquele de outras espécies agrícolas e florestais, variando entre 800-1.200 mm/ano, o mesmo obtido para o café (LIMA, 1993; MORA & GARCIA, 2000) e apontando a alta eficiência no uso da água para produção de madeira por esta espécie (NOVAIS, 1996). É notável também que empresas de celulose destinem até a metade de sua área de plantio para preservação ambiental, o que não é realidade para a maioria das áreas de cultivo agrícola (CENIBRA, 2005).

Os Sistemas de Informações Geográficas facilitam e agilizam o estudo da paisagem, permitindo uma análise comparativa da distribuição de características fisiográficas e pedológicas em diferentes usos dos solos. Assim, pode-se relacionar altitude, declividade, orientação da vertente e solos da paisagem nas quais as florestas nativas se encontram, além de outras características que se julgarem interessantes, e discursar sobre as implicações destas para a fauna, a flora e a produtividade da cultura em questão.

A hipótese deste estudo é de que a distribuição dos fragmentos de floresta nativa em plantios homogêneos de eucalipto é não aleatória, podendo não ser representativa da diversidade ambiental da paisagem. O objetivo geral foi avaliar a representatividade ambiental de fragmentos florestais em áreas dominadas por cultivos homogêneos, e os específicos foram realizar o levantamento de solos das áreas de floresta nativa nos projetos em estudo e comparar a distribuição de características dos solos e do relevo entre as áreas de floresta nativa e de plantios de eucalipto.

REVISÃO DE LITERATURA

A Floresta Atlântica

A Floresta Atlântica está presente tanto na região litorânea como nos planaltos e serras do interior do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul, ao longo da costa brasileira. A sua área principal ou central está nas Serras do Mar e da Mantiqueira, abrangendo os Estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito do Santo (RIZZINI, 1979).

Em toda sua extensão, esta floresta apresenta uma variedade de formações, e engloba um diversificado conjunto de ecossistemas florestais com estruturas e composições florísticas bastante diferenciadas, acompanhando as características climáticas e geográficas. A distribuição da vegetação é fortemente influenciada pela distância do oceano, seguida do regime de distribuição de chuvas, da altitude e da duração da estação seca (OLIVEIRA-FILHO & FONTES, 2000). Na sua região de ocorrência também existem grandes diferenças edáficas e geológicas, sendo o elemento comum a exposição aos ventos úmidos que sopram do Oceano Atlântico.

A elevada biodiversidade da Floresta Atlântica é função das variações ambientais do bioma. Um dos fatores mais importantes que contribui para esta variação é sua extensão em latitude, que abrange 38°. Variações altitudinais constituem outro importante fator que contribui para a ocorrência de alta diversidade biológica, dado que as matas se estendem do nível do mar a uma altitude de 1800 metros. Além disso, as matas do interior diferem

consideravelmente das matas do litoral, proporcionando uma maior variedade de habitats e nichos (CEPF, 2001).

Influências das variáveis ambientais na distribuição das espécies

Os organismos geralmente estão confinados a ambientes específicos e a nichos ecológicos, havendo poucas espécies da fauna e da flora de distribuição ampla, ou seja, que toleram condições diversas. “Os acidentes topográficos criam ambientes diferentes; a latitude imprime um padrão global de clima em zonas definidas, de modo que em cada diferente condição de solo, topografia e microclima vivem espécies características junto com as tolerantes, de maior distribuição global. Isto cria grande diversidade de ecossistemas e complexidade de distribuição biogeográfica” (SALGADO-LABOURIAU, 1994).

Existem dois termos que podem ser relacionados à maior diversidade de espécies por aumentarem o número de nichos no espaço: a complexidade e a heterogeneidade. O primeiro descreve o desenvolvimento de estratos verticais, enquanto o segundo representa a variação horizontal na fisionomia do habitat (AUGUST, 1983).

A diversidade de habitats é função da heterogeneidade do ambiente físico. Os organismos de uma comunidade ocupam o espaço de acordo com as características do meio e dos organismos nele existentes. Em áreas florestais outrora contínuas, antes da ocupação humana, os nichos ecológicos se encontravam preservados em sua totalidade. Com a fragmentação das florestas esse quadro alterou bastante. Os fragmentos florestais consistem de amostras do ecossistema original, sendo tais amostras função de variáveis ambientais e do uso da terra. Assim, quando áreas florestais contínuas foram isoladas em fragmentos menores, estes podem não conter todas as espécies originais ou conter apenas um pequeno número de indivíduos da espécie, em virtude da distribuição natural em manchas das espécies em resposta à heterogeneidade ambiental (CERQUEIRA et al., 2005; SCARIOT et al., 2005).

A diversidade organismal ou diversidade de espécies pode ser estudada em nível local ou regional, também denominadas diversidade alfa (α) e gama (γ), respectivamente. A diversidade alfa representa o número de espécies encontradas numa área relativamente homogênea, composta pelo mesmo tipo

de habitat. Já a diversidade gama refere-se ao número total de espécies encontrado em todos os habitats de uma região. Estas duas diversidades se igualam quando cada espécie ocorre em todos os ambientes de uma região, o que na prática é bastante difícil de ocorrer. Um terceiro tipo de diversidade, denominado diversidade beta (β), fornece a variação na composição de espécies entre diferentes localidades. Quanto maior a variação da diversidade alfa no espaço, maior será a diversidade beta. Desse modo, esta diversidade é igual a 1 quando todas as espécies são generalistas, existindo nesse caso apenas um habitat. Quando passa a existir um maior número de habitats pela especialização das espécies, o valor da diversidade beta aumenta (CERQUEIRA et al., 2005). O interessante desta diversidade reside no fato de que a existência de um habitat onde ocorre apenas uma espécie, logo com baixa diversidade alfa, pode contribuir para uma maior diversidade beta.

A heterogeneidade florística é função, em escala geográfica regional, de variações climáticas e altitudinais (OLIVEIRA-FILHO & FONTES, 2000), o que remete ao conceito de Fitogeografia. Em escala local, além destas variáveis, variações topográficas e edáficas exercem importante papel na organização espacial da vegetação arbórea (MARTINS et al., 2003). Diversos estudos demonstram a correlação entre variáveis ambientais e a distribuição e abundância de espécies da flora e da fauna (DALANESI et al., 2004; ESPÍRITO-SANTO et al., 2002; MARTINS et al., 2003; PINTO et al., 2005; BOTREL et al., 2002; LIMA et al., 2003).

PINTO et al. (2005) estudaram a distribuição de espécies ao longo de um gradiente de umidade do solo em ambientes de nascentes pontuais da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, em Lavras, MG. Eles separaram dois gradientes, um sob influência direta da umidade, contando dez metros para cima e para as laterais da nascente e 50 m para baixo desta, ou seja, ao longo do rio; e o outro gradiente 40 m a partir dos 10 m de distância da nascente acima e nas laterais desta. O primeiro gradiente representa o ambiente que sofre influência direta da umidade. Neste ocorreram 33 espécies exclusivas das 110 encontradas em toda a bacia, enquanto que no outro gradiente ocorreram 28 espécies exclusivas, demonstrando assim a especificidade do ambiente de entorno das nascentes. O índice de similaridade florística de Sorence entre os dois ambientes foi de 61,64%, o que é considerado baixo pelo fato dos gradientes estarem muito próximos, sendo estes distintos apenas pela

quantidade de água no solo, e também pelo fato deste índice levar em consideração apenas a ocorrência de determinada espécie e não a densidade da mesma em cada gradiente. As espécies exclusivas e com maior densidade absoluta do gradiente de maior umidade foram *Acacia glomerosa* e *Trichilia hirta*, e do gradiente de solo mais drenado foram *Myrcia velutina*, *Amaioua guianensis* e *Esenbeckia febrifuga*.

Na região de Viçosa, MG, as porções mais altas e inclinadas das encostas apresentam solos mais distróficos e com altos teores de alumínio trocável, enquanto nas baixadas e terrenos planos sua fertilidade é um pouco melhor (CORRÊA, 1983). MARTINS et al. (2003) correlacionaram resultados de análise química e textural de amostras superficiais de solos coletadas ao longo de um gradiente topográfico em Viçosa com a distribuição e abundância florística, por meio de análise de correspondência canônica, distinguindo dois grupos de espécies, um no topo e outro na baixada. Já a encosta apresentou espécies tanto da baixada quanto do topo, constituindo um ambiente de transição tanto em termos edáficos quanto fitossociológicos. Nas parcelas da baixada e do terço inferior, correlacionadas à maior fertilidade química, textura mais arenosa e menor teor de alumínio, as espécies *Inga affinis*, *Alchomea glandulosa*, *Trichilia pallida*, *Endlicheria paniculata*, *Maclura tinctoria*, *Piptadenia gonoacantha* e *Casearia sylvestris* foram as mais abundantes, enquanto que nas demais parcelas, associadas à solos mais pobres e textura mais argilosa, as espécies mais abundantes foram *Maprounea guanensis*, *Mabea fistulifera*, *Aparisthium cordatum*, *Xylopia sericea*, *Miconia cinnamomifolia* e *Ouratea polygina*. Muitas destas espécies são adaptadas à locais de solos mais pobres, mais ácidos e bem drenados. A adaptação a ecossistemas pobres em nutrientes é denominada estratégia oligotrófica. Algumas destas estratégias consistem na maior proporção de raízes com relação à parte aérea (JORDAN, 1991) e na capacidade de modificar o solo próximo à região da rizosfera (OLSON et al., 1981), tornando alguns nutrientes mais disponíveis.

Ainda restam dúvidas com relação às variáveis ambientais de maior atuação sobre a distribuição e abundância de espécies em alguns destes trabalhos. Por exemplo, *Inga* é um gênero muito conhecido por ocupar áreas mais úmidas próximas de cursos d'água e no artigo supracitado esta espécie foi correlacionada a solos mais férteis. É evidente, portanto, que as variáveis

ambientais atuam de maneira simultânea e conjuntamente com outras variáveis de caráter biológico, como a síndrome de dispersão da espécie.

A heterogeneidade ambiental também exerce influência sobre espécies da fauna, pelo fato desta preferir ambientes que lhes forneça alimento, proteção contra predadores, microclima favorável, condições para nidificação e outros recursos. RIBON (2003) relacionou a incidência e abundância de aves do sudeste de Minas Gerais com a topografia e encontrou que a maioria das espécies estudadas com frequência de ocorrência significativamente maior em algum tipo de relevo mostrou associação por grotas e baixadas ou alguma combinação destas com encostas e topos, dada a maior umidade e fertilidade do solo destes sítios. Ficariam restritas às encostas e topos de morros aquelas espécies que ocorrem naturalmente fora de habitats florestais, espécies de borda de floresta e que usam capoeiras e capoeirinhas e aquelas relegadas a estas áreas pela sua menor capacidade de competição.

Existem algumas espécies de borboletas e aves que ocorrem apenas em áreas de baixadas, taquarais e grotas; a espécie de lagarto *Cnemidophorus parecis* foi encontrada apenas em fragmentos de Cerrado na região de Vilhena, Rondônia, sobre solos arenosos (COLLI et al., 2005).

UEZU (2002), estudando o efeito do tamanho de fragmentos e da conectividade na abundância de aves florestais, detectou as aves *T. malachitacea* e *C. cucullatus*, esta última considerada rara em ambientes muito alterados antropicamente, na Reserva do Morro Grande, correlacionando suas ocorrências provavelmente à heterogeneidade ambiental da reserva. A partir deste fato, propôs que fosse realizado estudo relacionando a presença de determinada espécie e a qualidade ambiental da mata.

AUGUST (1983) encontrou correlação positiva entre o número total de espécies de mamíferos estudadas e a variação vertical da fitofisionomia do habitat (complexidade), mas não encontrou correlação com a heterogeneidade do habitat em áreas de lhanos da Venezuela. A explicação atribuída a esta não correlação foi a existência de unidades de habitat de diferentes tamanhos, o que afeta a distribuição de pequenos mamíferos.

A estrutura vegetal, condicionada pelas características do ambiente, também exerce influência sobre a fauna local. COLLI et al. (2005) citam o exemplo de que no Paraná, o corte seletivo de canelas (Lauraceae) fez

declinar a riqueza de aves frugívoras, como o tucano-do-bico-verde (*Rhamphastos dicolorus*).

Um exemplo muito ilustrativo da dependência da fauna e da flora das condições do solo foi descrita no Delta Okavango, uma planície de inundação que desenvolveu uma topografia local e conseqüentemente um novo padrão de vegetação devido ao transporte inicial de solo e mudanças nutricionais associadas à construção de montículos por *Macrotermes michaelseni*. Neste delta, a maior disponibilidade de nutrientes nos montículos dos térmitas concentrou plantas palatáveis, que por sua vez atraíram ungulados que importaram nutrientes mas que também auxiliaram na dispersão das espécies de plantas lenhosas (MCCARTHY et al., 1998). O estabelecimento destas plantas atrai também espécies de mamíferos e aves, resultando na sucessão local de espécies de plantas e animais (DANGERFIELD et al., 1998).

A heterogeneidade espacial ajuda a entender os processos que mantêm a diversidade local, como dinâmica e dispersão de metapopulações e em que escalas elas operam. Um exemplo similar de impacto da construção de montículos na diversidade alfa é que pelo menos metade das espécies de plantas lenhosas numa floresta no sul da Zâmbia foi encontrada nos montículos de *Macrotermes falciger* (TIMBERLAKE, 1995). Montículos abandonados na savana são rapidamente colonizados pela vegetação uma vez que eles contêm maior conteúdo de minerais que os solos ao seu redor, são melhor drenados e menos afetados pelo fogo devido a sua altura (HARRIS, 1966).

Para os exemplos apresentados, pode-se inferir que caso determinado tipo de habitat seja destruído e assim eliminado de uma região, as espécies que lá ocorrem podem ter o tamanho de suas populações reduzido ou mesmo serem extintas localmente. A situação pode ser ainda mais desastrosa quando se trata de espécies raras, cujo número de indivíduos ou distribuição é restrito em relação ao táxon considerado, e endêmicas, ou seja, de ocorrência em apenas determinada área, sobretudo quando esta área é pequena.

Portanto, devem-se privilegiar áreas que aumentem a heterogeneidade espacial da paisagem e que considerem feições ecogeográficas únicas, que podem ser de vital importância para a manutenção das populações de determinadas espécies (COLLI et al., 2005).

Relação do uso e ocupação dos solos com as variáveis ambientais

A configuração espacial dos elementos da paisagem é resultante da combinação de fatores ambientais e da força humana. Em alguns casos o padrão estrutural da paisagem é dominado pelas forças da natureza, já em outros as práticas de uso do solo predominam, sendo as mudanças na paisagem devidas a práticas de manejo e forças sociais, políticas e econômicas controlando o uso da terra. A interação destas duas formas de alteração da paisagem cria complexos padrões de mudança (DUNN et al., 1991).

Da mesma forma que as espécies da fauna e flora estão distribuídas de acordo com suas necessidades intrínsecas, o tipo de ocupação e uso de diferentes ambientes pelo homem está intimamente ligado às características do meio físico (SIMAS, 2002), ou seja, o homem escolhe os locais mais adequados para suas culturas, restando a maioria dos fragmentos florestais nas áreas impróprias ao uso ou de difícil acesso. PRESSEY (1994) denomina este fato de “ad hoc reservation”, que resulta em muitas lacunas em termos de representatividade da biodiversidade. Como consequência, modificando a paisagem, o homem pode, em muitos casos, favorecer a sobrevivência de determinadas espécies em prol de outras. Segundo PRESSEY & TULLY (1994), tais lacunas de conservação, sistematicamente geradas, podem elevar o custo do estabelecimento de sistemas representativos.

Os remanescentes da Floresta Atlântica situam-se principalmente nas Serras do Mar e da Mantiqueira, muito declivosas ou em elevadas altitudes. TEIXEIRA & METZGER (2003) confirmam este fato ao observar, em análise visual do mapa fisiográfico da região por eles estudada, que os desmatamentos ocorreram principalmente em áreas de relevo plano a ondulado (0 a 20% de declividade), favorecidos tanto pela facilidade de cultivo destas áreas quanto pela preexistência de vias de acesso e aglomerados antrópicos. Estudando diferentes geoambientes na Serra do Papagaio, parte da Serra da Mantiqueira, SIMAS (2002) notou que a maior parte dos fragmentos florestais nativos, além de isolados, encontram-se em áreas montanhosas onde o difícil acesso retarda até hoje a ação devastadora.

Analisando-se os dados do censo agropecuário do IBGE (IBGE, 2005) para o estado do Espírito Santo, a mesma tendência apresentada acima é

encontrada. Observa-se que nas áreas montanhosas concentram-se a maioria dos remanescentes florestais e também as menores propriedades; enquanto que nos tabuleiros, áreas muito planas, a devastação é maior e predominam grandes monoculturas, sobretudo do eucalipto, cana-de-açúcar e mamão. Embora pouco férteis, estas áreas facilitam a mecanização dado seu relevo plano. No Litoral Norte do Espírito Santo praticamente não ocorrem propriedades menores que 5 ha e as propriedades maiores que 500 ha correspondem a 46% do total. Na região Central, a mais montanhosa do estado, ocorre o contrário, com propriedades de até 50 ha somando 46%. Também vale destacar que a legislação referente às Áreas de Preservação Permanente fica restrita quase completamente à proteção das florestas ao longo dos cursos d'água. Assim sendo, é importante que a legislação seja revisada para cada área em particular, levando em consideração aspectos pedogeomorfológicos, entre outros, de modo a evitar tomadas de decisão satisfatórias para uma região, mas que podem ser catastróficas para a preservação da biodiversidade em outras.

Estudando o uso dos solos na bacia do rio Alcobaça, sul da Bahia, MARQUES (2000) também encontrou as maiores propriedades nas regiões planas dos tabuleiros e patamares, enquanto as menores localizam-se em áreas de relevo mais movimentado, como no maciço montanhoso, nas vertentes dissecadas e nos vales fluviais. Tratando-se de explorações altamente tecnificadas, os eucaliptais estão implantados em áreas de topografia plana e solos argilosos profundos, embora deficientes em fertilidade natural. Das três regiões fitoecológicas estudadas por este autor (formações pioneiras, Floresta ombrófila densa e Floresta estacional semidecidual) restaram apenas fragmentos isolados, à exceção dos extremos leste e nordeste da bacia. No extremo leste, o caráter arenoso dos solos e, no nordeste, a topografia muito acidentada, foram os fatores que restringiram a atividade agrícola.

Sistemas de Informação Geográfica na área ambiental

O desenvolvimento do primeiro SIG está correlacionado com a urgência da necessidade de ferramentas para lidar com questões ambientais complexas

e recursos naturais (CALIJURI, 1995). Um Sistema de Informações Geográficas (SIG) pode ser imaginado como um banco de dados espacial que consiste em vários aplicativos de software para PCs ou workstations com a capacidade de armazenar, analisar e apresentar camadas múltiplas de informações geográficas. Basicamente, este sistema armazena localidades geográficas na superfície da Terra em arquivos de computador como conjuntos de coordenadas matemáticas; apresenta, questiona e analisa simultaneamente diferentes arquivos de mapa, ou camadas, de informação espacial com mesma localidade; conecta informações quantitativas e qualitativas, denominadas atributos, à informação espacial; e permite a modelagem a partir de amostragens de feições e fenômenos geográficos (LANG, 1998).

Um exemplo típico de modelagem é aquele do Modelo Digital de Elevação (MDE), onde o SIG obtém dados de elevação amostrados a partir de pontos ou curvas de nível e gera uma superfície de elevação contínua, ou um modelo da paisagem (LANG, 1998). MDEs constituem qualquer representação digital de uma variação contínua do relevo no espaço (BURROUGH, 1996). Eles podem ser utilizados para propósitos de delineamento de bacias hidrográficas, cálculos de declividades, meramente para visualizar o relevo da paisagem estudada (BETTINGER & WING, 2004) e para vários outros propósitos.

Existem inúmeros métodos de geração de MDEs, os quais podem ser construídos através de grades regulares (GRID) ou redes irregulares triangulares (TIN), a partir de algoritmos de interpolação. Alguns métodos de interpolação de grades regulares retangulares são: Kriging e Inverso do Quadrado da Distância (IQD), do software SURFER; o módulo INTERCON do software IDRISI; o método de Krigagem Multi-Direcional e o módulo Topogrid do software ARC/INFO Workstation (ESRI, 1997; FERNANDES & MENEZES, 2005). O Topogrid, originalmente denominado ANUDEM (Australian National University Digital Elevation Model) (HUTCHINSON, 1989), foi desenvolvido para contornar problemas de distorções na representação do relevo - suavização e depressões espúrias - que limitam a utilização dos MDEs resultantes em estudos de escoamento superficial por descaracterizarem a rede de drenagem (HUTCHINSON, 1996). Um método de grade irregular triangular é o interpolador de Delaunay com restrições, que preserva as características topográficas e emprega as linhas de máximo (divisores) e de

mínimo (hidrografia) no refinamento do MDE. Este interpolador pode ser executado pela extensão 3D Analyst do Software ARCVIEW (FERNANDES & MENEZES, 2005).

A topografia apresenta papel relevante na predição do escoamento superficial, erosão e sedimentação de bacias hidrográficas. Um dos parâmetros mais importantes é a declividade, que pode ser estimada a partir de MDEs utilizando um SIG (SRINIVASAN & ENGEL, 1991). A declividade representa a primeira derivada da altitude e os valores das células da matriz de declividade correspondem à inclinação da superfície do terreno em relação ao plano horizontal (MOORE et al., 1991). Assim, sua medida indica a inclinação em cada porção da paisagem. Como, num SIG, cada célula num MDE contém tanto informações horizontais (coordenadas) quanto verticais (elevação), o cálculo da declividade para cada célula é realizado baseado na posição e na altitude das células vizinhas, expressando o resultado em graus ou percentagem de diferença de elevação de cada célula comparada com as células vizinhas (BETTINGER & WING, 2004).

Outras informações que podem ser derivadas a partir de MDEs são a curvatura e a orientação da vertente. A derivada segunda do modelo digital de elevação, que seria em termos matemáticos a “taxa de mudança da taxa da mudança na elevação pela distância horizontal”, é na verdade o mapa de rugosidade (ou curvatura) da superfície, representando onde as curvas de nível estariam juntas ou separadas ao longo da superfície (BERRY, 1993). Assim, a curvatura do terreno representa a segunda derivada da altitude e os valores das células da matriz de curvatura associam-se à concavidade ou à convexidade das vertentes. A curvatura de uma vertente está relacionada a fatores tais como teor de água no solo, fluxo convergente/divergente e taxa de erosão/deposição (MOORE et al., 1991). A orientação de cada célula em um grid consiste na direção de maior declive de um plano definido pela célula e seus oito vizinhos. A direção apontada pela bússola para a qual a encosta está voltada é expressa em termos de graus a partir do norte (ARCGIS DESKTOP HELP, 2005). A face para a qual a encosta está voltada tem implicações para a quantidade de luz recebida e para a umidade do solo e do ar, podendo resultar em diferenças nas propriedades do solo e na composição florística em diferentes faces.

Um entendimento do movimento da água no solo é crítico para o entendimento de muitos fenômenos ambientais, incluindo movimentos de massa e transferência de energia durante a evapotranspiração, crescimento de plantas e transporte de poluentes e nutrientes. Modelos de simulação de água no ambiente requerem informações sobre o comportamento da água no solo, como sobre infiltração, armazenamento no solo e evapotranspiração. O movimento de água em ecossistemas ecológicos e agrícolas é influenciado por padrões de precipitação, propriedades do solo, cobertura vegetal e topografia. As características do solo podem ser extraídas de bancos de dados geográficos de solos. Ao se combinar dados de solos em modelos de simulação, processos em pequenas e grandes escalas no espaço e no tempo podem ser modelados (LYTLE et al., 1996).

RIBEIRO (2002) também apresenta como um uso potencial de SIG o delineamento automatizado e análise de bacias hidrográficas e da sua rede de drenagem a partir de representações digitais do relevo denominadas Modelos Digitais de Elevação (MDE), afirmando que a utilização das ferramentas disponíveis em SIG apresenta inúmeras vantagens sobre os métodos manuais tradicionalmente utilizados, como a possibilidade de obtenção de resultados menos subjetivos, em menor tempo e replicáveis.

Os problemas mais frequentes do emprego de MDEs em estudos hidrológicos reside no fato de que a exatidão das características extraídas a partir dos MDEs é comparável à obtida por métodos manuais (GARBRECHT & MARTZ, 1993; EASH, 1994) e da ocorrência das chamadas depressões espúrias, que constituem falsas depressões ("sinks"), representadas por células com elevação menor àquela das células circundantes, derivadas de erros nos dados de entrada ou erros introduzidos no processo de interpolação (TRIBE, 1992).

Assim, um SIG pode ser empregado desde na modelagem hidrológica da paisagem até, em combinação com ferramentas de Sensoriamento Remoto, na análise de dados de localização de animais silvestres obtida por telemetria por satélite (ARONOFF, 1991). No ramo da Ecologia, o propósito da análise espacial é apoiar investigações científicas de fenômenos ecológicos e prover ferramentas que permitam que os ecólogos gerenciem e analisem as interações entre escalas de tempo e espaço e organizações ecológicas (LEVIN, 1992). Outras áreas de aplicação de um SIG na área ambiental são: a

localização e o planejamento de áreas com risco de erosão e desmoronamento, o controle de tráfego, o manejo de parques (CARVER et al., 1996), a escolha de áreas para preservação da vida silvestre, a implementação de um plano de corte e até a recomendação de tratamentos silviculturais (BETTINGER & WING, 2004).

O valor de um SIG para análises ambientais é determinado pelos custos e pela acurácia destas predições, que são dependentes da funcionalidade das ferramentas do SIG e do nível de entendimento dos modelos e da qualidade do dado disponível. Outra vantagem reside no tempo de processamento, análise e elaboração de mapas. Conectar informações não espaciais de modelos para solos ou usos da terra num mapa é relativamente fácil na maioria dos SIGs comerciais, onde o maior problema reside em trazer todos os dados para uma base geométrica comum (BURROUGH et al., 1996).

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado em áreas de plantios de eucalipto e fragmentos florestais nativos de projetos da CENIBRA (Celulose Nipo-Brasileira S.A), presentes em três microrregiões do Estado de Minas Gerais.

A sede da CENIBRA está localizada em Belo Oriente (a 236 km de Belo Horizonte), região do Vale do Rio Doce, Leste do Estado de Minas Gerais. A região de estudo está inserida em Domínio dos Mares de Morros, que constituem áreas mamelonares tropicais e atlânticas, florestadas (BIGARELLA et al., 1994). Pelo Sistema de Classificação Fitogeográfica de Veloso, a fitofisionomia da região é Floresta Estacional Semidecidual (VELOSO et al., 1991), também denominada por RIZZINI (1963) de Floresta Estacional Mesófila Semidecídua, constituindo uma formação transicional entre as florestas ombrófilas de encosta litorâneas e as formações não-florestais do interior do país. Quase 40% do total das propriedades da CENIBRA constituem Áreas de Preservação Permanente (APPs) ou Reservas Legais (RLs), totalizando mais de 89 mil hectares (CENIBRA, 2005).

Na região dos Mares de Morros de Minas Gerais predominam Latossolos Vermelho-Amarelos distróficos, formados de rochas do embasamento granítico-gnáissico. Estes latossolos apresentam limitação forte para fertilidade natural e erosão, moderada a forte para mecanização e ligeira a moderada para deficiência de água (BRASIL, 1970). O relevo da região do Vale do Rio Doce torna-se mais acidentado, com vales mais estreitos, à medida que se afasta da calha do Rio Doce (SANTANA, 1986).

Foram escolhidos quatro projetos, antigas fazendas adquiridas pela empresa, em quatro diferentes regionais. A divisão em regionais foi determinada pela CENIBRA para administrar áreas com características semelhantes. O projeto Florália pertence à regional Santa Bárbara; o projeto Jatobá I à regional Cocais; o projeto Marola à regional Rio Doce e os projetos Sabinópolis I e Sabinópolis III à regional Guanhães. Os projetos Sabinópolis I e III foram analisados em conjunto, gerando-se produtos únicos (Figura 1).

Na escolha dos projetos procurou-se selecionar áreas representativas dos diversos ambientes onde a empresa atua para que a metodologia proposta e parte dos resultados pudessem ser testadas em diferentes condições. Além disso, também foi possível trabalhar em áreas com características pedogeomorfológicas diversas de ocorrência na região dos Mares de Morros.

Os projetos Florália e Sabinópolis localizam-se na borda Leste do Quadrilátero/Espinhaço. Florália pertence à regional mais úmida e meridional, de relevo dissecado e solos profundos e intemperizados. Sabinópolis I e III são os projetos localizados mais ao Norte, cuja regional apresenta menor precipitação total média anual. Marola fica na baixada do Rio Doce, região com déficit hídrico maior, com relevo menos dissecado, solos mais rasos e temperaturas mais elevadas. Jatobá I fica em área mais montanhosa, de relevo movimentado e clima mais frio, em transição para ambiente de campo de altitude.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da regional de Nova Era-MG, onde se localizava a estação climática da CENIBRA mais próxima do projeto Jatobá I (município de Antônio Dias, MG - 19°29'S e 42°51'O) e de Santa Bárbara-MG, projeto Florália (município de Santa Bárbara, MG - 19°59'S e 43°18'O) é Cwa - temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso, sub-tropical (SOUZA et al., 2003; BARROS, 1974). Pela classificação de Thornthwaite, o clima de Nova Era é B1 r B'4 a'-

úmido, com deficiência de água pequena ou nula, mesotérmico (SOUZA et al., 2003).

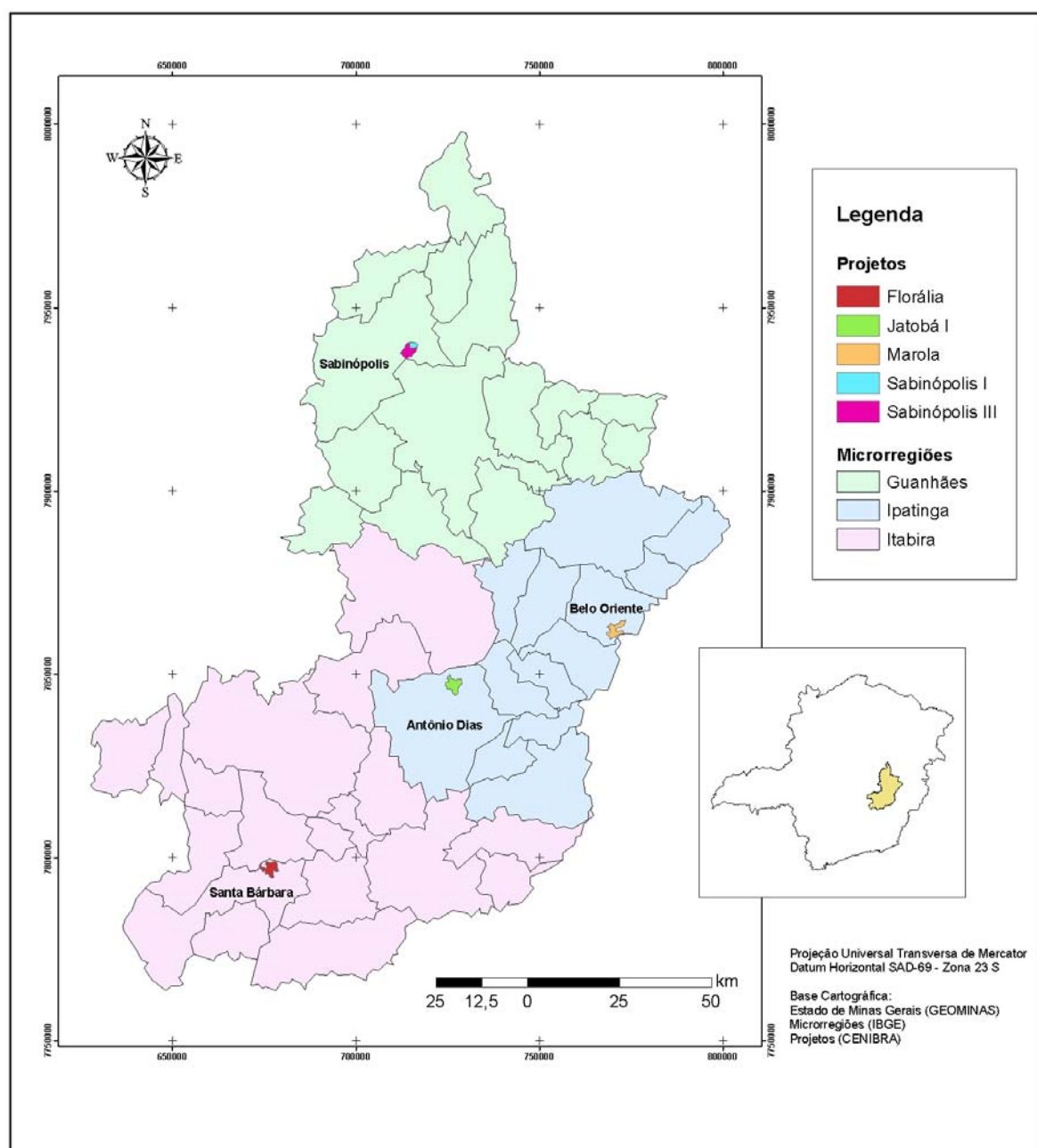


Figura 1. Localização das áreas de estudo em três microrregiões do Estado de Minas Gerais.

O clima das regionais Guanhães e Rio Doce, onde estão localizados os projetos Sabinópolis I e III (município de Sabinópolis-MG - 18°39'S e 42°55'O) e Marola (município de Belo Oriente-MG - 19°18'S e 42°23'O), respectivamente, é Aw - tropical úmido de savanas (megatérmico), com invernos secos e chuvas máximas no verão. Pela classificação climática de

Thornthwaite, o clima da regional Guanhões é C2 r B'4 a' - subúmido, com deficiência de água pequena ou nula, mesotérmico; e o clima da regional Rio Doce é C1 d A' a', ou seja, clima subúmido seco, com excesso de água pequeno ou nulo, megatérmico (SOUZA et al., 2003).

Os dados climáticos referentes aos projetos foram obtidos por meio de registros de Estações Meteorológicas da CENIBRA S.A., no período de 1990 a 2005.

Na regional de Santa Bárbara, a temperatura média anual foi de 22,5°C, variando de 19,3°C em junho e 25,2°C em fevereiro. A temperatura mínima média anual foi registrada no mês de junho (12,8°C) e a máxima em fevereiro (29,4°C). A precipitação total média anual foi de 1.500 mm, sendo o trimestre mais chuvoso o dos meses de novembro, dezembro e janeiro, com um total precipitado de 908,4 mm e o mais seco de junho a agosto, com um acúmulo de 33,7 mm. A umidade relativa média anual foi de 63,4% e variou de 53,6 em agosto a 69,5% em janeiro.

Para a regional de Cocais, a temperatura média anual registrada foi de 20,5°C e variou de 17,2°C em julho e 22,8°C em fevereiro. A temperatura média mínima variou de 10,5°C em julho a 18,2°C em março, com média anual de 15,1°C, enquanto que a média das máximas variou de 22,5°C em julho a 27,0°C em fevereiro, com média anual de 24,9°C. A precipitação total média anual foi de 1.286 mm, sendo o trimestre mais chuvoso de novembro a janeiro, com precipitação total média de 731,5 mm e o mais seco de junho a agosto, com 35,1 mm acumulados. A umidade relativa média foi sempre superior a 65% ao longo do ano (média anual de 69,7%), sendo o mês de menor valor o de outubro com 65,9% e o de maior o mês de março, com 72,5%.

Na regional do Rio Doce, a temperatura média anual foi de 25,1°C, com mínima de 22,1°C em julho e máxima de 27,5°C em março. A temperatura mínima média anual foi de 18,9°C e a máxima de 31,1°C. Os meses mais chuvosos foram novembro, dezembro e janeiro, com um total de precipitação média de 690,9 mm, e os mais secos foram junho, julho e agosto, totalizando 34,6 mm. A precipitação total durante o ano foi de 1.233 mm. A menor umidade relativa média foi registrada no mês de agosto (64,6%) e a maior no mês de janeiro (75,0%), com média anual de 69,7%.

Na regional de Guanhões, a temperatura média anual foi de 21,8°C sendo que o menor valor ocorreu em julho (18,6°C) e o maior em fevereiro

(24,3°C). A temperatura mínima média anual foi de 15,9°C, o menor valor ocorreu em julho (11,9°C), e o maior em janeiro (18,5°C). A média das temperaturas máximas variou de 23,6°C em julho a 29°C em fevereiro, sendo a média anual de 26,5°C. A precipitação total média anual foi de 1.207 mm, os meses mais úmidos foram novembro, dezembro e janeiro, totalizando 694,1 mm de chuva e os mais secos foram junho, julho e agosto, acumulando 30,8 mm. A umidade relativa média variou de 57% em setembro a 68,4% em janeiro, com média anual de 63,8%.

Levantamento de solos das áreas de floresta nativa

O mapa de solos fornecido pela empresa não abrangia as Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reservas Legais (RL), assim, para a hipótese proposta, foi necessária a realização de um levantamento dos solos nas áreas de floresta nativa contidas nos projetos em estudo.

A interpretação conjunta de dados topográficos (curvas de nível, altitude e declividade), além do levantamento de solos das áreas de plantios, auxiliou na confecção de uma legenda preliminar do mapa de solos. O mapa com a legenda preliminar foi digitalizado utilizando-se mesa digitalizadora e o software ARC/INFO Workstation 8 (ESRI, 1997).

Em seguida, foram realizadas visitas a campo para descrição dos perfis e coleta de amostras de solos de seus horizontes. Os locais de coleta dos perfis foi georreferenciado por GPS (“Global Positioning System”). A classificação levou em consideração informações sobre material de origem, clima, relevo, descrição morfológica e análises físico-químicas (segundo EMBRAPA, 1979) de perfis representativos das principais classes de solos das áreas de floresta nativa, coletados nos 4 projetos estudados, totalizando 8 perfis.

Obtendo-se os resultados das análises, realizaram-se os ajustes finais no mapa de solos de cada projeto de estudo, e as unidades de mapeamento foram classificadas de acordo com EMBRAPA (1999) e EMBRAPA (2003).

Distribuição de características do relevo e dos solos

Altitude, declividade e orientação da vertente

Obteve-se com a CENIBRA em meio digital as curvas de nível espaçadas de 10 m, hidrografia e uso dos solos dos projetos escolhidos.

Foram gerados modelos digitais de elevação (MDEs) destes projetos a partir das curvas de nível, hidrografia e limite dos projetos utilizando-se o *Topogrid*, módulo de interpolação do software ARC/INFO Workstation (ESRI, 1997). Para isto foram necessárias conversões de formato de dados e orientação da rede de drenagem no sentido do fluxo.

Este interpolador foi escolhido pelo fato de não existirem dados de pontos cotados de topo de morro, o que resultou no aparecimento de platôs nos topos quando da utilização de outros interpoladores, o que não condiz com a realidade. O *Topogrid* efetuou um leve arredondamento do topo dos morros.

A partir destes modelos, foram gerados grids de declividade, orientação e sombreamento. Todos os grids foram gerados com tamanho de célula de 10 m e tendo como máscara de análise e extensão os MDEs relativos a cada projeto (Figura 2).

A altitude foi classificada criando-se classes contendo aproximadamente o mesmo número de células, utilizando-se o método de classificação *Quantile* do ArcGIS. Escolheu-se um número de 3 classes para cada projeto (Tabela 1). Com esse método de classificação, a área dos projetos de estudo é dividida em três estratos de aproximadamente mesma área.

A declividade, derivada primeira da superfície de elevação, é a razão de mudança na elevação (Δy) pela distância horizontal (Δx) (BERRY, 1993). Esta foi obtida em porcentagem e classificada em 7 classes, baseadas no critério de divisão de fases de relevo proposto por EMBRAPA (1999) e adicionando-se uma classe para eventualmente agrupar as células com declividade superior a 100% que, por lei, são Áreas de Preservação Permanente (APP) (Tabela 2).

A orientação foi derivada em graus, havendo uma notação específica para cada classe (Tabela 3).

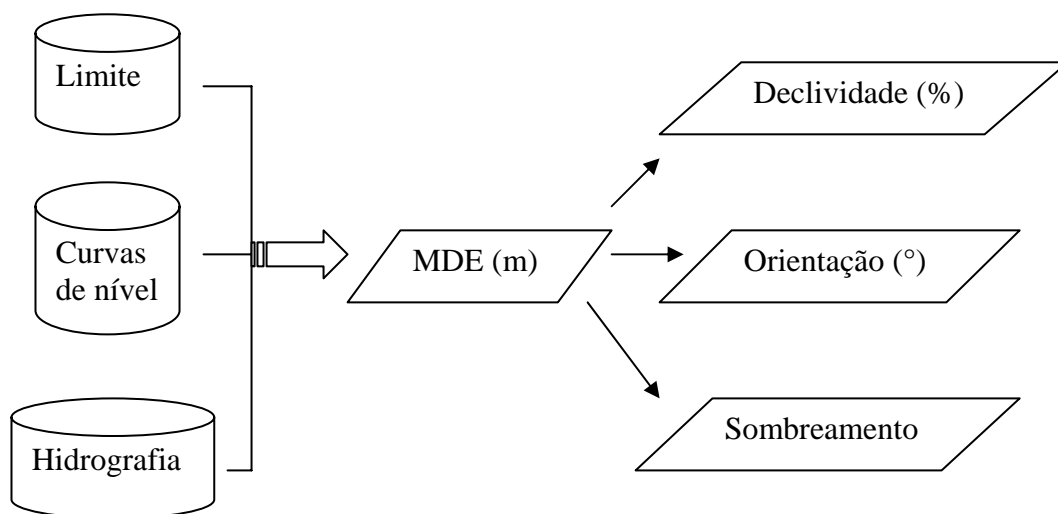


Figura 2. Fluxograma de obtenção dos Modelos Digitais de Elevação (MDE) pelo *Topogrid* (ARC/INFO) e da declividade, da orientação e do sombreamento pelo *Spatial Analyst* (ArcMap).

Tabela 1. Intervalos utilizados no agrupamento das células do MDE em classes para cada projeto

Código	Florália	Jatobá I	Marola	Sabinópolis
Intervalos (m)				
1	698,8 – 797,5	852,7 – 966,2	204,9 – 234,2	766,4 – 836,8
2	797,5 – 860,2	966,2 – 1026,8	234,2 – 262,9	836,8 – 871,2
3	860,2 – 994,9	1026,8 – 1181,6	262,9 – 323,2	871,2 – 980,2

Tabela 2. Fases de relevo utilizadas no agrupamento das células do grid de declividade em classes

Código	Fases de relevo	Intervalo (%)
1	Plano	< 3
2	Suave ondulado	3 – 8
3	Ondulado	8 – 20
4	Forte ondulado	20 – 45
5	Montanhoso	45 – 75
6	Escarpado	75 – 100
7	APP	>100

Tabela 3. Convenção utilizada no agrupamento das células do grid de orientação em classes

Código	Orientação	Intervalo (°)
1	Plano	-1
2	Norte (N)	0 – 22,5 e 337,5 – 360
3	Nordeste (NE)	22,5 – 67,5
4	Leste (E)	67,5 – 112,5
5	Sudeste (SE)	112,5 – 157,5
6	Sul (S)	157,5 – 202,5
7	Sudoeste (SO)	202,5 – 247,5
8	Oeste (O)	247,5 – 292,5
9	Noroeste (NO)	292,5 – 337,5

Tendo os grids classificados, foram necessárias suas reclassificações para a execução do cruzamento dos dados de altitude, declividade e orientação com o uso dos solos. A reclassificação foi realizada atribuindo-se, a partir da classe de menores valores, números inteiros em ordem crescente, conforme apresentado na coluna *Código* das Tabelas 1, 2 e 3.

Para eventualmente facilitar a análise da orientação do relevo nos projetos, procurou-se simplificar as 9 classes de orientação em 5 classes. Convencionou-se considerar planas as mesmas áreas classificadas como planas no grid de declividade, ou seja, aquelas de declividade inferior à 3%. Para tanto, a partir dos grids de declividade reclassificada e de orientação

gerados para cada projeto foi criado um novo grid de orientação contendo 5 classes (Tabela 4).

Tabela 4. Novas fases de relevo utilizadas no agrupamento das células em classes

Código	Orientação	Intervalo (°)	Declividade	Intervalo (%)
1	Plano	-	Plano	< 3
2	Norte	0 - 45 ou 315 - 360	-	-
3	Leste	45 - 135	-	-
4	Sul	135 - 225	-	-
5	Oeste	225 - 315	-	-

Posição na paisagem

Desenvolveu-se um método de fatiamento automático do relevo em função de sua morfologia, ou formas do terreno. A delimitação automática pode ser aplicada para áreas extensas sem grandes transtornos de tempo, custos operacionais e subjetividade do processo manual.

Neste processo, combinaram-se atributos topográficos derivados do MDE, como declividade, curvatura em cada ponto da superfície terrestre e a matriz de escoamento acumulado (RAMILO, 2002), bem como a distância euclidiana dos cursos d'água, procurando-se identificar quatro unidades morfológicas: topos de morros, planícies fluviais e terraços, encostas côncavas e encostas convexas (Figura 3).

Os grids de curvatura na horizontal (*plan*) e na vertical (*profile*) foram obtidos para cada projeto. O primeiro retorna valores negativos para áreas côncavas e valores positivos para as convexas, enquanto o segundo retorna o oposto. Reclassificou-se ambos os grids atribuindo o valor 1 às áreas convexas e 2 às côncavas e daí gerou-se um grid denominado *Concavidade* contendo o valor 1 para áreas côncavas nas duas direções (horizontal e vertical) e 0 para áreas convexas. Refinou-se esse grid de forma que apenas as áreas com declividade superior a 10% pudessem ter valor 1. Por fim, este foi submetido à filtragem para eliminação de áreas menores que 50 células (5000 m²) e limpeza das bordas.

Os grids de escoamento acumulado foram obtidos a partir dos MDEs de cada projeto, com tamanho de célula de 10 m, refinados para eliminação das

depressões espúrias. Esse grid contém o número de células à montante que contribuem para o escoamento em cada célula, de modo que valores zero representam os divisores de água.

O grid de posição na paisagem retornou o código 1 para topos de morros, 2 para planícies e terraços fluviais, 3 para encostas côncavas e 4 para encostas convexas. Este também foi submetido à filtragem (Anexo I).

Grupos de solos

As classes de solos encontradas nos projetos foram agrupadas levando-se em conta algumas propriedades como profundidade, cor, pedregosidade, drenagem, fertilidade e risco de erosão. Assim, a classe dos Cambissolos foi dividida em três grupos: (i) Solos rasos (alguns Cambissolos e Plintossolos), (ii) Cambissolos mais profundos e (iii) Cambissolos Flúvicos (incluindo Neossolos Flúvicos); a classe dos Latossolos em dois grupos: (i) Amarelos e (ii) Vermelho-Amarelos e Vermelhos; e também se separou das demais a classe dos Neossolos Litólicos (Tabelas 5 e 6).

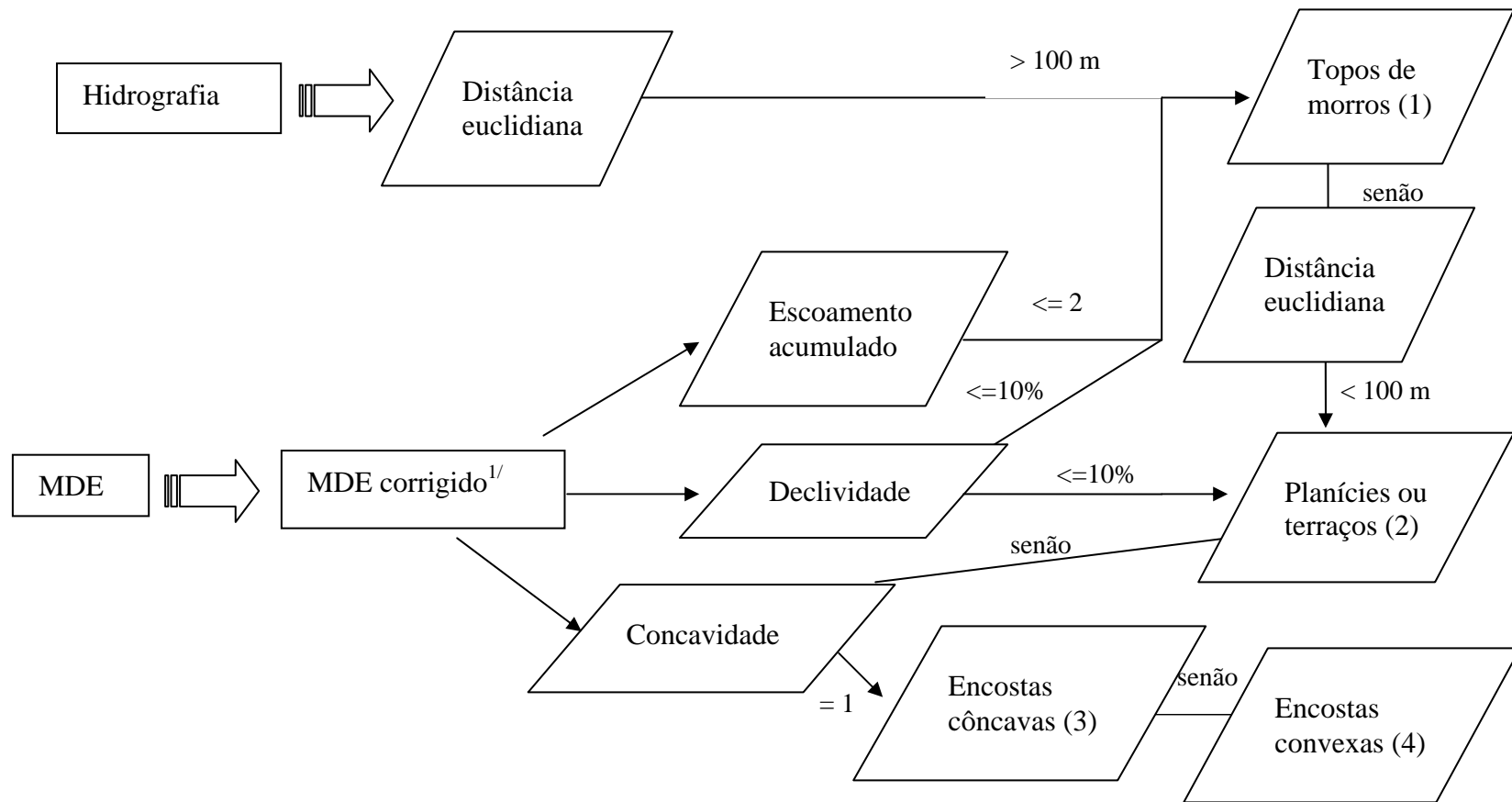


Figura 3. Fluxograma de divisão do relevo em topos de morros (código 1), planícies ou terraços fluviais (código 2), encostas côncavas (código 3) ou encostas convexas (código 4). ^{1/} Modelo Digital de Elevação corrigido das depressões espúrias.

Tabela 5. Classes de solos separadas em grupos por projeto

Código	Grupo	FLO^{1/}	JT1^{2/}	MRL^{3/}	SAB^{4/}
1	Solos rasos (alguns Cambissolos e Plintossolos)	CXbd3 ^{5/}	FFcd	CXbd1 e 2	CXbd2 e 4 FFcd
2	Cambissolos mais profundos	CXbd1 e 2	CXbd1, 2, 3 e 4	CXbd3 e 4	CXbd1 e 3
3	Latossolos Amarelos	-	LAW1 e 2	LAd	LAd LAW
4	Latossolos Vermelho Amarelos e Vermelhos	LVd	LVAw	-	LVAw1 e 2 LVd1 e 2 LVw1 e 2
5	Cambissolos Flúvicos (incluindo Neossolos Flúvicos)	CUbd	CUbd	CUbd RUbd	CUbd
6	Neossolos Litólicos	RLd	-	-	-

^{1/} Projeto Florália; ^{2/} Projeto Jatobá I; ^{3/} Projeto Marola; ^{4/} Projetos Sabinópolis I e III; ^{5/} Ver classes de solos dos projetos no Anexo II.

Tabela 6. Características dos grupos de solos

Código	Grupo	Características Gerais
1	Solos rasos (alguns Cambissolos e Plintossolos)	Solos pouco espessos, com baixa capacidade de armazenamento de água.
2	Cambissolos mais profundos	Solos não muito profundos, mas com maior capacidade de retenção de água e mais velhos que o anterior.
3	Latossolos Amarelos	Solos muito intemperizados, profundos e de boa drenagem, amarelados, caulíníticos e com maior propensão à erosão laminar.
4	Latossolos Vermelho Amarelos e Vermelhos	Solos muito intemperizados, profundos e de boa drenagem, avermelhados, com melhor infiltração e menor risco de erosão que o anterior.
5	Cambissolos Flúvicos (incluindo Neossolos Flúvicos)	Solos adensados, com lençol freático elevado e moderadamente/imperfeitamente drenados, de melhor fertilidade que os demais.
6	Neossolos Litólicos	Solos muito rasos.

Rasterização e tratamento do grid de uso dos solos

Para realização da operação de *Tabulação Cruzada* houve necessidade de atribuir a cada classe de uso do solo um código em número inteiro. Para tanto, na tabela de atributos das classes de uso do solo de cada projeto foi criado um campo denominado *Cod_uso* para armazenar o código do uso. Neste campo, os usos *Área de Preservação Permanente (APP)* e *Reserva Legal (RL)* receberam o código 1 e os demais usos, onde predominavam plantios de eucalipto, código 2 (Tabela 7). Procedeu-se à rasterização utilizando-se o campo *Cod_uso* e adotando o tamanho de célula de 10 metros.

Tabela 7. Campo *Cod_uso* gerado para rasterização do tema de uso do solo

Uso	Cod_uso
Reserva Legal (RL)	1
Área de Preservação Permanente (APP)	1
Outros (predominância de eucaliptais)	2

Tabulação Cruzada e teste de Qui-Quadrado

A Tabulação Cruzada foi realizada de modo que os valores das classes de solos e relevo analisadas formassem as linhas e os 2 códigos de uso constituíssem as colunas da tabela gerada neste procedimento. A tabela de contingência resultante deste cruzamento retornou a área que cada classe ou categoria ocupa em cada um dos usos.

As áreas contidas na tabela foram transformadas em número de células para realização do teste de Qui-Quadrado, que avalia a hipótese de que as freqüências de ocorrência nas categorias de uma variável são independentes das freqüências da segunda variável. Desta forma, testou-se a hipótese de que o uso é dependente das classes das variáveis analisadas, ou seja, as áreas da empresa foram mantidas sob floresta ou convertidas para plantações de eucalipto e outros usos pelas características do relevo e/ou dos solos nas quais se encontram. Toda a análise estatística foi procedida de acordo com ZAR (1999).

RESULTADOS

Representatividade do relevo e dos solos

O teste de Qui-Quadrado retornou valores significativos para todas as características de relevo e solos analisadas em todos os projetos ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 8). Logo, a distribuição das áreas de floresta nativa é não-aleatória, dependendo das classes de altitude, declividade e orientação definidas para os projetos e da posição na paisagem e dos grupos de solos. Em outras palavras, a localização das florestas nativas segue alguma tendência em função das características do relevo e do solo estudadas.

O projeto Florália apresentou os menores valores de Qui-Quadrado para a altitude, a declividade, a orientação simplificada e a posição na paisagem. Isto significa que as áreas de floresta nativa deste projeto abrangem uma maior variedade destas variáveis ambientais que os demais projetos. Por outro lado, os projetos Marola e Sabinópolis tiveram a localização das áreas de floresta nativa mais tendenciosa em termos de posição na paisagem, porém os menores valores de Qui-Quadrado para a orientação. Todos os projetos apresentaram elevados valores de Qui-Quadrado para os grupos de solos, com destaque para Marola e Sabinópolis. O projeto Sabinópolis foi também o mais influenciado pela altitude e o Marola, que apresenta áreas com menor declive entre todos os demais projetos, pela declividade. Verifica-se que a orientação simplificada apresenta valores calculados de Qui-Quadrado entre aqueles da declividade e da orientação. Isto se deve ao fato de que esta foi derivada destes dois grids.

Tabela 8. Valores de Qui-Quadrado calculados dos projetos para as diferentes variáveis analisadas e respectivos valores esperados, quando comparada a distribuição das florestas nativas e demais usos, com predominância de eucaliptais

Variáveis	Projetos				Valores esperados	
	FLO ^{1/}	JT1 ^{2/}	MRL ^{3/}	SAB ^{4/}	GL ^{5/}	$\chi^2_{0,05, GL}$
Altitude	2.698,1	5.996,2	13.310,6	22.835,9	4	9,488
Declividade	-	6.951,6	-	-	12	21,026
	227,7	-	12.132,1	7.432,8	10	18,307
Orientação	-	-	667,8	316,9	16	26,296
	2.698,1	2.194,5	-	-	14	23,685
Orientação simplificada	2.413,5	3.024,8	7.482,6	1.540,7	8	15,507
Posição na paisagem	2.868,7	11.099,8	23.220,8	22.274,9	6	12,592
Grupos de solos	13.300,2	12.960,8	-	22.126,7	8	15,507
	-	-	20.632,4	-	6	12,592

^{1/}Florália; ^{2/}Jatobá I, ^{3/}Marola, ^{4/}Sabinópolis, ^{5/}Graus de liberdade: pode variar caso a frequência de células em uma ou mais classes pré-definidas seja zero.

Análise descritiva

Os projetos estudados apresentam diferentes percentuais de áreas destinadas à preservação ambiental. No projeto Florália, regional Santa Bárbara, as áreas de florestas nativas correspondem a pouco mais da metade da área do projeto (51,9% da área). Nos demais projetos, os eucaliptais predominam. No projeto Jatobá I, Cocais, os eucaliptais ocupam 76% da área, restando às florestas nativas 24% de sua área. O projeto Marola, cortado pelo Rio Doce, possui 66,5% de sua área com eucaliptais e 33,5% com florestas nativas. Nos projetos Sabinópolis I e III, analisados em conjunto com a denominação Sabinópolis, regional de Guanhões, 71% da área são eucaliptais e 29% florestas nativas (Tabela 9). Nesta análise, considerou-se como esperado que se mantenham estas porcentagens de floresta nativa e eucalipto

para cada classe avaliada, para que haja uma distribuição homogênea destes usos nas características de relevo e grupos de solos estudados.

Tabela 9. Área dos projetos e percentual ocupado por florestas nativas e plantadas de eucalipto

Projeto	Área (ha)	Área (%)	
		Florestas Nativas	Florestas Plantadas
Florália	1.193	51,7	48,3
Jatobá I	1.185	23,5	76,5
Marola	1.261	33,6	66,4
Sabinópolis^{1/}	1.293	29,0	71,0

^{1/} Sabinópolis I + Sabinópolis III.

Altitude

Os Modelos Digitais de Elevação de cada projeto estão apresentados nas Figuras A1, A2, A3 e A4, no Anexo II.

A análise da distribuição das áreas de floresta nativa com relação às classes de altitude mostra uma predominância destas nas porções mais baixas do relevo para todos os projetos estudados. Observa-se que, para a classe de altitude mais baixa, elas ocorrem 11; 14; 21 e 27% a mais do que a porcentagem esperada nos projetos Florália, Jatobá I, Marola e Sabinópolis, respectivamente (Figura 4).

O projeto Florália é o que possui melhor distribuição das florestas nativas nas classes de altitude definidas (Figura 4 a). Nos projetos Florália e Sabinópolis, a maioria dos plantios de eucalipto localiza-se na classe 3 de altitude, enquanto que nos projetos Jatobá I e Marola, estes ocorrem em maiores proporções na classe 2 (Figuras 4 a, b, c, d).

Declividade

Os mapas de declividade de cada projeto estão apresentados nas Figuras A5, A6, A7 e A8, no Anexo II.

No projeto Florália, as florestas nativas estão bem distribuídas nas diferentes classes de declividade, observando-se apenas pequena diferença na fase de relevo escarpado, onde as florestas nativas predominam (Figura 5 a).

A área de florestas nativas dos projetos Jatobá I, Marola e Sabinópolis decresce até a fase de relevo forte ondulado voltando a aumentar nas próximas classes. O eucalipto segue relação inversa (Figura 5 b, c, d).

As florestas nativas do projeto Jatobá I localizam-se, acima de 2 vezes mais que o esperado, em cada uma das duas menores classes de declividade: 33 e 30% a mais que o esperado nas fases de relevo plano e suave ondulado, respectivamente. Na classe 7 de declividade, que corresponde às APPs de áreas com declividade superior a 45° ou 100%, elas também predominam, ocupando quase 94% desta classe (Figuras 5 b).

No projeto Marola, as florestas nativas dominam nas fases de relevo plano, suave ondulado e escarpado, ao passo que os eucaliptais ocorrem na maioria nas fases de relevo forte ondulado e montanhoso. Suas proporções encontram-se próximas do esperado na fase de relevo ondulado (Figura 5 c).

No projeto Sabinópolis ocorre situação semelhante ao observado no projeto Marola, exceto pelo fato de que os eucaliptais ocorrem mais que o esperado na fase de relevo montanhoso. Na fase de declividade escarpada existem apenas 10 células (0,1 ha), que se encontram completamente ocupadas por floresta nativa (Figura 5 d).

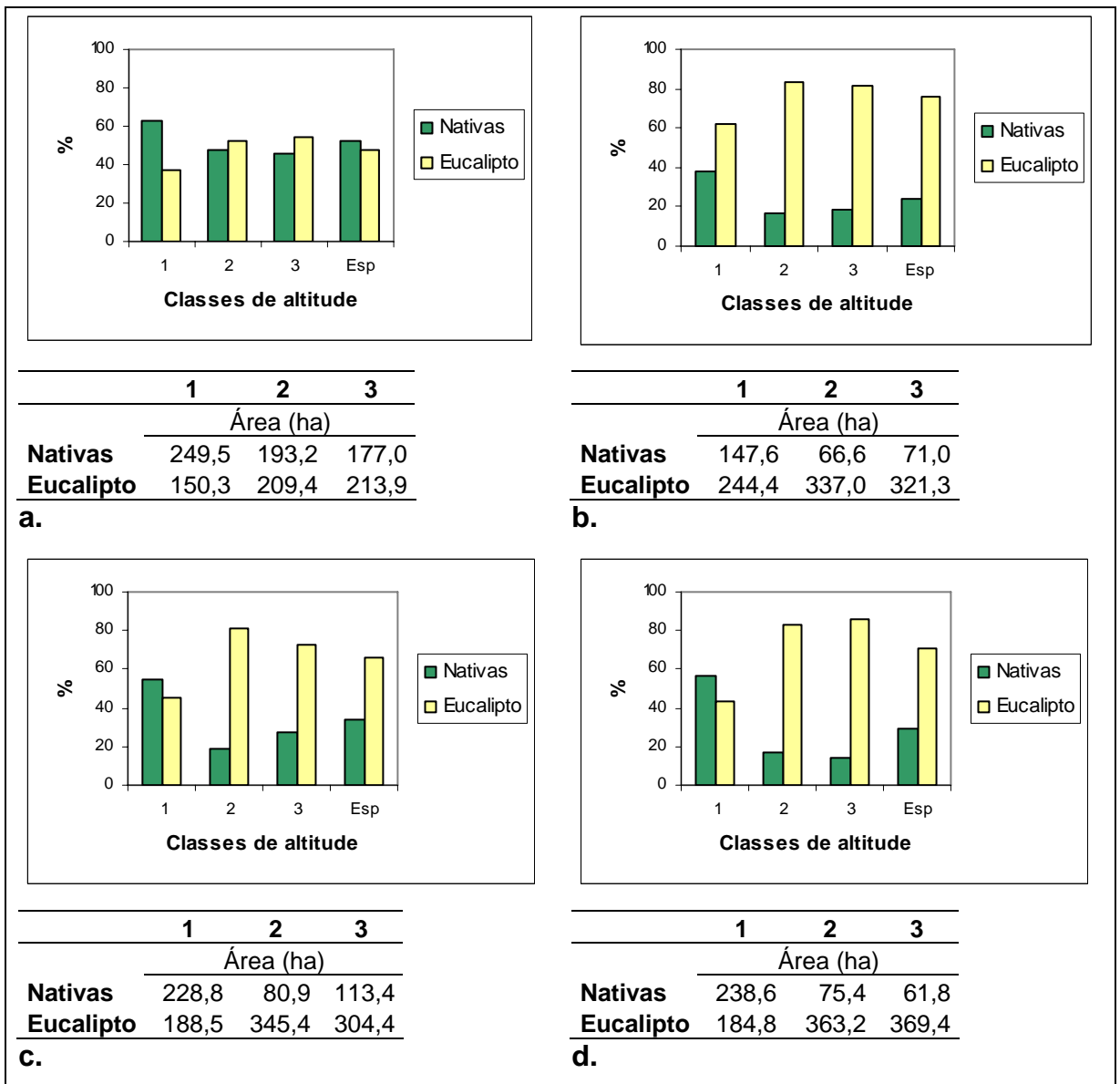


Figura 4. Distribuição das classes de altitude entre florestas nativas e eucaliptais nos projetos: a. Florália; b. Jatobá I; c. Marola; d. Sabinópolis. Classes de altitude: 1 = Porção mais baixa; 2 = Porção intermediária; 3 = Porção mais elevada. Esp = Porcentagem esperada.

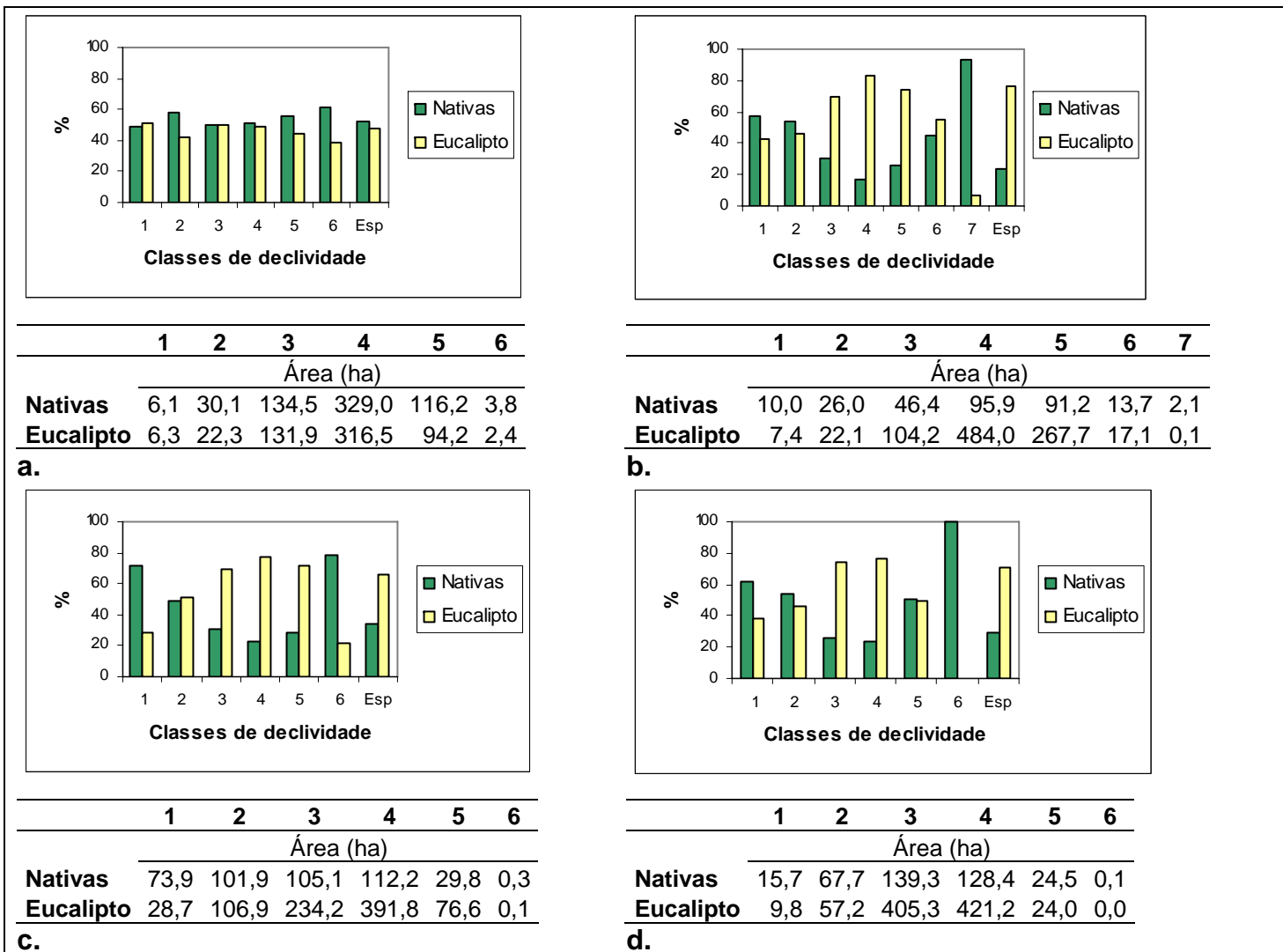


Figura 5. Distribuição das classes de declividade entre florestas nativas e eucaliptais nos projetos: a. Florália; b. Jatobá I; c. Marola; d. Sabinópolis. Classes de declividade: 1 = Plana; 2 = Suave ondulada; 3 = Ondulada; 4 = Forte ondulada; 5 = Montanhosa; 6 = Escarpada; 7 = Áreas de Preservação Permanente (APP). Esp = Porcentagem esperada.

Orientação da vertente

Os mapas de orientação da vertente e orientação simplificada de cada projeto estão apresentados nas Figuras A9, A10, A11, A12, A13, A14, A15, A16, no Anexo II.

Com relação à orientação da vertente na qual se localizam, não se notam grandes diferenças de distribuição entre florestas nativas e eucaliptais. Contudo, como tendência geral, verifica-se que as florestas nativas encontram-se mais voltadas para as faces de exposição Sudeste e Sul do que o esperado em todos os projetos, com menor importância no Sabinópolis (Figura 6 a, b, c, d). Para a orientação simplificada, em todos os projetos com exceção do Marola, as florestas nativas predominam na face de exposição Sul (Figura 7 a, b, c, d). Tal exceção pode estar ocorrendo em função deste projeto estar localizado em áreas de relevo menos movimentado, com baixadas planas de declividade inferior a 3% onde se deu preferência a manter áreas de preservação.

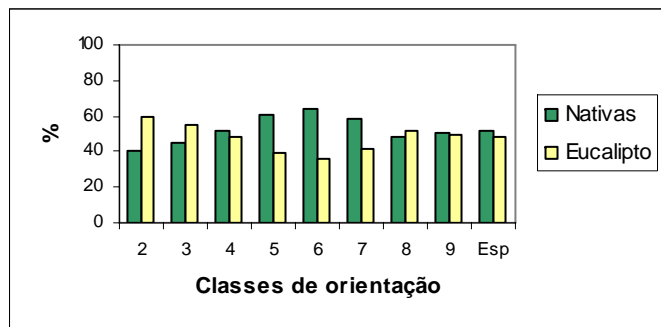
As florestas nativas encontram-se mais voltadas para as faces Sudeste, Sul e Sudoeste no projeto Florália (Figura 6 a), ocorrendo cerca de 11% mais que o esperado nas encostas voltadas para a face Sul da orientação simplificada, enquanto os plantios de eucalipto voltam-se mais para o Norte (Figura 7 a). Este foi o único projeto para o qual a classe 1 da orientação simplificada não retornou valores muito superiores que o esperado.

No projeto Jatobá I observa-se ligeiro domínio dos eucaliptais voltados para as faces Sudoeste, Oeste e Noroeste (Figura 6 b), com predomínio do Oeste na orientação simplificada. As florestas nativas estão ligeiramente mais voltadas para o Leste, além de dominarem relativamente mais as áreas planas 33% a mais que o esperado (Figuras 7 b).

As florestas nativas estão mais voltadas para Sudeste no projeto Marola (Figura 6 c). Quando se analisa a orientação simplificada, verifica-se que estas ocupam 38,5% a mais a classe 1, ou seja, de relevo plano, enquanto em todas as demais classes os eucaliptais ocorrem mais que o esperado (Figura 7 c). Nota-se uma aparente contradição entre as classes 1 da orientação e da orientação simplificada, onde nesta primeira ocorre mais eucalipto e menos floresta nativa que o esperado e na segunda ocorre o contrário. Isto se deve ao fato de que a orientação de classe 1 representa apenas os relevos de declividade exatamente nula, enquanto a orientação simplificada considera

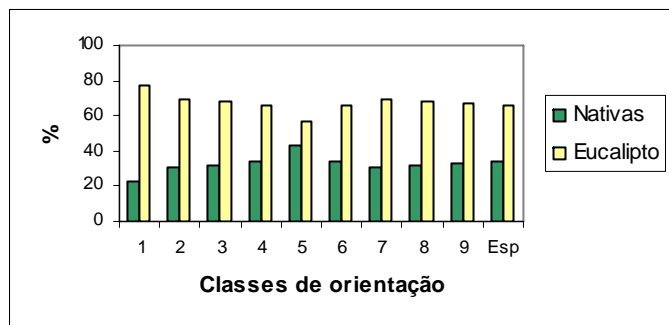
planas as áreas com declividade inferior a 3%. Além disso, cabe a ressalva de que existam apenas 41 células, ou 0,41 ha, na classe plana da orientação.

Situação análoga ocorre no projeto Sabinópolis, no qual apenas 1 célula (0,01 ha) foi encontrada na face 1 de orientação, sendo esta de eucalipto, o que dá a falsa idéia de que estes dominam as partes planas da paisagem, já que a proporção da paisagem nesta classe é insignificante (Figura 6 d). O teste de Qui-Quadrado considera essa baixa frequência, o que não influi nos seus resultados. Uma pequena diferença na face de orientação e orientação simplificada ocorre na vertente Oeste, onde os eucaliptais são maioria, mas no geral as variações são pequenas entre as classes. No entanto, ocorre cerca de 32% a mais que o esperado de florestas nativas na classe 1, ou plana, de orientação simplificada (Figura 6 e 7 d).



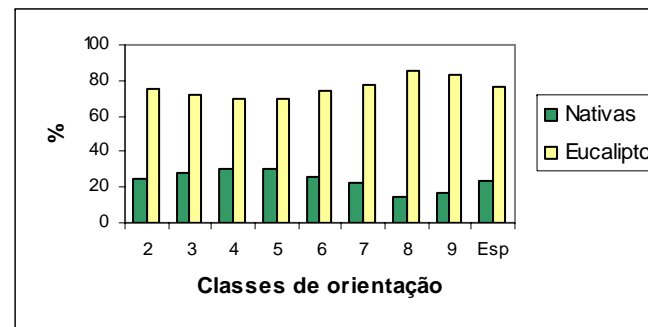
	2	3	4	5	6	7	8	9
Nativas	66,6	63,5	62,8	86,2	90,5	89,1	85,6	75,3
Eucalipto	97,7	78,6	58,5	56,6	51,4	64,4	91,8	74,5

a.



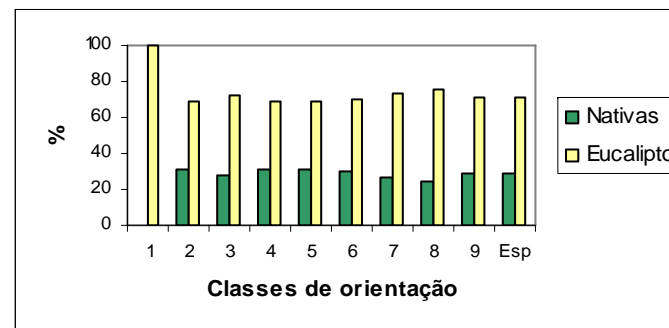
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nativas	0,1	70,4	52,1	43,8	53,4	59,0	41,6	39,7	63,1
Eucalipto	0,31	155,6	109,6	83,4	70,2	112,2	92,9	85,9	128,1

c.



	2	3	4	5	6	7	8	9
Nativas	48,3	55,8	54,6	34,6	16,2	18,1	21,7	35,9
Eucalipto	150,4	141,6	122,2	80,5	45,8	61,4	130,1	170,8

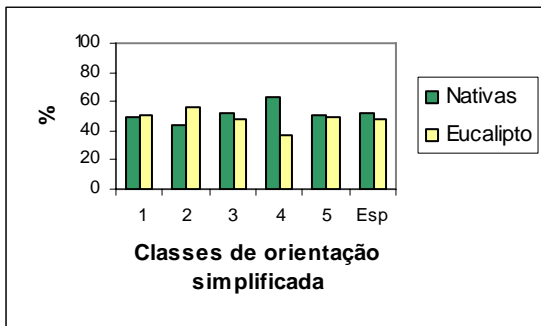
b.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nativas	0,0	76,7	62,2	47,8	37,1	25,1	20,6	39,4	66,8
Eucalipto	0,01	165,8	161,6	105,2	83,4	57,3	56,1	119,2	168,9

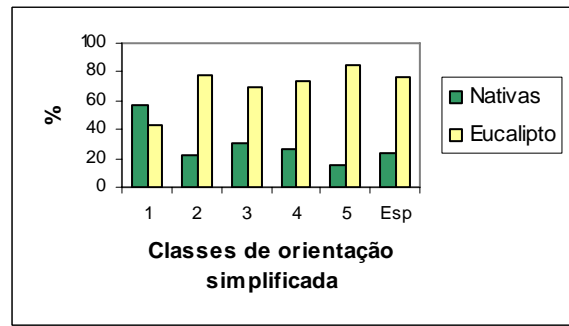
d.

Figura 6. Distribuição das classes de orientação entre florestas nativas e eucaliptais nos projetos: a. Florália; b. Jatobá I; c. Marola; d. Sabinópolis. Classes de orientação: 1 = Áreas planas; 2 = Norte; 3 = Nordeste; 4 = Leste; 5 = Sudeste; 6 = Sul; 7 = Sudoeste; 8 = Oeste; 9 = Noroeste. Esp = Porcentagem esperada.



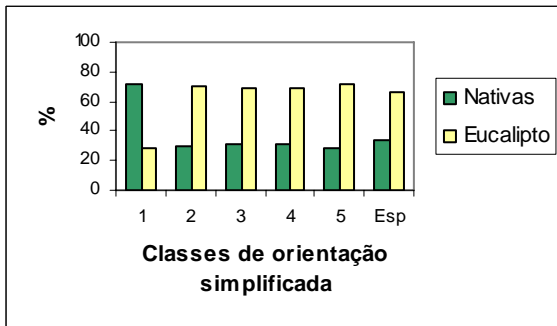
	1	2	3	4	5
Área (ha)					
Nativas	6,1	145,4	131,0	181,2	156,0
Eucalipto	6,3	190,0	119,2	106,6	151,4

a.



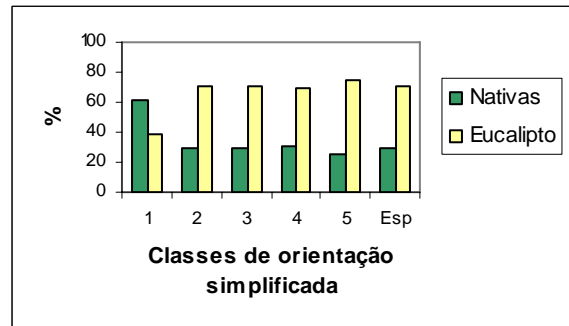
	1	2	3	4	5
Área (ha)					
Nativas	10,0	92,7	102,8	36,5	43,2
Eucalipto	7,4	328,9	232,0	103,8	230,6

b.



	1	2	3	4	5
Área (ha)					
Nativas	73,9	112,5	74,2	88,6	74,0
Eucalipto	28,7	273,3	160,6	193,4	182,3

c.



	1	2	3	4	5
Área (ha)					
Nativas	15,7	135,7	89,6	54,3	80,4
Eucalipto	9,8	333,2	217,9	120,9	235,7

d.

Figura 7. Distribuição das classes de orientação simplificada entre florestas nativas e eucaliptais nos projetos: a. Florália; b. Jatobá I; c. Marola; d. Sabinópolis. Classes de orientação simplificada: 1 = Áreas planas com declividade inferior a 3%; 2 = Norte; 3 = Leste; 4 = Sul; 5 = Oeste. Esp = Porcentagem esperada.

Posição na paisagem

Os mapas de posição da paisagem e respectiva área percentual por projeto estão apresentados nas Figuras A17, A18, A19 e A20, no Anexo II.

As florestas nativas predominam nos terraços e planícies fluviais de todos os projetos (Figura 8 a, b, c, d). A diferença mais discrepante encontra-se no projeto Sabinópolis, onde estas ocorrem 70% a mais que o esperado nesta posição da paisagem (Figura 8 d).

O contrário acontece para os topos de morros, onde os eucaliptais se encontram em proporções maiores que o esperado nos projetos, exceto no projeto Marola, onde estes ocupam cerca de 5% a menos do esperado nesta posição da paisagem e estão ligeiramente mais presentes nas encostas côncavas e convexas (Figura 8 c).

Portanto, nota-se uma relação inversa entre a distribuição das florestas nativas e plantadas nas planícies e terraços fluviais e nos topos de morros, com as nativas ocorrendo mais que o esperado nas baixadas e os eucaliptais nos topos.

As florestas nativas ocorrem em proporções bem maiores que o esperado nas encostas côncavas dos projetos Florália e Jatobá I (Figura 8 a, b), que possuem vales mais encaixados que os outros dois, de relevo mais suave. Nas encostas convexas, os eucaliptais ocorrem mais que o esperado para todos os projetos (Figura 8 a, b, c, d).

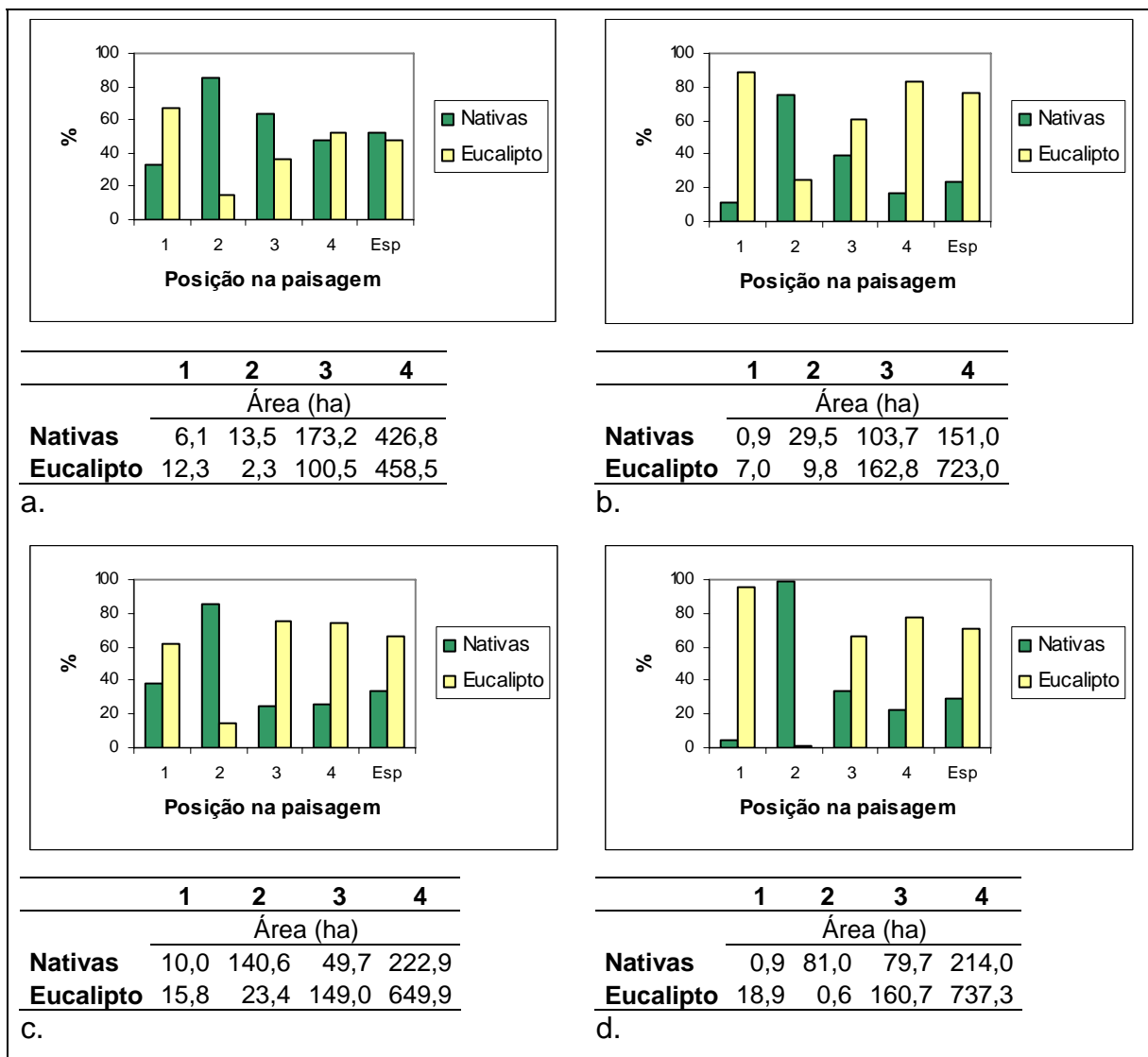


Figura 8. Distribuição das feições morfológicas entre florestas nativas e eucaliptais nos projetos: a. Florália; b. Jatobá I; c. Marola; d. Sabinópolis. Posição na paisagem: 1 = Topos de morros; 2 = Planícies e terraços fluviais; 3 = Encostas côncavas; 4 = Encostas convexas. Esp = Porcentagem esperada.

Grupos de Solos

Os mapas de classificação dos solos de cada projeto estão apresentados nas Figuras A21, A22, A23 e A24, no Anexo II, e as descrições gerais e morfológicas e análises químicas e físicas dos perfis de solos coletados estão nos Anexos III e IV.

Em todos os projetos os Cambissolos Flúvicos ocorrem mais que o esperado na classe de florestas nativas: 47% a mais no projeto Florália; 61,4% no Jatobá; 47% no Marola e 67% no Sabinópolis (Figura 9 a, b, c, d).

O grupo dos Solos Rasos ocorre mais que o esperado nas florestas nativas nos projetos Florália e Jatobá I. Já o grupo dos Cambissolos mais profundos ocorrem menos que o esperado nas florestas nativas de todos os projetos, ou seja, ocorrem mais que o esperado nos locais onde estão situados os povoamentos de eucalipto.

O grupo dos Latossolos Amarelos, que não ocorre no projeto Florália, ocorre cerca de 13,5 e 6% a mais que o esperado nos eucaliptais dos projetos Jatobá I e Marola, respectivamente. Já no projeto Sabinópolis, ocorre o contrário, com este grupo ocorrendo 4% a mais que o esperado nas florestas nativas.

O grupo dos Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos, que não ocorre no projeto Marola, também apresenta maior proporção que a esperada nos eucaliptais em todos os demais projetos: 7% a mais no Florália, 9% no Jatobá I e 8,5% no Sabinópolis.

Por último, o grupo dos Neossolos Litólicos, que só ocorre no projeto Florália, apresenta proporções semelhantes com a esperada, ocorrendo apenas 5,5% a mais que o esperado nas florestas nativas.

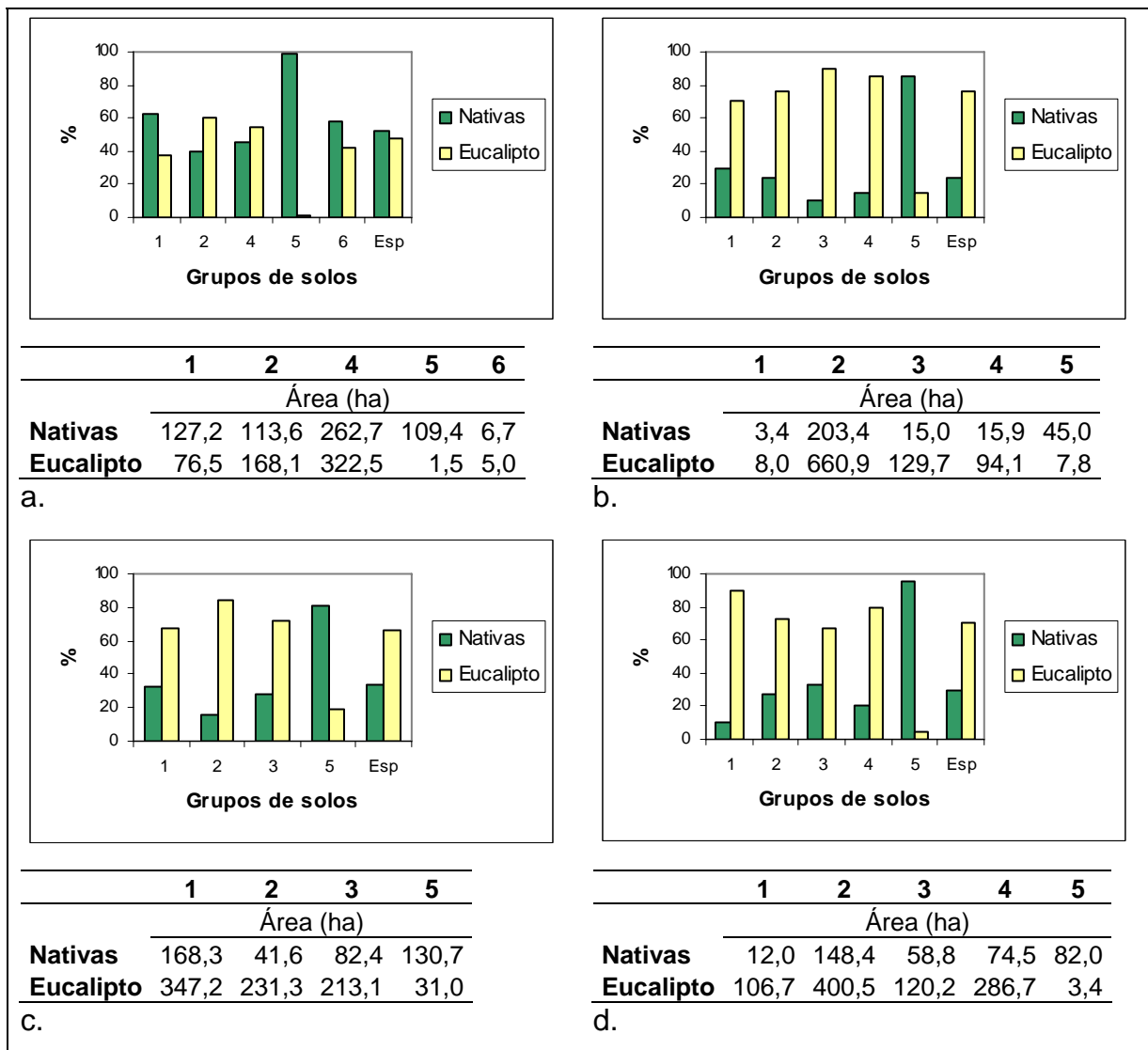


Figura 9. Distribuição dos grupos de solos entre florestas nativas e eucaliptais nos projetos: a. Florália; b. Jatobá I; c. Marola; d. Sabinópolis. Grupos de solos: 1 = Solos Rasos; 2 = Cambissolos mais profundos; 3 = Latossolos Amarelos; 4 = Latossolos Vermelho Amarelos e/ou Vermelhos; 5 = Cambissolos Flúvicos e/ou Neossolos Flúvicos; 6 = Neossolos Litólicos. Esp = Porcentagem esperada.

DISCUSSÃO

O teste de Qui-Quadrado foi significativo para todas as características de relevo e solos. Este teste considera a frequência relativa de cada classe. Isto significa que ele é válido para classes com diferentes números de células, não havendo a necessidade de utilizar métodos que padronizem o número de células por classe, como o que foi feito para a altitude. Neste caso, foi padronizado o número de células por não haver uma regra para separação das classes. Assim, para as demais características analisadas, aquelas classes que possuíam pequeno número de células puderam ser testadas juntamente com outras com grande número de células sem que se resultasse em erros na análise.

A maioria dos plantios de eucalipto localiza-se nas porções mais elevadas dos projetos, ficando as florestas nativas relegadas em maior expressão às baixadas. Adicionalmente, constatou-se que as florestas nativas ocorrem mais que o esperado nas duas menores (plano e suave ondulado) e nas duas maiores (escarpado e APP) classes de declividade na maioria dos projetos (com exceção da classe de relevo plano no projeto Florália). Isto demonstra uma restrição do plantio de eucalipto nas classes de declividade extremas, o que é óbvio para as áreas muito inclinadas, tanto pela dificuldade de acesso quanto pela Legislação Ambiental, - que restringe o plantio nas áreas com declividade superior a 100% -, mas não para as áreas mais planas, que facilitam a entrada de máquinas florestais e diminuem o custo de implantação e manutenção da floresta.

As proporções esperadas para cada classe de declividade discriminada nesta pesquisa não levam em consideração a legislação ambiental. Apenas no projeto Jatobá I ocorrem APPs de áreas com declividade superior a 100%, onde se encontram florestas nativas em aproximadamente 94% destas áreas. O esperado segundo a lei seria que 100% desta classe estivessem com Florestas Nativas. Contudo, a porcentagem encontrada pode ser considerada aceitável devido a eventuais erros de campo na alocação destas APPs e do próprio Modelo Digital de Elevação.

A menor incidência de eucalipto nas porções mais baixas e áreas planas, o que pode ser observado em conjunto pela discriminação da posição na paisagem - onde estes ocupam muito menos que o esperado as áreas de

terraços e planícies fluviais e mais que o esperado os topos de morros -, pode estar associada ao histórico de ocupação da região, às características ambientais das áreas de baixadas e até mesmo a causas fitopatológicas. Uma maior pressão ambiental para preservação de zonas ripárias do que topos de morros também pode estar exercendo influência sobre a distribuição do eucalipto na paisagem.

Pode-se inferir que, à medida que as empresas florestais foram adquirindo mais fazendas, concomitantemente com o abandono de algumas pastagens, os eucaliptos foram também ocupando as baixadas planas. Contudo, a produtividade do eucalipto observada nestes locais não superou as áreas de encostas e topos apesar da maior fertilidade do solo das baixadas. Segundo BRAGA (1997), a produtividade do eucalipto na região dos Mares de Morros de Minas Gerais apresenta variações devido à condições de relevo e solo. Este e outros trabalhos realizados em áreas de plantios de eucalipto do Rio Doce apontam algumas causas para a baixa produtividade do eucalipto nas baixadas.

Pela análise da posição da paisagem, observa-se que há menor incidência do eucalipto que o esperado nas áreas de encostas côncavas e maior incidência deste nas encostas convexas. As encostas côncavas são concentradoras de água e nutrientes no sistema, pela convergência proporcionada pela sua forma. Além disso, nestas posições há uma tendência de ocorrerem solos mais novos e rasos do que nas encostas convexas e topos, onde predominam latossolos. Pela sua baixa demanda nutricional e sistema radicular bem desenvolvido, o eucalipto apresenta boa produtividade em solos profundos e mais pobres, apesar das áreas de pedofoma côncava serem mais produtivas (BRAGA, 1997), podendo estar menos restritos à estas áreas pelas dificuldades de operação florestal impostas pelas mesmas e pela sua maior propensão à erosão. Assim, apesar das áreas mais produtivas serem aquelas de pedofoma côncava, dificuldades operacionais podem contribuir para a restrição do plantio de eucalipto nestas áreas.

TEIXEIRA (1987), estudando a influência da posição topográfica na produtividade do eucalipto no município de Dionísio-MG, região do Médio Rio Doce, constatou maiores produções de biomassa em povoamentos de *Eucalyptus saligna* no topo e maiores concentrações de nutrientes nas plantas das baixadas. Segundo o autor, a melhor fertilidade dos solos das baixadas

induzem a uma maior absorção de nutrientes pelas plantas sem que isso se traduza em maior produtividade, limitada nestes locais por características físicas do solo. O mesmo estudo para *Eucalyptus citriodora*, com a ressalva de que não foram estudados povoamentos desta espécie em áreas de baixadas, havendo pouca variação das características físicas dos solos nas posições topográficas estudadas, resultou em produções de matéria seca semelhantes entre as posições.

As baixadas, apesar de mais férteis, apresentam solos mais adensados e com lençol freático mais superficial, o que diminui a produtividade do eucalipto nesta posição da paisagem, apesar da maior concentração de nutrientes encontrada nas plantas. Os solos das baixadas foram desenvolvidos de material transportado (BRASIL, 1970), depositados em ambiente flúvio-lacustre, o que explica a dominância de partículas finas e o relevo aplainado, que dificultam a drenagem interna destes solos. SANTANA (1986) constatou maior densidade do solo nas baixadas ($> 1,34 \text{ g/cm}^3$), tanto argilosas quanto arenosas, em comparação ao topo e às encostas. A alta densidade do solo dificulta o desenvolvimento radicular e por conseguinte a absorção de água e nutrientes. Nas baixadas, o volume de raízes nas profundidades inferiores do solo foi muito reduzido em comparação com as outras posições da paisagem, não ultrapassando 40 cm de profundidade. Os elevados níveis de floculação nos solos dos topos e da encosta permitem melhor retenção e infiltração de água por maior período, diminuindo a deficiência hídrica no período seco. Por outro lado, a baixada argilosa apresenta dificuldade de drenagem e a arenosa baixa retenção de água. A produtividade média de povoamentos de *Eucalyptus saligna* diminuiu na seguinte ordem: Topo>Encosta>Baixada Argilosa>Baixada Arenosa. A outra espécie de eucalipto estudada (*E. citriodora*) mostrou-se mais exigente em termos nutricionais, apresentando menor produtividade no topo, sobretudo pela limitação de P, Ca e Mg; e maior produtividade nas encostas côncavas, mais férteis, com menores teores de Al e maior capacidade de retenção de água em virtude da forma do relevo.

Entretanto, na maioria das vezes, os elevados teores de alumínio trocável e o baixo pH, além de menor fertilidade, encontrados nos topos, não constituem empecilhos ao desenvolvimento de muitas espécies de eucalipto (SANTANA, 1986), que possuem sistema radicular extenso e vigoroso, capazes de explorar grandes volumes de solo, e apresentam baixa exigência

nutricional quando comparadas a outras culturas e tolerância a níveis elevados de alumínio (BARROS et al., 1982; NEVES, 1983). Apesar da alta produtividade observada nos topos da paisagem, em rotações subseqüentes poderá haver limitação de nutrientes, sobretudo de Ca (TEIXEIRA, 1987), o que demandará a reposição de nutrientes no solo para manutenção do nível de produtividade.

Constatou-se que, em todos os projetos, os Cambissolos Flúvicos (incluindo os Neossolos Flúvicos no projeto Marola) ocorreram com freqüência acima da esperada nas áreas de florestas nativas. Estes solos apresentam melhor fertilidade natural que os demais, sobretudo no projeto Marola - onde por vezes apresentaram saturação de bases superior a 50% em alguns horizontes -, contudo, estes apresentam problemas de drenagem na época chuvosa e são mais adensados que os demais.

O grupo dos Cambissolos mais profundos e os dois grupos de Latossolos apresentaram maior ocorrência que o esperado nas áreas de plantios de eucalipto, com exceção dos Latossolos Amarelos no projeto Sabinópolis. Os Latossolos predominam nos topos e encostas convexas, são solos mais profundos, com melhor capacidade de infiltração e armazenamento de água, que constituem características favoráveis ao crescimento do eucalipto.

Apesar da correlação da produtividade do eucalipto com as classes de solos, podem ocorrer variações de produtividade deste gênero dentro da mesma unidade taxonômica de solo, assim como a produtividade pode ser semelhante entre unidades taxonômicas distintas (BARROS, 1974). Isto porque outros fatores devem ser considerados em conjunto, como número de rotações, espécies, clima e microclima, posição topográfica e outras características do relevo e dos solos.

Numa tentativa de agrupar variáveis ambientais potencialmente correlacionadas com a produtividade de povoamentos de eucalipto, BRAGA (1997) gerou dois modelos por Análise Discriminante, cada um com duas funções discriminantes (ou variáveis canônicas): a primeira refletindo características fisiográficas e climáticas dos sítios e a segunda refletindo condições de fertilidade do solo. Como resultado, constatou que as características fisiográficas foram as mais determinantes da produtividade, ou seja, sob condições fisiográficas ótimas (posição adequada em termos de

exposição, posição na toposseqüência, declividade, etc.), a exigência quanto à fertilidade do solo mostrou-se mínima e à medida que a condição fisiográfica se afastava do ideal, a exigência quanto à fertilidade aumentava. Para os dois modelos, houve maior contribuição das variáveis altitude, pedoforma (tipo de curvatura), orientação, radiação solar incidente no topo da atmosfera no dia 15 de outubro e toposseqüência nas funções 1, e relação Cálcio/Soma de Bases, nas funções 2.

Quando se analisa a orientação da vertente, nota-se que ao passo que as florestas nativas se encontram mais que o esperado voltadas para as faces de exposição Sudeste e Sul, os eucaliptais dominam as faces Oeste e Noroeste em todos os projetos. Isto significa que os eucaliptais recebem mais radiação ao longo do ano (face Norte no hemisfério Sul), além de receberem com mais freqüência a radiação vespertina (Oeste), que contribui para tornar o microclima da encosta mais seco e aumenta a evapotranspiração das plantas, podendo ocasionar estresse hídrico, sobretudo em locais com déficit hídrico anual significativo.

Segundo TUBELIS & NASCIMENTO (1983), as faces Leste e Oeste exercem menos influência no recebimento da radiação solar que as faces Norte e Sul, sobretudo quando a declividade da encosta é inferior a 20° (36%). Assim sendo, há uma certa correlação entre as variáveis orientação e declividade, sendo o efeito da primeira mais pronunciado com o aumento da segunda.

BRAGA (1997) determinou que as faces de exposição mais produtivas para os povoamentos de eucalipto foram as compreendidas entre os azimutes 315° e 135°, abrangendo as direções NO, N, NE, E e SE, ou seja, encostas voltadas para as direções N e/ou E. De maneira semelhante, HARTUNG & LLOYD (1969), determinaram as áreas compreendidas entre os azimutes 337,5 e 112,5° (N, NE, E), como sendo as exposições mais produtivas, entre 292,5 e 337,5 (NO) ou 112,5 e 157,5 (SE), como exposições neutras e entre 157,5 e 292,5 (S, SO e O), como sendo as exposições menos produtivas.

Demonstrando a influência da orientação da vertente também na distribuição de florestas naturais, RESENDE (1986) observou capões de mata em região de Cerrado no Alto Jequitinhonha-MG apenas nas encostas voltadas para o Leste, por estas serem mais úmidas.

Por último, um fator que contribui para a diminuição da produtividade e até mesmo para a perda de grande parcela de plantas de povoamentos é a

incidência de pragas e doenças. A região do Vale do Rio Doce foi o primeiro local onde foi constatada a seca de ponteiros do eucalipto. Esta enfermidade causa secamento de porções apicais da planta, ocorrendo predominantemente em baixadas, tendo a encosta percentual bem menor de plantas afetadas. Assim, fatores como má-drenagem do solo, afloramento do lençol freático e anos cuja estação chuvosa anterior apresente índices elevados de pluviosidade podem agravar a doença. Uma explicação plausível para sua ocorrência pode estar relacionada à diminuição da relação raiz/parte aérea em decorrência da baixa aeração do solo e do acúmulo de etileno em condições de encharcamento, o que contribui para a seca de ponteiros em situação de déficit hídrico. A estratégia de controle é o uso de material resistente (ALFENAS et al., 2004; FERREIRA, 1989). Esta doença pode, portanto, também estar contribuindo para a menor freqüência dos povoamentos de eucalipto na posição da paisagem de terraços e planícies fluviais, nas áreas de menores altitudes e declividades e nos solos aluviais, como os Cambissolos e Neossolos Flúvicos.

Tendo sido comprovada a tendência de distribuição não aleatória das áreas de floresta natural nas paisagens estudadas, pode-se inferir com relação à possibilidade de ocorrência e eventuais tamanhos de determinadas populações de espécies da fauna ou da flora nas paisagens estudadas. Fica então o alerta para a diminuição de área de habitats favoráveis para algumas espécies. Isto alcança maior importância quando se trata de espécies de distribuição restrita a nichos específicos, sobretudo se estas forem raras ou endêmicas.

Nos projetos estudados, o ponto mais marcante observado foi uma “superproteção” de áreas ribeirinhas, caracterizadas pelas menores declividades e altitudes, pela posição da paisagem de terraços e planícies fluviais e pela presença de Cambissolos Flúvicos e Neossolos Flúvicos. Estas áreas sustentam populações consideráveis de espécies da fauna e da flora, pela maior disponibilidade e proximidade de água, fornecem material vegetal para organismos aquáticos, amenizam o microclima do habitat aquático pela geração de sombra e funcionam como filtro para poluentes advindos de escoamento superficial pela absorção, desnitrificação, e outros processos, contribuindo para a proteção dos recursos hídricos (USDA/NRCS, 2003). Contudo, pelo fato de áreas com menor disponibilidade de água estarem

relativamente sob menor área de cobertura florestal nativa, ou sub-representadas, pode estar ocorrendo diminuição de populações, neste caso inicialmente da flora e posteriormente de sua fauna associada, de espécies não tolerantes a situações de alagamento ou lençol freático elevado.

Também na região dos Mares de Morros, no município de Viçosa, ao contrário do observado para os projetos da CENIBRA, as áreas de floresta nativa predominam nos topos de morros, estando os ambientes ripários na maior parte dos locais desprotegidos. Corrobora com essa afirmativa o trabalho de RAMILO (2002), que encontrou que o maior valor relativo da classe de cobertura “mata” (39%) encontrou-se associado aos topos de morros (Latosolo Vermelho Amarelo distrófico com horizonte A proeminente ou moderado) e as menores ocorrências dessa cobertura foram constatadas nas encostas côncavas onduladas e fortemente onduladas e nas áreas de terraços e planícies fluviais (com solos dominantes: Argissolo Vermelho Amarelo distrófico / Neossolo gléico / Gleissolo), com 16 e 12%, respectivamente. Portanto, nesta região pode estar ocorrendo o contrário, com espécies que necessitam de condições de maior umidade tendo o tamanho de suas populações diminuído, podendo, em casos mais extremados, resultar em extinção local de algumas espécies.

CONCLUSÕES

- A distribuição das áreas de floresta nativa na paisagem é não-aleatória, dependendo das variáveis ambientais analisadas, em maior ou menor intensidade;
- As matas são encontradas com frequência acima da esperada nas áreas ribeirinhas (terraços e planícies fluviais, Cambissolos e Neossolos Flúvicos, áreas de baixas altitudes e planas) em todas as paisagens estudadas, ao passo que os plantios de eucalipto estão em proporções acima da esperada nas áreas de latossolos, topos de morro, encostas convexas e áreas de declividades médias e maiores altitudes.

BIBLIOGRAFIA

ALFENAS, A.C.; ZAUZA, E.A.V.; MAFFIA, R.G. & ASSIS, T.F. **Clonagem e Doenças do Eucalipto**. Viçosa: UFV, 2004. 442p.

ARCGIS DESKTOP HELP. **Software ArcGIS 9.0**. 2005.

ARONOFF, S. **Geographic Information Systems: a management perspective**. 2. ed. Ottawa, Canadá: WDL Publications, 1991. 294p.

AUGUST, P.V. The role of habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammal communities. **Ecology**, v.64, n.6. p. 1495-1507, 1983.

BARROS, N.F. **Contribuição ao relacionamento de características pedológicas e topográficas com altura de *Eucalyptus alba*, na região de Santa Bárbara, MG**. 1974. 89p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. & GOMES, J.M. Interpretação de análises químicas de solo para crescimento de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v. 6. p. 38-44, 1982.

BERRY, J. K. It's Like New Math; I'm just too old - The Map Derivative and Its Use. In: BERRY, J.K. **Beyond Mapping: Concepts, Algorithms, and Issues in GIS**. Fort Collins, Colorado: GIS World Books, 1993.

BETTINGER, P. & WING, M.G. **Geographic Information Systems: Applications in Forestry and Natural Resources Management**. New York: McGraw-Hill, 2004. 230p.

BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D. & SANTOS, G.F. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. – **Fundamentos geológico-geográficos, alteração química e física das rochas, relevo cárstico e dômico**. Florianópolis, SC: Ed. UFSC, 1994. 425p.

BOTREL, R.T.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; RODRIGUES, L.A.; CURI, N. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da

comunidade arbóreo-arbustivo de uma Floresta Estacional Semidecidual em Ingaí, MG. **Revista brasileira de botânica**, v.25. p.195-213, 2002.

BRAGA, F.A. **Uso da análise discriminante na identificação de características ambientais determinantes da capacidade produtiva de povoamentos de eucalipto**. 1997. 65p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. **Levantamento exploratório dos solos da região sob influência da Companhia Vale do Rio Doce**. Rio de Janeiro, 1970. 254p. (Bol. Tec. 13).

BURROUGH, P.A.; VAN RIJN, R. & RIKKEN, M. Spatial Data Quality and Error Analysis Issues: GIS Functions and Environmental Modeling. In: GOODCHILD, M.F.; STEYAERT, L.T.; PARKS, B.O.; JOHNSTON, C.; MAIDMENT, D.; CRANE, M. & GLENDINNING, S. (Eds.). **GIS and Environmental Modeling: Progress and Research Issues**. Fort Collins, CO: GIS World Books, 1996. p.29-34.

CALIJURI, M. L. **Sistemas de Informações Geográficas I e II**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1995. 40 p. (Apostila).

CARVER, S.; HEYWOOD, I.; CORNELIUS, S. & SEAR, D. Evaluating Field-Based GIS for Environmental Characterization Modeling, and Decision Support. In: GOODCHILD, M.F.; STEYAERT, L.T.; PARKS, B.O.; JOHNSTON, C.; MAIDMENT, D.; CRANE, M. & GLENDINNING, S. (Eds.). **GIS and Environmental Modeling: Progress and Research Issues**. Fort Collins, CO: GIS World Books, 1996. p. 43-47.

CENIBRA - Celulose Nipo-Brasileira S.A. **Por Dentro do Eucalipto - Aspectos sociais, ambientais e econômicos do seu cultivo**. 2005.

CEPF. Critical Ecosystem Partnership Fund. **Perfil do Ecossistema – Mata Atlântica: Hotspot de Biodiversidade**. 2001.

CERQUEIRA, R.; BRANT, A.; NASCIMENTO, M.T. & PARDINI, R. Fragmentação: Alguns Conceitos. In: **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, Efeitos sobre a Biodiversidade e Recomendações de Políticas Públicas**. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p.23-40.

COLLI, G.R.; ACCACIO, G.M.; ANTONINI, Y.; CONSTANTINO, R.; FRANCESCHINELLI, E.V.; LAPS, R.R.; SCARIOT, A.; VIEIRA, M.V. & WIEDERHECKER, H.C. A Fragmentação dos Ecossistemas e a Biodiversidade Brasileira: Uma Síntese. In: **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, Efeitos sobre a Biodiversidade e Recomendações de Políticas Públicas**. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 317-324.

CORRÊA, G.F. **Modelo de evolução e mineralogia da fração argila de solos do Planalto de Viçosa**. 1983. 87p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

DALANESI, P.E.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. & FONTES, M.A.L. Flora e estrutura do componente arbóreo da floresta do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, Lavras, MG, e correlações entre a distribuição das espécies e variáveis ambientais. **Acta Botanica Brasílica**, v.18, n.4. p. 737-757, 2004.

DANGERFIELD, J.M.; MCCARTHY, T.S. & ELLERY, W.N. The mound-building termite *Macrotermes michaelseni* as an ecosystem engineer. **Journal of Tropical Ecology**, v.14. p. 507-520, 1998.

- DUNN, C.P.; SHARPE, D.M.; GUNTENSPERGEN, G.R.; STEARNS, F. & YANG, Z. Methods for Analyzing Temporal Changes in Landscape Pattern. In: TURNER, M.G. & GARDNER, R.H. (eds.). **Quantitative Methods in Landscape Ecology: The Analysis and Interpretation of Landscape Heterogeneity**. New York: Springer-Verlag, 1991. p.173-198.
- EASH, D.A. A geographic information system procedure to quantify drainage-basin characteristics. **Water Resources Bulletin**, v.30. p.1-8, 1994.
- EASTERBROOK, G. **Forgotten Benefactor of Humanity**. Disponível em: <www.theatlantic.com/issues/97jan/borlaug/borlaug.htm>. Acesso em: 20 Março 2004.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo (Rio de Janeiro, RJ). **Propostas de revisão e atualização do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 56p. (Embrapa Solos. Documentos; n. 53)
- ESPÍRITO-SANTO, F.D.B.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; MACHADO, E.L.M.; SOUZA, J.S.; FONTES, M.A.L. & MARQUES, J.J.G.S.M. Variáveis ambientais e a distribuição de espécies arbóreas em um remanescente de floresta estacional semidecídua montana no campus da Universidade Federal de Lavras, MG. **Acta Botanica Brasílica** v.16, n.3. p 331-351, 2002.
- ESRI. Environmental Systems Research Institute. **ARC/INFO v. 7.1.1**. Redlands: ESRI, 1997. Programa de computador. 2 CD-ROM.
- FERNANDES, M.C. & MENEZES, P.M.L. Comparação entre métodos para geração de MDE para a obtenção de observações em superfície real no Maciço da Tijuca-RJ. **RCB – Revista Brasileira de Cartografia**, v.57, n.2. p.154-161, 2005.
- FERREIRA, F.A. **Patologia Florestal: principais doenças florestais no Brasil**. Viçosa, MG: SIF, 1989. 570p.
- GARBRECHT, J. & MARTZ, L.W. Network and subwatershed parameters extracted from digital elevation models: a bills creek experience. **Water Resources Bulletin**, v.29. p.909-916, 1993.
- HARRIS, W.V. Termites and tropical forestry. **Insects society**, v.13. p.255-266, 1966.
- HARTUNG, R.E. & LLOYD, W.J. Influence of aspect on forest of the Clarksville soils in Dent County, Missouri. **Journal of Forestry**, v.67, n.3. p.178-182, 1969.
- HUTCHINSON, M.F. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. **Journal of Hydrology**, v.106. p.211-232, 1989.

- HUTCHINSON, M. F. 1996. A locally adaptive approach to the interpolation digital elevation models. In: Proceedings, Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling, 1996, Santa Fe, NM. **Anais...** Santa Barbara, CA: National Center for Geographic Information and Analysis, 1996. Disponível em: <http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/SANTA_FE_CDROM/sf_papers/hutchinson_michael_dem/local.html>. Acesso em: 15 Novembro 2004.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Comparativo dos dados do censo agropecuário**. 2005.
- JORDAN, C.F. Nutrient cycling processes and tropical forest management. In: GÓMEZ-POMPA, A.; WHITMORE, T.C.; HADLEY, M. (Ed.). **Rain forest regeneration and management**. Paris: UNESCO, 1991. p. 159-180.
- LANG, L. **Managing Natural Resources with GIS**. Redlands, Califórnia: ESRI, 1998. 117p.
- LEVIN, S.A. The problem of pattern and scale in ecology. **Ecology**, v.73, n.6. p. 943-67, 1992.
- LIMA, J.A.S.; MENEGUELLI, N.A.; GAZEL FILHO, A.B. & PÉREZ, D.V. Agrupamento de espécies arbóreas de uma floresta tropical por características de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.1. p.109-116, 2003.
- LIMA, M.A. Apresentação. In: Tricart, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: SUPREN, 1977. 97p.
- LIMA, W.P. **Impacto ambiental do eucalipto**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993. 302p.
- LYTLE, D.J.; BLISS, N.B. & WALTMAN, S.W. Interpreting the State Soil Geographic Database (STATSGO). In: GOODCHILD, M.F.; STEYAERT, L.T.; PARKS, B.O.; JOHNSTON, C.; MAIDMENT, D.; CRANE, M.; GLENDINNING, S. (Eds.). **GIS and Environmental Modeling: Progress and Research Issues**. Fort Collins, CO: GIS World Books, 1996. p. 49-52.
- MARQUES, A.F.S.M. **Geoambientes, Solos, Avaliação e Uso Atual das Terras na Bacia do Rio Alcobaça, MG e BA**. 2000. 167p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- MARTINS, S.V.; SILVA, N.R.S.; SOUZA, A.L. & MEIRA NETO, J.A.A. Distribuição de espécies arbóreas em um gradiente topográfico de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. **Scientia Forestalis**, n.64. p. 172-181, 2003.
- MCCARTHY, T.S.; ELLERY, W.N. & DANGERFIELD, J.M. The role of soil biota in the initiation and growth of islands on the floodplain of the Okavango alluvial fan, Botswana. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.23. p. 291-316, 1998.
- MENEZES, A.A. **Produtividade do eucalipto e sua relação com a qualidade e a classe de solo**. 2005. 98p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- MOORE, I.D.; GRAYSON, R.B. & LADSON, A.R. Digital terrain modeling: a review of hydrological, geomorphological and biological applications. **Hydrological Processes**, v.5. p.3-30, 1991.

- MORA, A.L. & GARCIA, C.H. **A Cultura do Eucalipto no Brasil**. São Paulo: SBS - Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000.
- NEVES, J.C.L. **Aspectos nutricionais em mudas de Eucalyptus spp. – tolerância ao alumínio e níveis críticos de fósforo no solo**. 1983. 87p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- NOVAIS, R.F. Aspectos nutricionais e ambientais do eucalipto. **Revista Silvicultura**, v. 68. 1996.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. & FONTES, A.L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica**, v. 32, n. 4b. p. 793-810, 2000.
- OLSON, R.A.; CLARK, R.B. & BERNETT, J.H. The enhancement of soil fertility by plant roots. **American Scientist**, v.69. p.378-384, 1981.
- PINTO, L.V.A.; DAVIDE, A.C.; BOTELHO, S.A.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. & MACHADO, E.L.M. Distribuição das espécies arbóreo-arbustivas ao longo do gradiente de umidade do solo de nascentes pontuais da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Cerne**, v.11, n. 3. p. 294-305, 2005.
- PRESSEY, R.L. Ad hoc reservations: forward or backwards steps in developing representative reserve systems? **Conservation Biology**, v. 8. p. 662–668, 1994.
- PRESSEY, R.L. & TULLY, S.L. The cost of ad hoc reservation: a case study in western New South Wales. **Australian Journal of Ecology**, n.19. p. 375–384, 1994.
- RAMILO, G.A.I. **Geoprocessamento para caracterização geoambiental e estimativa da cobertura do solo de pastos em microbacia na Zona da Mata, MG**. 2002. 95p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- RESENDE, M. Clima do solo: suas relações com o ambiente agrícola. **Informe Agropecuário**, v.12, n.138. p.43-59, 1986.
- RIBEIRO, C.A.A.S. **Modelos digitais hidrologicamente consistentes**. Viçosa, DEF/UFV, 2002. 8p.
- RIBON, R. **Aves em fragmentos de Mata Atlântica do sudeste de Minas Gerais: incidência, abundância e associação à topografia**. 2003. 123p. Tese (Doutorado - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte).
- RIZZINI, C. T. Nota Prévia sobre a divisão Geográfica do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, v.25, n.1. p. 3-64, 1963.
- RIZZINI, C.T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos sociológicos e florísticos**. volume 2. São Paulo: HUCITEC, 1979. 374p.
- SALGADO-LABOURIAU, M.L. **História Ecológica da Terra**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1994. 320p.
- SANTANA, J.A.S. **Efeitos de propriedades dos solos na produtividade de suas espécies de eucalipto na região do Médio Rio Doce-MG**. 1986. 117p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SCARIOT, A.; FREITAS, S.R.; MARIANO NETO, E.; NASCIMENTO, M.T.; OLIVEIRA, L.C.; SANAIOTTI, T.; SEVILHA, A.C. & VILLELA, D.M. Vegetação e Flora. In: **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, Efeitos sobre a Biodiversidade e Recomendações de Políticas Públicas**. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p.103-123.

SIMAS, F.N.B. **Pedogênese e Geoambientes na Serra Verde, Parte da Mantiqueira Mineira: Atributos Físicos, Químicos, Mineralógicos e Micromorfológicos**. 2002. 78p. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SOUZA, M.J.H.; RIBEIRO, A. & LEITE, F.P. Balanço hídrico e caracterização climática de Guanhões, Nova Era e Rio Doce. In: XII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13, 2003, Santa Maria. **Anais...**Santa Maria, RS: UNIFRA, SBA, UFSM, 2003. p.131-132.

SRINIVASAN, R. & ENGEL, B.A. Effect of slope prediction methods on slope and erosion estimates. **Journal of Applied Engineering in Agriculture**, v.7. p.783-99. 1991.

TEIXEIRA, A.M.G. & METZGER, J.P. **Análise da dinâmica da paisagem e de processos de fragmentação e regeneração na região de Caucaia do Alto/SP (1962-2000)**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. VI Congresso de Ecologia do Brasil, Fortaleza, 2003.

TEIXEIRA, J.L. **Conteúdo de nutrientes e produção de eucalipto em diferentes ambientes do Rio Doce-MG**. 1987. 70p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

TIMBERLAKE, J.R. Botanical assessment of the Kalomo study area. Pp. 20-23 in Cotterill F.P.D. (ed.) **SAVSKILL: a method to measure and monitor biodiversity in central African savannas**. Bulawayo: Biodiversity Foundation for Africa, 1995.

TRIBE, A. Automated recognition of valley lines and drainage networks from grid digital elevation models: a review and a new method. **Journal of Hydrology**, v.139. p.263-293, 1992.

TUBELIS, A. & NASCIMENTO, F.J.L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1983. 374p.

UEZU, A. **Efeito do tamanho de fragmentos e da conectividade na abundância de sete espécies de aves florestais em Caucaia do Alto, SP**. 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

USDA Natural Resources Conservation Service. **National Handbook of Conservation Practices**. Washington, D.C.: USDA, 2003.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO A. L. R. & LIMA J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: Instituto de Geografia e Estatística, 1991.

ZAR, J.H. Contingency Tables. In: ZAR, J.H. (ed.). **Biostatistical analysis**. 4. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999. p.486-515.