

REPRESENTATIVIDADE FISIOGRAFICA E PEDOLÓGICA DE FRAGMENTOS DE FLORESTA NATIVA EM ÁREAS DE PLANTIOS HOMOGÊNEOS DE EUCALIPTO¹

Tathiane Santi Sarcinelli², Elpídio Inácio Fernandes Filho³, Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer³, Paulo De Marco Júnior⁴ e Fernando Palha Leite⁵

RESUMO – A ocupação e uso de diferentes ambientes pelo ser humano estão ligados às características do meio físico, de modo que os fragmentos de floresta nativa podem ficar restritos a áreas impróprias para uso ou de difícil acesso. A hipótese deste estudo é de que a distribuição de fragmentos florestais na paisagem é não aleatória e não representaria a diversidade fisiográfica e pedológica da paisagem na qual esses fragmentos estão inseridos. Com o objetivo de avaliar a representatividade ambiental de áreas protegidas em áreas de plantios homogêneos de eucalipto, foram derivados atributos topográficos de um Modelo Digital de Elevação (MDE) e gerados mapas de solos das áreas de estudo. O teste de Qui-Quadrado retornou valores significativos de todas as variáveis ambientais analisadas no nível de 5% de probabilidade. Tal fato indica que a distribuição das áreas de floresta nativa e de plantios de eucalipto é não aleatória, dependendo de fatores como declividade, orientação, posição na paisagem e grupos de solos. As florestas nativas estão bem representadas nas diferentes classes de declividade e orientação, mas estão sub-representadas nos topos de morros, onde ocorrem os Latossolos. No entanto, há superproteção das áreas de terraços e planícies fluviais e de Cambissolos Flúvicos.

Palavras-chave: Modelo Digital de Elevação, Fragmentação florestal e Sistema de Informações Geográficas.

SOIL AND PHYSIOGRAPHIC REPRESENTATIVENESS OF NATIVE FOREST FRAGMENTS IN EUCALYPTUS PLANTATION AREAS

ABSTRACT – The occupation and use of different environments by the man are linked to the characteristics of the physical environment, so that the native forest fragments may be restricted to inappropriate areas for use or to areas of difficult access. The hypothesis of this study is that forest fragments are not randomly distributed and may not be representative of the physiographic and soil landscape diversity. Aiming at assessing the environmental representativeness of protected areas in homogeneous stands of eucalyptus, topographic attributes were derived from a Digital Elevation Model (DEM) and soil maps of the study areas were generated. The Chi-Square test returned significant values for all the environmental factors analyzed at 5 % of probability level, implying that the distribution of the native forest and eucalyptus plantation areas is not random, depending on factors such as slope, aspect, landforms and soil groups. Native forests are well-represented in the different slope and aspect classes, but are underrepresented at the hill-tops, where there is the presence of latossolos. On the other hand, there is an overprotection of the terraces and river plains, and of areas of Fluvic Cambisols.

Keywords: Digital Elevation Model, Native forest fragmentation and Geographic Information Systems.

¹ Recebido em 22.06.2008 e aceito para publicação em 19.04.2012.

² Fibria Celulose S.A., FIBRIA, Brasil. E-mail: <tsarcinelli@yahoo.com.br>.

³ Universidade Federal de Viçosa, UFV, Brasil. E-mail: <elpidio@ufv.br> e <elpidio.solos@gmail.com>.

⁴ Universidade Federal de Goiás, UFG, Brasil. E-mail: <pdemarco@icb.ufg.br>.

⁵ Celulose Nipo Brasileira S A, CENIBRA, Brasil. E-mail: <fernando.leite@cenibra.com.br>.

1. INTRODUÇÃO

Muitos organismos se encontram confinados a ambientes específicos e a nichos ecológicos, havendo poucas espécies da fauna e da flora de ampla distribuição, ou seja, adaptadas ou tolerantes a condições diversas. Segundo Salgado-Labouriau (1994):

“Os acidentes topográficos criam ambientes diferentes; a latitude imprime um padrão global de clima em zonas definidas, de modo que em cada condição diferente de solo, topografia e microclima vivem espécies características junto com aquelas de maior distribuição global.”

A diversidade de habitats é função da heterogeneidade do ambiente físico. Em áreas florestais outrora contínuas, antes da ocupação humana os vários habitats se encontravam preservados em sua totalidade. Com a fragmentação das florestas, esse quadro se 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 apresentar número reduzido de indivíduos dessas espécies, em virtude da distribuição natural em manchas das espécies em resposta à heterogeneidade ambiental (SCARIOT et al., 2005).

Em escala geográfica regional, a heterogeneidade florística está associada a variações climáticas e altitudinais (OLIVEIRA-FILHO, FONTES, 2000), o que remete ao conceito de Fitogeografia. Em escala local, além dessas variáveis, topografia e solos exercem importante papel na organização espacial da vegetação arbórea (MARTINS et al., 2003). Diversos estudos demonstram a correlação entre variáveis ambientais abióticas e a distribuição e abundância de espécies da flora e da fauna (DALANESI et al., 2004; MARTINS et al., 2003; PINTO et al., 2005; LIMA et al., 2003; MARTINS et al., 2006; FERREIRA-JÚNIOR et al., 2007).

Os remanescentes atuais da Mata Atlântica, além de sofrerem alta pressão antrópica em função de seu tamanho menor, de sua forma e do uso e ocupação do solo na sua vizinhança, ainda estão, em sua maioria, reduzidos a áreas menos produtivas ou que requerem custos ou esforços maiores para seu uso. Assim, da mesma forma que as espécies da fauna e da flora estão distribuídas de acordo com suas necessidades intrínsecas, o tipo de ocupação e uso de diferentes

ambientes estão intimamente ligados às características do meio físico (SIMAS, 2002), ou seja, o ser humano utiliza os locais mais adequados para determinada finalidade, restando a maioria dos fragmentos florestais nas áreas impróprias ao uso ou de difícil acesso. Pressey (1994) denominou tal fato de *ad hoc reservation*, que resulta em muitas lacunas em termos de representatividade da biodiversidade. Segundo Pressey e Tully (1994), tais lacunas de conservação, sistematicamente geradas, podem elevar o custo do estabelecimento de sistemas representativos.

As monoculturas podem levar à distribuição tendenciosa dos remanescentes de floresta nativa na paisagem, pelo fato de a espécie cultivada possuir requerimentos peculiares ou se adaptar melhor a determinadas situações ambientais. Segundo Santana (1986) e Teixeira (1987), as características da área de cultivo do eucalipto determinam condições que são mais favoráveis a seu plantio, o que é motivo de vários estudos relacionando sua produtividade às características do solo e do relevo. Como resultado em comum, esses dois autores apontaram as características fisiográficas da região dos Mares de Morros do Vale do Rio Doce, em Minas Gerais, como determinantes para a escolha das áreas para plantio de florestas comerciais de eucalipto, com consenso quanto à baixa produtividade nas áreas de baixadas – com algumas variações entre espécies –, apesar de sua melhor fertilidade.

O objetivo deste estudo foi avaliar a representatividade fisiográfica e pedológica de fragmentos de floresta nativa em áreas de plantios homogêneos de eucalipto, de modo a testar a hipótese de que a distribuição desses fragmentos é não aleatória, podendo não ser representativa da diversidade ambiental da paisagem. Tal revisão da distribuição atual da rede de reservas florestais e de suas características intrínsecas é um estágio-chave no planejamento sistemático de áreas para conservação da biodiversidade (JENNINGS, 2000; ROUGET et al., 2003).

2. MATERIALE MÉTODOS

2.1. Áreas de estudo

O estudo foi realizado em áreas de plantios de eucalipto e fragmentos florestais nativos da CENIBRA (Celulose Nipo-Brasileira S.A.). 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) como Floresta Estacional Mesófila Semidecídua. Na região dos Mares de Morros, domínio morfoclimático com substrato de rochas cristalinas, principalmente gnáissicas e graníticas (AB'SABER, 1970), há predominância de Latossolos, alternando-se com Cambissolos em áreas onde o processo erosivo é mais intenso e Argissolos nos terços inferiores das encostas (RESENDE; RESENDE, 1996).

Foram escolhidas duas áreas para este estudo. A primeira, denominada Florália (Município de Santa Bárbara, MG – 19°59'S e 43°18'O), ocupa 1.193,3 ha e localiza-se na borda Leste do Quadrilátero Ferrífero. Essa área representa as condições mais úmidas, de relevo dissecado e solos profundos e intemperizados. A segunda área, chamada de Jatobá I (Município de Antônio Dias, MG – 19°29'S e 42°51'O), ocupa 1.187,9 ha e 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 dos locais de estudo é Cwa – temperado chuvoso (mesotérmico), com inverno seco e verão chuvoso, subtropical.

As áreas de estudo apresentam diferentes percentuais de área destinada à preservação ambiental. As florestas nativas ocupam pouco mais da metade da área denominada Florália (51,9%), enquanto em Jatobá I os eucaliptais tomam 76% da área, restando 24% de fragmentos florestais nativos (Figura 1).

2.2. Obtenção dos dados

Obtiveram-se com a CENIBRA em meio digital as curvas de nível espaçadas de 10 m, hidrografia e uso atual das áreas de estudo (base novembro de 2005). Foram gerados modelos digitais de elevação (MDEs) com resolução de 10 x 10 m dessas áreas, utilizando-se o *Topogrid*, módulo de interpolação do software ARC/INFO Workstation (ESRI, 1997). Atributos topográficos, como declividade, orientação da vertente, curvatura, escoamento superficial acumulado e distância euclidiana aos cursos d'água, foram derivados do MDE, na mesma resolução, utilizando-se ferramentas disponíveis no *Spatial Analyst Tools*, ArcToolbox, software ArcMap 9.0 (ESRI, 1997).

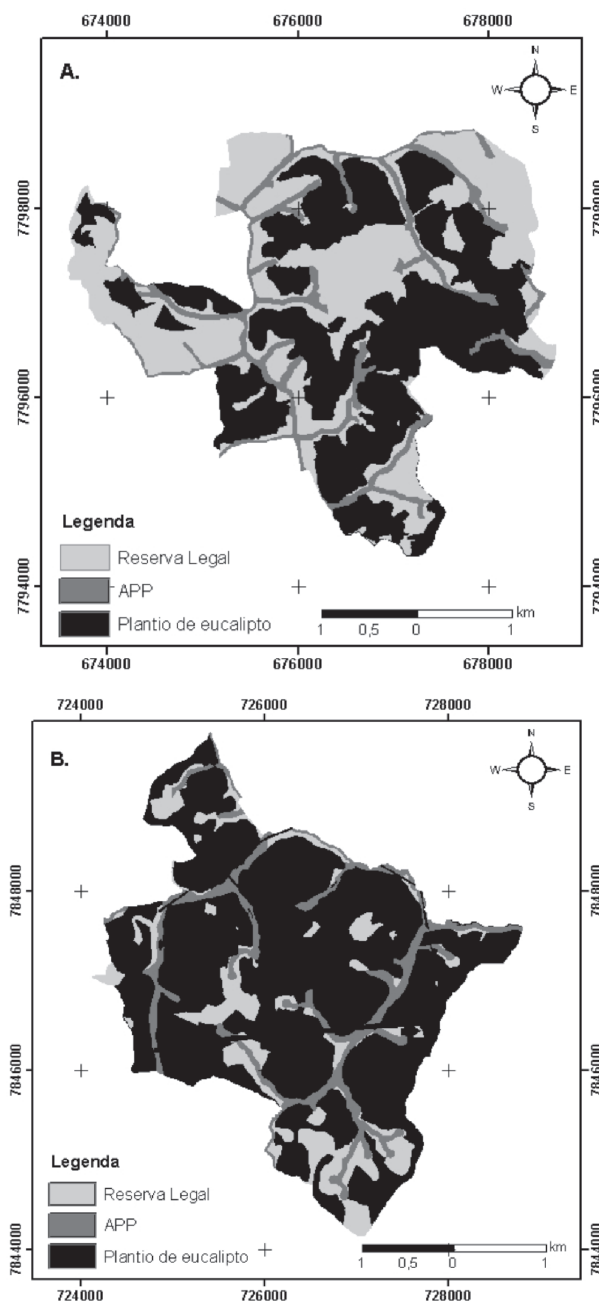


Figura 1 – Mapa de uso atual das duas áreas estudadas, contemplando as florestas nativas, representadas pelas Reservas Legais (RL) e Áreas de Preservação Permanente (APP), e plantios de eucalipto. A. Florália, B. Jatobá I.

Figure 1 – Land use in the two study areas, comprising the native forests, represented by Legal Reserves and Permanent Preservation Areas, and eucalyptus plantations. A. Florália, B. Jatobá I.

A declividade foi obtida em porcentagem e classificada em sete classes, baseadas no critério de divisão de fases de relevo proposto por Embrapa (2006) e adicionando-se uma classe para eventualmente agrupar as células com declividade superior a 100% que, por lei (Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002), são Áreas de Preservação Permanente (APP): plana (0 - 3%); suave ondulada (3 - 8%); ondulada (8 - 20%); forte ondulada (20 - 45%); montanhosa (45 - 75%); escarpada (75 - 100%); e APP (>100%). A orientação da vertente foi derivada em graus, havendo uma notação específica para cada classe: plana (< 3% de declividade); Norte (0 - 45° ou 315 - 360°); Leste (45 - 135°); Sul (135 - 225°); e Oeste (225 - 315°). Convencionou-se considerar planas as mesmas áreas assim classificadas anteriormente (declividade inferior a 3%), pelo fato de sofrerem menor influência da face de exposição.

Como o mapa de solo fornecido pela empresa, em janeiro de 2006, contemplava somente as áreas de plantio de eucalipto, no período de janeiro a março de 2006 foi realizado o levantamento pedológico das áreas de floresta nativa mediante visitas a campo, para descrição dos perfis e coleta de amostras de solos. Foram coletadas amostras de quatro perfis, sendo um em Jatobá I e três em Florália, de modo a complementar o mapa de solos

dessas áreas. O material coletado foi seco ao ar, destorroado e peneirado em peneira de malha de 2 mm, para obter a terra fina seca ao ar (TFSA), que foi submetida a análises físicas e químicas de rotina (EMBRAPA, 1997), para a determinação dos teores de areia grossa, areia fina, silte e argila, de pH em água (relação solo:solução de 1:2,5); fósforo, sódio e potássio trocáveis (Extrator Mehlich-1); cálcio, magnésio e alumínio trocáveis (KCl 1 mol L⁻¹ na relação 1:10); ferro (HCl 0,5 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹ - Mehlich-1, na proporção 1:10); H + Al (Extrator acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ na relação 1:10 e pH 7,0); carbono orgânico (método de Walkley-Black); e fósforo remanescente (ALVAREZ V. et al., 2000).

As unidades de mapeamento foram classificadas de acordo com Embrapa (2006). Em seguida, as classes de solos foram agrupadas levando-se em conta algumas propriedades como profundidade, cor, pedregosidade, drenagem, fertilidade e risco de erosão (Tabela 1).

Desenvolveu-se um método de segmentação automática das formas de relevo. Nesse processo, combinaram-se atributos topográficos derivados do MDE, como declividade, curvatura, escoamento superficial acumulado e distância euclidiana aos cursos d'água, para identificação de quatro unidades

Tabela 1 – Características gerais dos grupos de solos.

Table 1 – General characteristics of the soil groups.

Grupo	Classes de solo		Características Gerais
	Florália	Jatobá I	
Plintossolos	-	FFcd ^{1/}	Solos que apresentam expressiva plintização, ou seja, segregação do ferro em ambiente úmido formando mosqueados avermelhados.
Cambissolos Háplicos	CXbd1, 2, 3 ^{2/}	CXbd1, 2, 3, 4 ^{2/}	Solos pouco desenvolvidos e rasos, com baixa capacidade de armazenamento de água.
Latossolos Vermelho-Amarelos e Vermelhos	LVd ^{3/}	LVAw ^{4/} , LAw1, LAw2 ^{5/}	Solos muito intemperizados, profundos e de boa drenagem, avermelhados e vermelhos, com melhor infiltração e menor risco de erosão que o anterior.
Cambissolos Flúvicos	CUbd ^{6/}	CUbd ^{6/}	Solos formados sob influência de sedimentos de natureza aluvionar, adensados, com lençol freático elevado e moderadamente/imperfeitamente drenados, de melhor fertilidade que os demais.
Neossolos Litólicos	RLd ^{7/}		Solos muito rasos, que apresentam contato lítico típico (material mineral extremamente resistente subjacente ao solo) ou fragmentário (material endurecido subjacente ao solo fragmentado) dentro de 50 cm da superfície do solo.

^{1/} Plintossolo Pétrico Concrecionário Distrófico; ^{2/} Cambissolos Háplicos Tb Distróficos ou Eutróficos típicos; ^{3/} Latossolo Vermelho Distrófico típico; ^{4/} Latossolo Vermelho-Amarelo Ácrico típico; ^{5/} Latossolos Vermelhos Ácricos típicos; ^{6/} Cambissolo Flúvico Tb Distrófico típico; e ^{7/} Neossolo Litólico Distrófico típico.

morfológicas: topos de morros, planícies fluviais e terraços, encostas côncavas e encostas convexas. A metodologia utilizada foi modificada de Ramilo (2002) e não apresentou relação direta com a determinação de Áreas de Preservação Permanente, já que os topos de morro são todas as áreas com baixos valores de escoamento superficial acumulado e os terraços e planícies fluviais são os locais com declividades menores que 10% e que não foram definidas pelos “grids” de curvatura como encostas côncavas ou convexas.

2.3. Cruzamento das variáveis abióticas com o uso atual dos solos

Obteve-se da Cenibra o mapa de uso atual de Florália e Jatobá I (base novembro de 2005), que apresentava os locais com plantio de eucalipto e as áreas destinadas à preservação. Foi realizada a operação de Tabulação Cruzada, de modo que os valores das variáveis ambientais (altitude, declividade, orientação da vertente, posição na paisagem e grupos de solos) formassem as linhas e as classes de uso atual (fragmentos de floresta nativa ou plantios de eucalipto) constituíssem as colunas da tabela gerada nesse procedimento.

A tabela de contingência resultante retornou a área (número de células) que cada classe das variáveis analisadas ocupava em cada um dos usos do solo. Foi realizado o teste de Qui-Quadrado para verificar se a frequência absoluta observada de uma variável era significativamente diferente da distribuição de frequência absoluta esperada. Nesta análise, considerou-se como o “esperado” que se mantivessem as porcentagens de fragmentos de floresta nativa e plantios de eucalipto em cada classe das diferentes variáveis abióticas avaliadas. Tomando a declividade para um exemplo,

como em Florália têm-se 51,9% de áreas protegidas, e o esperado é que haja aproximadamente essa proporção de fragmentos florestais em cada uma das sete classes de declividade estabelecidas.

Com o teste de Qui-Quadrado, avaliou-se a hipótese de que o uso atual é dependente das variáveis analisadas, ou seja, a área em estudo foi mantida para preservação ou convertida para plantações de eucalipto pelas características do relevo ou dos solos nas quais se encontravam. Toda a análise estatística foi procedida de acordo com Zar (1999).

3. RESULTADOS

O teste de Qui-Quadrado foi significativo para todas as variáveis ambientais analisadas (declividade, orientação da vertente, posição na paisagem e grupos de solos) nas duas áreas estudadas, no nível de 5% de probabilidade (Tabela 2). Logo, a distribuição das áreas de floresta nativa é não aleatória, ou seja, a localização dessas florestas segue alguma tendência em função das características do relevo e dos solos nas quais se encontravam.

Em Florália, as florestas nativas estavam bem distribuídas nas diferentes classes de declividade, observando-se que nas classes escarpada, suave ondulada e montanhosa havia a predominância de florestas nativas sobre o esperado (Figura 2a). Em Jatobá I, as florestas nativas ocorriam acima de duas vezes mais que o esperado nas classes de declividade plana e suave ondulada (Figura 2b). As florestas nativas também predominavam na classe que correspondia às Áreas de Preservação Permanente – APPs (> 100% de declividade), ocupando quase 94% dessa classe.

Tabela 2 – Valores de Qui-Quadrado calculados das diferentes variáveis abióticas nas áreas estudadas e respectivos valores esperados.

Table 2 – Chi-Square values calculated to different abiotic variables in the study areas and respective expected values.

Variáveis	Áreas de estudo		Valores esperados	
	FLO ^{1/}	JT1 ^{2/}	GL ^{3/}	$\chi^2_{0,05, GL}$
Declividade	-	6.951,6	12	21,026
	227,7	-	10	18,307
Orientação simplificada	2.413,5	3.024,8	8	15,507
Posição na paisagem	2.868,7	11.099,8	6	12,592
Grupos de solos	10.982,8	12.902,9	6	12,592

^{1/}Florália; ^{2/}Jatobá I, ^{3/}Graus de liberdade: podem variar caso a frequência de células em uma ou mais classes predefinidas seja zero.

^{1/}Florália; ^{2/}Jatobá I, ^{3/}Degrees of freedom may vary when cell frequency in one or more predefined cells is zero.

As proporções esperadas para cada classe de declividade discriminada nesta pesquisa não levaram em consideração a legislação ambiental. O esperado segundo a lei seria de que 100% dessa classe estivesse com florestas nativas. Contudo, a porcentagem encontrada pode ser considerada aceitável devido a eventuais erros de campo na alocação dessas APPs e, mesmo, do próprio MDE.

Apesar de algumas diferenças com relação à porcentagem esperada, a distribuição das classes de orientação era bastante homogênea. Em Florália, as florestas nativas ocorriam em proporção cerca de 10% mais que a esperada na face Sul, enquanto os plantios de eucalipto se encontravam em maior proporção voltados para o Norte (Figura 3a). Em Jatobá I, por sua vez, as florestas nativas estavam ligeiramente mais presentes que o esperado na face Leste, além de ocorrerem em maior proporção que os plantios de eucalipto nas áreas planas (Figura 3b).

As florestas nativas estavam mais associadas aos terraços e planícies fluviais e às encostas côncavas das duas áreas, o contrário acontecendo para os topos de morros e encostas convexas, onde predominavam os eucaliptais (Figura 4 a, b). As áreas protegidas

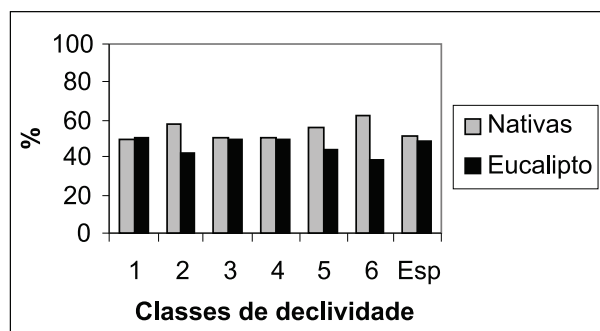
ocorriam 1,9 e 3,6 vezes mais que o esperado nos Cambissolos Flúvicos de Florália e Jatobá, respectivamente. Nos plantios de eucalipto, predominava o grupo dos Latossolos, em proporção superior à esperada (Figura 5 a, b).

4. DISCUSSÃO

4.1. Representatividade espacial das variáveis ambientais

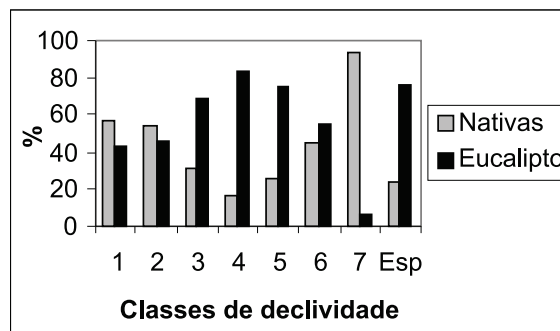
Observou-se restrição do plantio de eucalipto tanto nas menores quanto nas maiores classes de declividade. Nas áreas muito inclinadas, isso pode ser devido à dificuldade de acesso e à restrição legal de plantio nas áreas com declividades superiores a 100%. Já nas áreas menos declivosas, que se encontravam principalmente nas áreas de baixadas e topos de morros, as restrições eram principalmente relacionadas à proteção de Áreas de Preservação Permanente (Código Florestal – Lei nº 4.771/1965; Resolução CONAMA nº 303/2002).

Verificou-se que as florestas nativas ocorriam em proporção maior que a esperada nas faces de exposição Sul e Leste (mais úmidas) e os eucaliptais, nas faces Norte e Oeste, apesar de essa tendência ser pouco



	1	2	3	4	5	6
	Área (ha)					
Nativas	6,1	30,1	134,5	329,0	116,2	3,8
Eucalipto	6,3	22,3	131,9	316,5	94,2	2,4

a.



	1	2	3	4	5	6	7
	Área (ha)						
Nativas	10,0	26,0	46,4	95,9	91,2	13,7	2,1
Eucalipto	7,4	22,1	104,2	484,0	267,7	17,1	0,1

b.

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

Figure 2 – Slope degree classes distribution between native forest areas and eucalyptus plantations in: a. Florália; b. Jatobá I. Slope classes: 1 = flat; 2 = lightly flat; 3 = wavy; 4 = strongly wavy; 5 = Hilly; 6 = Steep; and 7 = Very steep (Permanent Preservation Areas). Esp = expected %.

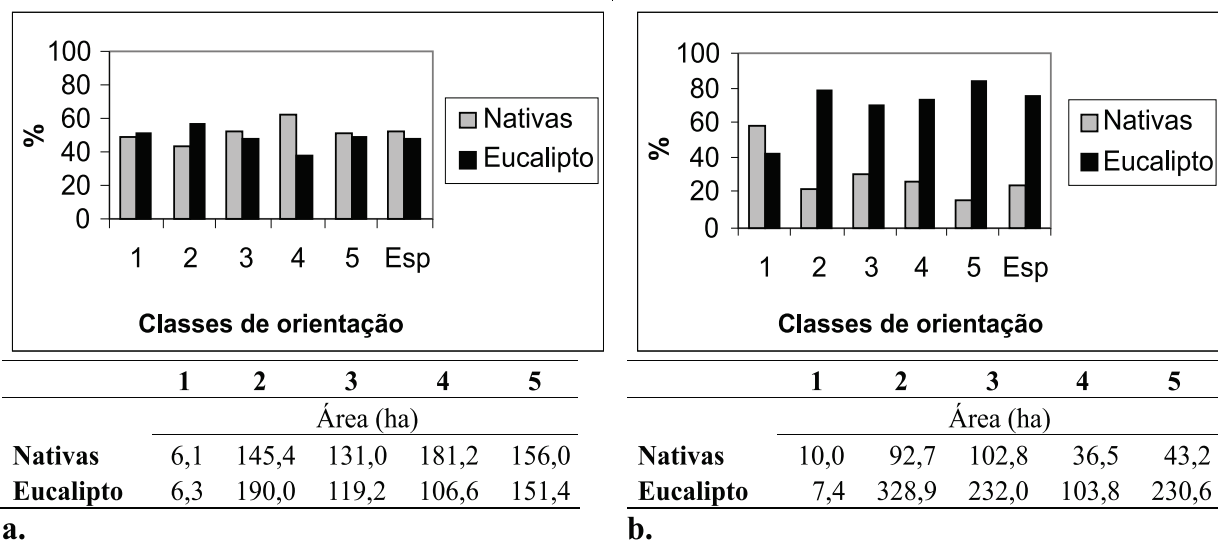


Figura 3 – Distribuição das classes de orientação entre florestas nativas e eucaliptais em: a. Florália e b. Jatobá I. Classes de orientação: 1 = Áreas planas com declividade inferior a 3%; 2 = Norte; 3 = Leste; 4 = Sul; e 5 = Oeste. Esp = Porcentagem esperada.

Figure 3 – Aspect classes distribution between native forest areas and eucalyptus plantations in: a. Florália; b. Jatobá I. Aspect classes: 1 = Flat areas with slope degrees lower than 3%; 2 = North; 3 = East; 4 = South; and 5 = West. Esp = expected %.

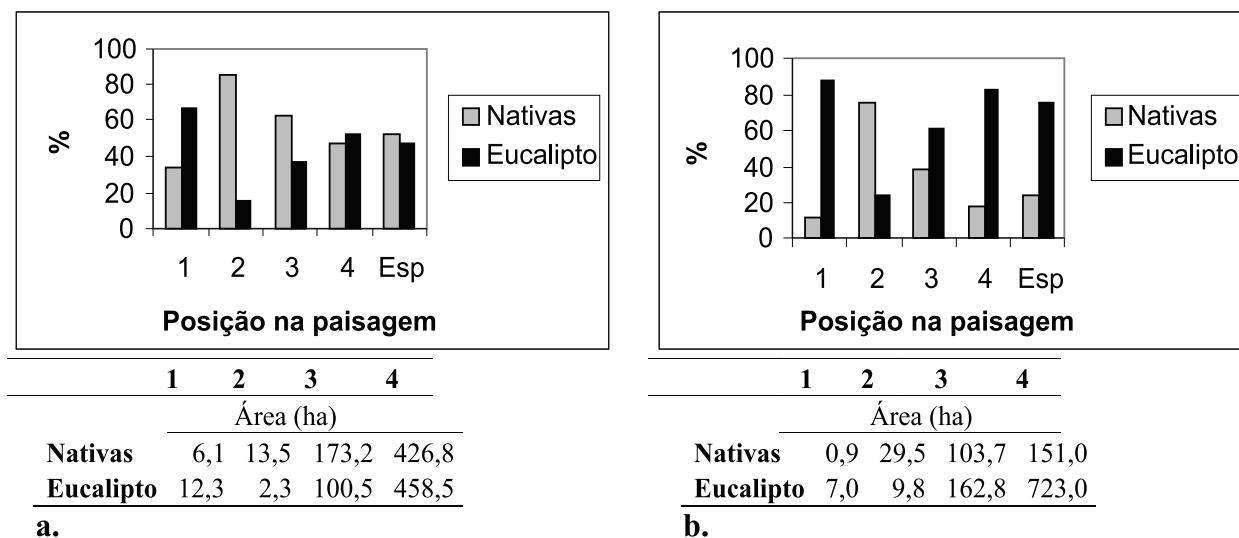


Figura 4 – Distribuição das diferentes posições na paisagem entre florestas nativas e eucaliptais em: a. Florália e b. Jatobá I. Posição na paisagem: 1 = Topos de morros; 2 = Planícies e terraços fluviais; 3 = Encostas côncavas; e 4 = Encostas convexas. Esp = Porcentagem esperada.

Figure 4 – Landscape position distribution between native forest areas and eucalyptus plantations in: a. Florália; b. Jatobá I. Landscape position: 1 = Hill-top; 2 = Terraces and fluvial plains; 3 = Concave slopes; and 4 = Convex slopes. Esp = expected %.

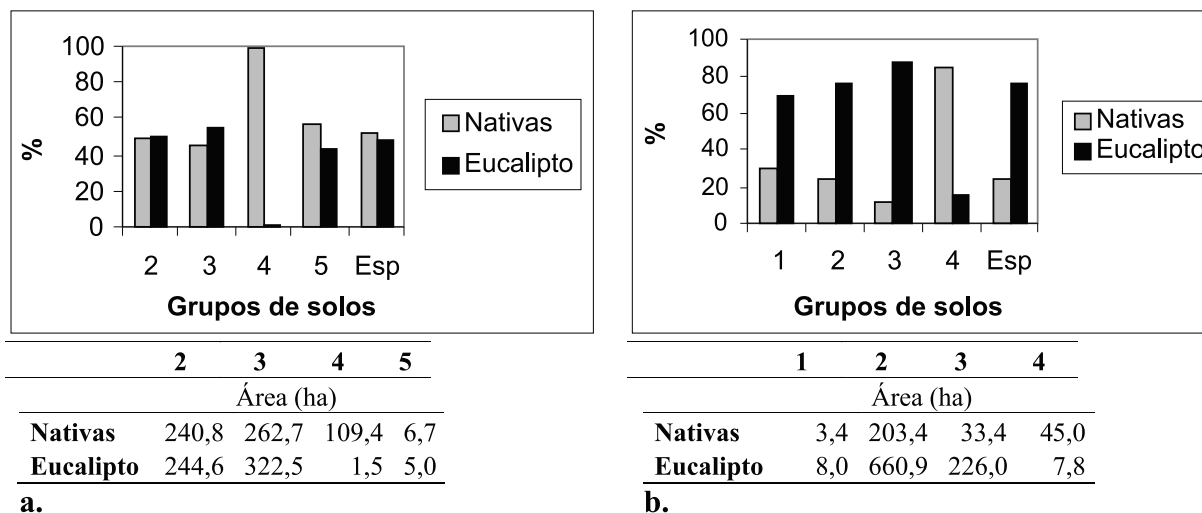


Figura 5 – Distribuição dos grupos de solos entre florestas nativas e eucaliptais em: a. Florália e b. Jatobá I. Grupos de solos: 1 = Plintossolos; 2 = Cambissolos Háplicos; 3 = Latossolos Vermelho-Amarelos e, ou, Vermelhos; 4 = Cambissolos Flúvicos; e 5 = Neossolos Litólicos. Esp = Porcentagem esperada.

Figure 5 – Soil groups distribution between native forest areas and eucalyptus plantations in: a. Florália; b. Jatobá I. Soil groups: 1 = Plinthosols; 2 = Haplic Cambisols; 3 = Red-Yellow Latosols and/or Red Latosols; 4 = Fluvic Cambisols; and 5 = Lithic Neosols. Esp = expected %.

representativa. No hemisfério Sul, áreas voltadas para a face Norte recebiam mais radiação solar ao longo do ano. Já áreas voltadas para a face Oeste recebem mais radiação vespertina, que contribui para tornar o microclima da encosta mais seco e para aumentar a evapotranspiração das plantas, podendo ocasionar estresse hídrico, sobretudo nos meses mais secos do inverno. Segundo Hartung e Lloyd (1969), as áreas compreendidas entre os azimutes 157,5 e 292,5 (Sul, Sudoeste e Oeste) constituem exposições menos produtivas.

A predominância de florestas nativas nas áreas de baixadas, que possuem relevo mais plano e solos de melhor fertilidade natural, pode ser explicada em função da legislação ambiental que protege as matas ciliares, bem como das características físicas dos solos que ocorrem nessas áreas e do lençol freático mais superficial. Esses fatores contribuem para a diminuição da produtividade do eucalipto nessa posição da paisagem, apesar de maiores concentrações de nutrientes nas plantas das baixadas (TEIXEIRA, 1987). Segundo Santana (1986), 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 solos com maior densidade ($> 1,34 \text{ g/cm}^3$) e consequente dificuldade de drenagem.

As encostas côncavas, onde as florestas nativas ocorre em proporções acima das esperadas, são concentradoras de água e nutrientes no sistema, pela convergência proporcionada pela sua forma. Nessas encostas há 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 de as áreas de pedofoma côncava serem consideradas mais produtivas. Contudo, dificuldades operacionais podem restringir o plantio de eucalipto nas encostas côncavas.

Os eucaliptais predominam no grupo dos Latossolos, que ocorrem nos topos e encostas convexas, são profundos, com boa capacidade de infiltração e armazenamento de água, características favoráveis ao crescimento do eucalipto. Entretanto, eles apresentam elevados teores de alumínio trocável e baixo pH, além de baixa fertilidade. De acordo com Santana (1986), essas características não constituem grande empecilho ao desenvolvimento de muitas espécies

de eucalipto, que possuem sistema radicular extenso e vigoroso, capaz de explorar grandes volumes de solo, e apresentam baixa exigência nutricional quando comparadas com outras culturas e tolerância a níveis elevados de alumínio (BARROS et al., 1982). As florestas nativas, por sua vez, ocorrem acima do esperado em áreas de terraços e planícies fluviais e no grupo dos Cambissolos Flúvicos, o que também pode ser explicado pela proteção legal das matas ciliares.

4.2. Implicações para a conservação da biodiversidade

O ponto mais marcante observado neste estudo foi a “superproteção” das áreas ribeirinhas, caracterizadas pelas menores declividades, pela posição da paisagem de terraços e planícies fluviais e pela presença de Cambissolos Flúvicos. Essas áreas podem sustentar populações consideráveis de espécies da fauna e da flora, sobretudo pela maior disponibilidade e proximidade de água.

Ressaltando a importância da preservação de ambientes ribeirinhos, Colli et al. (2005) afirmaram que existem algumas espécies de borboletas e aves que ocorrem apenas em áreas de baixadas, taquarais e grotas. Ribon (2003), relacionando a incidência e abundância de aves no Sudeste de Minas Gerais com a topografia, 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 desses sítios. Martins et al. (2006) correlacionaram formações florestais denominadas Ipucas com solos permanente ou periodicamente saturados de água, afirmando que a drenagem artificial deles conduziria ao desaparecimento das Ipucas.

Devido à menor proteção das áreas com menor disponibilidade de água, as populações de espécies não tolerantes a situações de alagamento ou lençol freático elevado podem, no entanto, estar sendo sub-representadas. Pinto et al. (2005), em estudo da correlação de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de umidade do solo, constataram a ocorrência de 33 espécies exclusivas do gradiente de maior umidade, das 110 encontradas em toda a bacia do ribeirão Santa Cruz, em Lavras, MG, demonstrando, assim, a especificidade do ambiente de entorno das nascentes e cursos d’água.

Apesar da melhor distribuição das florestas nativas e eucaliptais nas diferentes faces de exposição, é importante salientar que esse também é fator-chave na distribuição de algumas espécies. Há alguns estudos que comprovam a ocorrência de diferentes comunidades de espécies vegetais de acordo com a face de exposição, como é o caso do estudo realizado por Resende (1986). Esse autor observou capões de mata em região de Cerrado no Alto Jequitinhonha, MG, apenas nas encostas voltadas para o Leste, por estas serem mais úmidas.

Pode-se inferir que, caso determinado tipo de habitat seja sub-representado numa rede de reservas, as espécies mais associadas a ele podem ter o tamanho de suas populações reduzido ou, mesmo, ser extintas localmente. Assim, sobretudo no planejamento de novas áreas, devem ser privilegiadas áreas de vegetação nativa que aumentem a heterogeneidade espacial da paisagem e considerem feições ecogeográficas únicas, que podem ser de vital importância para a manutenção das populações de determinadas espécies (COLLI et al., 2005).

Pelo fato de as reservas legais constituírem áreas que precisam ser protegidas dentro da propriedade (20% da área da propriedade, no bioma Mata Atlântica) e não seguirem critérios de localização predefinidos por lei, como as Áreas de Preservação Permanente, elas podem ser alocadas de modo a aumentar a representatividade da paisagem, por meio de critérios de zoneamento ambiental. O Código Florestal estabelece critérios de zoneamento que são indispensáveis à representatividade da reserva legal. O artigo 16 dessa lei, em seu parágrafo 4º, exige que a localização da reserva legal seja aprovada pelo órgão ambiental competente, considerando-se no processo de aprovação a função social da propriedade e critérios e instrumentos existentes, como o plano de bacia hidrográfica; o plano-diretor municipal; o zoneamento ecológico-econômico; outras categorias de zoneamento ambiental; e a proximidade com outra Reserva Legal, Área de Preservação Permanente, unidade de conservação ou outra área legalmente protegida.

Conclui-se, assim, que os fragmentos florestais remanescentes e os plantios de eucalipto estão associados às variáveis ambientais estudadas, no caso declividade, orientação da vertente, posição na paisagem e grupos de solos. Porém, ainda restam dúvidas com relação às variáveis ambientais de maior atuação sobre a

distribuição e abundância de espécies. Para tanto, são necessários trabalhos que investiguem a correlação dessas variáveis com aquelas abióticas, como atributos topográficos e pedológicos. É evidente, portanto, que as variáveis ambientais atuam de maneira simultânea e conjuntamente com outras variáveis de caráter biológico, como a síndrome de dispersão das espécies.

5. AGRADECIMENTOS

À CAPES e ao CNPq, pela bolsa de estudo de mestrado concedida; e à CENIBRA – Celulose Nipo-Brasileira S.A., em especial ao engenheiro-agrônomo Fernando Palha Leite e aos engenheiros florestais Dennis Bernardi e Jacinto Moreira de Lana, pela disponibilização de bases de dados utilizadas neste trabalho e pelo apoio logístico.

6. REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A.N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. **Geomorfologia**, N.20, P.1-26, 1970.
- ALVAREZ V., V. H. et al. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo da SBCS**, v.25, p.27-32, 2000.
- BARROS, N. F. et al. Interpretação de análises químicas de solo para crescimento de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, v.6, n.1, p.38-44, 1982.
- 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: UFSC, 1994. 425p.
- COLLI, G. R. et al. A Fragmentação dos Ecossistemas e a Biodiversidade Brasileira: uma Síntese. In: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: 2005. p.317-324.
- 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.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: 2006. 306p.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE - ESRI. ARCGIS DESKTOP HELP. **Software ArcGIS 9.0**. 2005. Programa de computador. Redlands: 1997. 2 CD ROM.
- FERREIRA-JÚNIOR, W. G. et al. Floristic composition of trees in a seasonal semidecious forest in Viçosa, Minas Gerais, and species of greater occurrence in the region. **Revista Árvore**, v.31, n.6, p.1121-1130, 2007.
- 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.
- JENNINGS, M. D. Gap analysis: concepts, methods, and recent results. **Landscape Ecology**, v.15, p.5-20, 2000.
- LIMA, J. A. S. et al. Agrupamento de espécies arbóreas de uma floresta tropical por características de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.1, p.109-116, 2003.
- MARTINS, S. V. et al. Distribuição de espécies arbóreas em um gradiente topográfico de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. **Scientia Forestalis**, n.64, p.172-181, 2003.
- MARTINS, A. K. E. et al. Relações Solo-Geoambiente em Áreas de Ocorrência de Ipucas na Planície do Médio Araguaia - Estado de Tocantins. **Revista Árvore**, v.30, n.2, p.297-310, 2006.

- 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.4, p.793-810, 2000.
- PINTO, L. V. A. et al. 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.; 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.
- PRESSEY, R. L. Ad hoc reservations: forward or backwards steps in developing representative reserve systems? **Conservation Biology**, v.8, p.662-668, 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. 95f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.
- RESENDE, M. Clima do solo: suas relações com o ambiente agrícola. **Informe Agropecuário**, v.12, n.138, p.43-59, 1986.
- RESENDE, S. B.; RESENDE, M. Solos dos mares de morros: ocupação e uso. In: ALVAREZ V., V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. Viçosa-MG: SBCS, 1996. p.261-288.
- RIBON, R. **Aves em fragmentos de Mata Atlântica do sudeste de Minas Gerais: incidência, abundância e associação à topografia**. 2003. 123f. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.
- RIZZINI, C. T. Nota Prévia sobre a divisão Geográfica do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, v.25, n.1, p.3-64, 1963.
- ROUGET, M.; RICHARDSON, D. M.; COWLING, R. M. The current configuration of protected areas in the Cape Floristic Region, South Africa - reservation bias and representation of biodiversity patterns and processes. **Biological Conservation**, v.112, p.129-145, 2003.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. **História ecológica da terra**. São Paulo: Edgard Blucher, 1994. 320p.
- SANTANA, J. A. S. **Efeitos de propriedades dos solos na produtividade de duas espécies de eucalipto na região do Médio Rio Doce-MG**. 1986. 117f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1986.
- SCARIOT, A. et al. Vegetação e flora. In: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: 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. 78f. Tese (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.
- TEIXEIRA, J. L. **Conteúdo de nutrientes e produção de eucalipto em diferentes ambientes do Rio Doce-MG**. 1987. 70f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1987.
- 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.