UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

SALIM CALIL SALIM NETO

INTERAÇÃO ENTRE AMBIENTE E ESPÉCIES NO INTERIOR E NA BORDA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL

JERÔNIMO MONTEIRO - ES
NOVEMBRO – 2011

SALIM CALIL SALIM NETO

INTERAÇÃO ENTRE AMBIENTE E ESPÉCIES NO INTERIOR E NA BORDA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane
Co-orientadores: Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva
Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira

JERÔNIMO MONTEIRO - ES
NOVEMBRO – 2011

Dissertação 039

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Salim Neto, Salim Calil, 1979-
S165i Interação entre ambiente e espécies no interior e na borda de um fragmento de floresta estacional semidecidual / Salim Calil Salim Neto. – 2011.
69 f. : il.

Orientador: José Eduardo Macedo Pezzopane.
Coorientadores: Gilson Fernandes da Silva, Marcos Vinicius Winckler Caldeira.
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Fragmentação na paisagem. 2. Fitogeografia. 3. Comunidades vegetais. 4. Mata Atlântica. 5. Cachoeiro Itapemirim (ES). 6. Análise de correspondência canônica. I. Pezzopane, José Eduardo Macedo. II. Silva, Gilson Fernandes da. III. Caldeira, Marcos Vinicius Winckler. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

CDU: 630

INTERAÇÃO ENTRE AMBIENTE E ESPÉCIES NO INTERIOR E NA BORDA DE UM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL

SALIM CALIL SALIM NETO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 08 de Novembro de 2011

Prof. Dr. Rinaldo Luiz C. Ferreira
Universidade Federal do Pernambuco
Membro Externo

Prof. Dra. Sustanis Horn Kunz
Universidade Federal do Espírito Santo
Membro Interno

Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva
Universidade Federal do Espírito Santo
Membro Interno

Prof. Dr. José Eduardo M. Pezzopane
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

SUMÁRIO

RESUMO ix
ABSTRACT xi
1. INTRODUÇÃO 13
2. OBJETIVOS 15
2.1. OBJETIVO GERAL 15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 16
3.1. FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL 16
3.1.1. Efeito de borda 18
3.2. VARIABILIDADE AMBIENTAL EM ECOSSISTEMAS FLORESTAIS 21
3.2.1. Fatores edáficos 21
3.2.2. Variáveis fisiográficas 22
3.2.3. Índice de área foliar 23
3.3. ANÁLISE DE GRADIENTE 24
3.3.1. Análise de correspondência canônica (CCA) 27
4. MATERIAIS E MÉTODOS 30
4.1. ÁREA DE ESTUDO 30
4.2. ÁREA DE AMOSTRAGEM 32
4.3. CARACTERÍSTICAS DO SOLO E DECLIVIDADE MÉDIA DAS PARCELAS 34
4.4. COLETA DE DADOS PARA A VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF) 34
4.5. ESTUDO DA INTERAÇÃO ENTRE A FITOSSOCIOLOGIA E AS CARACTERÍSTICA AMBIENTAIS DA ÁREA 35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 38
5.1. VARIÁVEIS AMBIENTAIS 38
5.1.1. Declividade média e solo 38
5.1.2. Índice de Área Foliar (IAF) 43
5.2. ANÁLISE DA INTERAÇÃO ENTRE AMBIENTE E ESPÉCIES 45
6. CONCLUSÕES 63
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 64

Aos meus filhos Cícero e Bento, amores da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Espírito Santo e ao Departamento de Engenharia Florestal pela oportunidade oferecida.

À Floresta Nacional (FLONA) Pacotuba pela permissão concedida para trabalhar em sua área.

Ao Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IEMA por conceder horário especial que possibilitou o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, especialmente aos professores Maria da Graça e Geraldo Reis, pelo empréstimo dos analisadores de dossel LAI 2000.

Ao professor José Eduardo Macedo Pezzopane pela orientação segura, precisa e, sobretudo, eficiente.

Aos professores Gilson Fernandes da Silva e Marcos Vinícius Winckler Caldeira pelos conselhos valiosos.

Aos membros da banca examinadora Prof. Dr. Rinaldo Luiz C. Ferreira e Profª. Dra. Sustanis Horn Kunz pelas sugestões finais.

Aos novos amigos: Leonardo, Otávio (Pincel) e Rafael (Ipatinga); à república Cachorrão e ao colega Edmundo que me acolheram na cidade de Alegre/ES.

À equipe do Laboratório de Ecologia do Departamento de Engenharia Florestal da UFES e demais colegas do NEDTEC: David (Davizera), Valéria, João Vitor, Talita, João Paulo (Sorriso), Tessa, Danilo, Hebert, Leonardo e Rafael (Ipatinga), pela convivência e ajuda incondicional no trabalho de campo.

Aos meus pais, José Marcos Calil Salim e Núbia Mara Pitanga Calil Salim, que não mediram esforços para me apoiar.

À minha amada esposa Danielle Cristine Silva Pereira pelo incentivo, apoio e paciência carinhosamente transmitidos a mim.

BIOGRAFIA

SALIM CALIL SALIM NETO, filho de José Marcos Calil Salim e Núbia Mara Pitanga Calil Salim, nasceu em Vitória/ES em 21 de fevereiro de 1979.

Concluiu o 2º grau em Vitória/ES, no Colégio Salesiano e graduou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa em março de 2003.

Em abril de 2005, concluiu pós-graduação *lato sensu* em Gestão Ambiental pela UFES. Nesta época trabalhava na área de arborização urbana na Prefeitura Municipal de Vitória/ES.

Durante o período de junho de 2006 a setembro de 2007 trabalhou no Departamento de Controle Ambiental na Prefeitura Municipal de Serra/ES. Posteriormente, no período de outubro de 2007 a junho de 2009, prestou serviço na área de gestão de SMS na Petrobrás.

Em junho de 2009 foi nomeado para o cargo de Analista de Meio Ambiente e Recurso Hídricos no IEMA onde atua como Engenheiro Florestal. Em agosto deste mesmo ano ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais na UFES, submetendo a dissertação para defesa no dia 08 de novembro de 2011.

RESUMO

SALIM NETO, Salim Calil. **Interação entre ambiente e espécies no interior e na borda de um fragmento de floresta estacional semidecidual.** 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane. Co-orientadores: Prof. Dr. Gilson Fernandes da Silva e Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira.

O presente estudo objetivou analisar a distribuição de 40 espécies arbóreas que apresentaram maior densidade absoluta dentro de um gradiente ambiental borda-interior de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual. O fragmento estudado possui 119 ha e está situado na FLONA de Pacotuba, localizada no município de Cachoeiro de Itapemirim-ES, sudeste do Brasil. As variáveis ambientais utilizadas foram: saturação por Al, saturação por base, umidade do solo, índice de área foliar (IAF) e declividade média. Os dados foram coletados em 39 parcelas permanentes, sendo 27 (10x30m) ao longo da borda do fragmento e 12 parcelas (40x50m) no interior do fragmento. Estas parcelas são as mesmas utilizadas na avaliação da fitossociologia deste fragmento, cujos dados de densidade absoluta foram aproveitados neste estudo. A caracterização da fertilidade do solo foi realizada na profundidade de 0-20 cm, de onde foi retirada a amostra para análise e obtenção da saturação de base e da saturação por Al. A umidade do solo foi obtida pelo método gravimétrico, sendo o solo coletado no período seco (Setembro/10). O Índice de Área Foliar foi medido por método não destrutivo, por meio de dois sensores LAI-2050, conectados a "dataloggers" LAI-2000, da marca LI-COR. Como se trata de Floresta Estacional Semidecidual, o IAF foi obtido em duas épocas distintas, uma no período seco (Setembro/2010) e outra no período chuvoso (Março/2011). A declividade média foi determinada por meio de inclinômetro. Para avaliar a diferença entre o ambiente de borda e o interior do fragmento, os resultados obtidos das variáveis ambientais foram analisados pelo teste t de Student, para o nível de significância de 5%. Para analisar a interação ambiente-espécies na borda e no interior do fragmento, foi aplicada análise de correspondência canônica (CCA), por meio do programa CANOCO, e utilizado o teste de permutação de Monte Carlo para verificar a significância dos resultados. Para as variáveis edáficas, verificou-se pelo teste *t* de Student, que não há diferença estatisticamente significativa entre o ambiente de borda e interior do fragmento ao nível de 5% probabilidade, enquanto para o IAF e a declividade média, ao mesmo nível de probabilidade, houve diferença estatisticamente significativa, o que indica que o fragmento estudado possui uma heterogeneidade maior entre borda e interior em relação ao relevo e à disponibilidade de radiação solar. Os dois primeiros eixos de ordenação obtidos pela CCA para as 40 espécies de maior densidade absoluta explicaram 64,5% da variância observada e houve significância pelo teste de Monte Carlo ($P<0,01$). O primeiro eixo, que explica 36,4% da variância observada, apresentou maior correlação com as variáveis edáficas, enquanto o 2º eixo de ordenação se correlacionou de forma mais significativa com o IAF e declividade

média. No entanto, no presente estudo verificou-se que das 40 espécies de maior densidade absoluta, onze foram observadas em maior proporção na borda, outras onze no interior do fragmento e 18 espécies foram observadas de forma proporcionalmente semelhante nos dois ambientes. Com isso, para se ter uma melhor compreensão a respeito da interação ambiente-espécies na borda e no interior do fragmento, aplicou-se mais duas análises de correspondência canônica. A primeira considerando as 22 espécies que foram observadas preferencialmente em um dos ambientes, e a segunda CCA envolvendo as 18 espécies consideradas neste estudo como generalistas. De acordo com os resultados, verificou-se que as 18 espécies generalistas estiveram sob influência maior da saturação por base e saturação por Al, enquanto o grupo de espécies que apresentaram preferência por um dos ambientes teve uma forte correlação com o IAF e umidade do solo, indicando que para estas espécies a disponibilidade ou restrição de radiação solar no ambiente fornece condições adequadas para o devido estabelecimento da espécie.

Palavras-chave: *fragmentação na paisagem, fitogeografia, comunidades vegetais, Mata Atlântica, Cachoeiro de Itapemirim (ES), análise de correspondência canônica.*

ABSTRACT

SALIM NETO, Salim Calil. **Specie-environmental interaction on the edge and inside in a Fragment Semideciduous Forest.** 2011. Dissertation (Master's degree on Forest Science) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Adviser: Prof. Dr. José Eduardo Macedo Pezzopane. Co-adviser: Prof. Dr. Gílson Fernandes da Silva e Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira.

This study aimed to analyze the distribution of 40 tree species with the highest absolute density within an environmental gradient edge-inside a semideciduous forest fragment. The fragment studied has 119 ha and is situated in the Pacotuba National Forest, located in the municipality of Itapemirim-ES, southeastern Brazil. The environmental variables used were: Al saturation, base saturation, soil moisture, leaf area index (LAI) and average slope. Data were collected in 39 permanent plots, and 27 (10x30m) along the edge of the fragment and 12 plots (40x50m) inside the fragment. These plots are the same used in the evaluation of phytosociology of this fragment, whose absolute density data were used in this study. The characterization of soil fertility was held at a depth of 0-20 cm, where the sample was removed for analysis and acquisition of base saturation and Al saturation. Soil moisture was obtained by the gravimetric method, and the soil was collected in the dry season (Setembro/10). The Leaf Area Index was measured by non-destructive method, using two LAI-2050 sensors, connected to "dataloggers" LAI-2000, LI-COR brand. As this is semideciduous forest, the IAF was obtained in two different periods, one in the dry season (September/2010) and another in the rainy season (March/2011). The average slope was determined by inclinometer. To evaluate the difference between the inside and edge of the fragment, the results of the environmental variables were analyzed by Student's *t* test for the significance level of 5%. To analyze the species-environment interaction on the edge and inside the fragment was applied canonical correspondence analysis (CCA) using CANOCO program, and used the permutation test Monte Carlo to assess the significance of the results. For the variables related to soil, it was found by Student's *t* test, there is no statistically significant difference between the inner and edge of the fragment at the 5% probability, while for the IAF and the average slope at the same level of probability, difference was statistically significant, indicating that the fragment has studied a greater heterogeneity between edge and interior in relation to relief and the availability of solar radiation. The first two ordination axes obtained by the CCA for 40 species of higher mass density explained 64.5% of the variance and significance was observed by Monte Carlo test ($P < 0.01$). The first axis, explaining 36.4% of the variance observed, most correlated with soil variables, while the 2nd ordination axis correlated most significantly with LAI and average slope. However, this study found that of 40 species of higher mass density, eleven were found in greater proportion on the edge, the other eleven in the interior of the fragment and 18 species were observed in a proportionally similar in both environments. Thus, to get a better understanding of the species-environment interaction on

the edge and inside the fragment, were applied two more canonical correspondence analysis. The first considering the 22 species that were observed preferentially in one of the environments, and the second involving the CCA 18 species considered in this study as generalists. According to the results, it was found that the 18 generalist species were higher under the influence of base saturation and Al saturation, while the group of species showing a preference for the environment had a strong correlation with LAI and soil moisture indicating, that for these species, the restricted or availability of solar radiation in the environment provides suitable conditions for the proper establishment of the species.

Keywords: fragmentation in the landscape, phytogeography, plant communities, Mata Atlântica, Cachoeiro de Itapemirim (ES), canonical correspondence analysis.

1. INTRODUÇÃO

A fragmentação florestal ocasionada principalmente por atividades antrópicas (urbanização, agropecuária, dentre outros) é uma das maiores ameaças a biodiversidade do planeta. A Floresta Atlântica que no século XV era uma floresta contínua que se estendia do Rio Grande do Sul ao Rio Grande do Norte, em uma faixa litorânea que atingia os estados do Mato Grosso do Sul e Goiás, hoje está reduzida a apenas 7% de sua cobertura original, se constituindo em um bioma altamente fragmentado. No entanto, esta floresta, apesar de sua fragmentação, ainda é considerada como um dos locais de maior biodiversidade do planeta, sendo classificada como um dos *hotspots* mundiais (Myers, 2000).

O processo de fragmentação cria limites artificiais, conhecidos como borda do fragmento, que faz com que um ecossistema florestal termine de forma abrupta e comece um ecossistema antrópico, na maioria das vezes agropecuário, denominado de matriz. Esta interface entre estes dois ecossistemas traz efeitos adversos provindos da matriz – conhecidos como efeito de borda – que atinge a borda do fragmento e que se estende para dentro da floresta.

A principal conseqüência do efeito de borda é a alteração no microclima da floresta até onde este efeito adverso atinge. O aumento da disponibilidade de radiação solar, o aumento da temperatura do ar e do solo, a diminuição da umidade relativa, o aumento da velocidade do vento e o aumento da taxa de mortalidade e queda de árvores são alguns exemplos de conseqüências provocadas pelo efeito de borda (Laurance et al., 2002).

Esta nova condição microclimática na borda acaba abrindo espaço para que espécies adaptadas a estas condições adversas se estabeleçam, alterando assim a composição e distribuição espacial das espécies no fragmento.

Desta forma, levanta-se a hipótese que a distribuição espacial das espécies vegetais dentro de um fragmento se correlaciona com as variáveis

ambientais, que são plenamente afetadas pelos efeitos adversos provindos do processo de fragmentação. No entanto, vale ressaltar, que efetuar esta correlação se torna complexo em face da gama de variáveis ambientais que se disponibilizam como recursos para que determinada espécie se desenvolva (Oliveira, 1998).

Conforme vários estudos (Oliveira Filho et al., 1994b; Fernandes, 1998; Pezzopane, 2001; Botrel et al., 2002; Cardoso e Schiavini, 2002; Souza et al., 2003; Meira-Neto et al., 2005), dentre as inúmeras variáveis ambientais que condicionam a distribuição das espécies dentro da floresta, pode-se destacar a radiação solar e sua transmissividade pelo dossel da floresta, o relevo e as condições edáficas, como fertilidade e umidade.

Diante deste contexto, justifica-se cada vez mais a necessidade de se obter informações sobre a relação entre a distribuição de espécies e as variáveis ambientais com as quais se relacionam, pois segundo Botrel et al. (2002), conclusões sobre a distribuição de espécies face a variáveis ambientais só devem aproximar de uma generalização após muitas repetições do mesmo padrão em diversas áreas, fazendo com que ações que visam a conservação de fragmentos seja cada dia mais consolidada. Outra justificativa cabível para o presente trabalho é o fato de que para o pleno sucesso de uma restauração florestal, via métodos silviculturais, é importante conhecer minimamente as exigências ambientais que determinadas espécies possuem, para assim poder indicá-las ao plantio.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Estudar a interação entre ambiente e espécies em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, considerando o índice de área foliar (IAF), a umidade e a disponibilidade de nutrientes no solo e o relevo como variáveis ambientais.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o fragmento florestal quanto ao IAF, à disponibilidade de nutrientes e umidade do solo e ao relevo, pontuando as diferenças entre o ambiente de borda e o interior da floresta.
- Caracterizar o padrão de distribuição no fragmento das 40 espécies de maior densidade absoluta, frente às variáveis ambientais estudadas.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL

De acordo com Primack e Rodrigues (2001), a fragmentação do habitat é o processo pelo qual uma grande e contínua área de hábitat é tanto reduzida em sua área, quanto dividida em dois ou mais fragmentos.

O processo de fragmentação do ambiente ocorre naturalmente, no entanto devido às intervenções humanas na natureza este processo vem sendo intensificado ao longo das últimas décadas (MMA/SBF, 2003; Tabarelli et. al., 2005). Desta forma, como conseqüência deste processo, a paisagem se torna altamente fragmentada, na qual ilhas de florestas remanescentes se apresentam isoladas entre si (Delamônica, P; Laurance, W.F; Laurance, S. G., 2001).

A Floresta Atlântica pode ser considerada como um exemplo de fragmentação. De acordo com Dean (1995), a destruição da Mata Atlântica começou no início do século XVI. Esta destruição se deu devido, principalmente, às atividades relacionadas ao desmatamento para extração de madeira e outros produtos florestais, a expansão agropecuária e a expansão urbana e industrial (Mittermeier et. al., 2005).

Devido a sua exploração e ocupação, este Bioma possui atualmente apenas 7,5% de sua cobertura original e, mesmo reduzido a diversos fragmentos, a Floresta Atlântica é reconhecida pela sua alta diversidade biológica, onde se pode encontrar uma taxa de aproximadamente 9 espécies endêmicas de planta por 100 km², tornando-se assim um dos 25 hotspots do planeta (Myers et. al., 2000).

Segundo Viana (1995), na Mata Atlântica a maior parte dos remanescentes florestais encontra-se na forma de pequenos fragmentos, altamente perturbados, isolados, pouco conhecidos e pouco protegidos e é justamente nestes locais onde se encontra a maior parte da biodiversidade.

Os principais fatores que afetam a dinâmica de fragmentos florestais são: tamanho, forma, grau de isolamento, tipo de vizinhança (matriz) e o histórico de perturbações, e estes fatores apresentam relações com fenômenos

biológicos que afetam a natalidade e a mortalidade de plantas (Viana et al., 1992).

Estudos realizados na Amazônia mostram que a riqueza de espécies é positivamente relacionada com o tamanho do fragmento e que florestas intactas contêm mais espécies por unidade de área do que em fragmentos (Laurance et al., 2002).

Viana (1998) em estudo realizado em cinco fragmentos na região de Piracicaba - SP, com a finalidade de definir fragmentos prioritários para a conservação observou que fragmentos de tamanhos semelhantes (9 ha) situados em solos, clima e topografia semelhantes e com intensidade amostral também semelhantes, apresentaram riqueza de espécies arbóreas extremamente diferentes. Com isso, o autor concluiu que o histórico de perturbações é um fator crítico na determinação da riqueza de espécies, o que está intimamente ligado à matriz que circunda o fragmento.

A matriz influencia fortemente a dinâmica dos processos ecológicos dos fragmentos e esta influência é percebida principalmente pela presença de espécies invasoras e oportunistas e por mudanças no microclima do fragmento (Laurance et al., 2002). Fragmentos circundados por florestas em regeneração sentem menos as mudanças em seu microclima (Didham e Lawton, 1999) e ainda possuem diminuição da mortalidade de árvores em sua borda em comparação com fragmentos adjacentes a áreas com pastagem (Mesquita et al., 1999).

No intuito de determinar o efeito da vizinhaça na intensificação do efeito de borda, Viana et al. (1996) compararam a área basal, altura média e número de indivíduos arbóreos a diferentes distâncias da borda de um fragmento localizado em Arapoti/PR, circundado parte com pastagem e parte com plantação de *Pinus.* Com este estudo, demonstraram que as atividades de reflorestamento atenuam o efeito de borda enquanto a parcela da área ocupada por pastagem intensifica este efeito.

Outro fator importante é o grau de isolamento do fragmento que afeta principalmente o fluxo gênico entre fragmentos florestais e, consequentemente, a sustentabilidade de populações naturais. Saunders et al. (1991) afirmam que o tempo de isolamento dos fragmentos, a distância e o grau de conectividade

entre eles são importantes para indicar como se dará a resposta da biota frente a fragmentação do habitat.

Algumas estratégias podem ser adotadas para aumentar a conectividade entre fragmentos e elevar o fluxo gênico, como: (i) o estabelecimento de corredores ecológicos e (ii) o aumento da "porosidade" da matriz, que significa adotar práticas que visam aumentar a diversidade dentro das unidades de manejo (p. ex. sistemas agroflorestais) (Viana, 1998).

A maneira para expressar a forma de um fragmento florestal é por meio do cálculo do fator de forma, que é a relação entre a área do fragmento e o seu perímetro. Este é um parâmetro muito útil para a análise da vulnerabilidade do fragmento a perturbações, especialmente aquelas propiciadas pelo efeito de borda. Quanto mais "alongado" for a forma do fragmento (fator < 0,6) mais vulnerável estará ao efeito de borda em comparação a fragmentos quadrados ou arredondados (Saunders et al., 1991; Viana, 1998).

No entanto, Saunders et al. (1991) salientam que em fragmentos com uma forma alongada encontram-se gradientes ambientais que tendem a conter mais habitats disponíveis do que fragmentos com formato quadrado. Desta forma, estes autores concluem que as características lineares são inerentes à paisagem fragmentada e não há nenhum ganho na tentativa de se achar uma forma ideal para o fragmento. Segundo estes autores, a questão crucial é como manejar determinado fragmento, qualquer que seja sua forma, possibilitando assim garantir a minimização dos efeitos externos adversos.

3.1.1. Efeito de borda

Florestas tropicais que não sofreram perturbações possui, em seu interior, baixa disponibilidade de luz e são úmidas, com temperaturas estáveis, pouca incidência de vento e com uma cobertura de dossel quase contínua. No entanto, quando a mesma sofre processo de fragmentação estas condições são nitidamente alteradas, o que pode afetar negativamente as espécies adaptadas às mesmas (Lovejoy et al. 1986).

A maior conseqüência da fragmentação é o estabelecimento de limites artificiais abruptos, conhecidos como borda, ou seja, cria-se uma interface entre o fragmento e a matriz que a circunda (Laurance, 2004).

O estabelecimento destes limites artificiais provoca danos que se estendem para dentro do fragmento, conhecidos como efeitos de borda, e para entender as causas destes danos, vários estudos têm sido desenvolvidos para tentar elucidar os mecanismos e efeitos ecológicos da fragmentação (Rodrigues e Nascimento, 2006).

A maioria das alterações ambientais provocadas pelo efeito de borda se estende até 100 metros em direção ao interior do fragmento. Entretanto, danos à floresta causados pela ação do vento foram observados até 300 – 400 metros borda adentro (Laurance et al., 2002).

Laurance et al. (2002) pontuam que a borda de um fragmento evolui com o tempo, percebendo-se três fases desta evolução. A primeira fase denominada de isolamento inicial (< 1 ano após a formação da borda); a segunda fase que seria de encerramento da borda (1-5 anos após a formação da borda e; a terceira fase que seria o pós encerramento da borda (> 5 anos após a formação da borda).

Na primeira fase, o gradiente entre a borda e o interior do fragmento é acentuado, onde se observa o aumento do fluxo da radiação solar e do vento penetrando em direção ao interior do fragmento, e consequentemente aumentando a temperatura e a aridez do ecossistema. Desta forma, se verifica um aumento da taxa de mortalidade de árvores neste período (Laurance et al., 2002).

A fase de encerramento da borda se caracteriza por ser um período no qual se prolifera uma vegetação secundária adaptada às novas condições ambientais, que com suas ramificações laterais progressivamente selam a borda. Os gradientes microclimáticos se tornam mais complexos e as plantas próximas à borda morrem ou se adaptam ao novo ambiente (Laurance et al., 2002).

A fase de pós encerramento da borda se caracteriza pela estabilização das mudanças ambientais relacionadas com a borda, embora distúrbios externos ao fragmento possam interromper esta estabilização. Nesta fase se observa a proliferação de lianas que contribuem para a mortalidade de árvores,

e plantas pioneiras recolonizam o ambiente rapidamente, contribuindo para a acumulação de serrapilheira nas áreas próximas à borda (Laurance et al., 2002).

De acordo com Saunders et al. (1991), as mudanças que ocorrem no microclima, que são mais notáveis próximo a borda do fragmento, se referem principalmente à alteração do fluxo de radiação solar, ao aumento da ação do vento e alterações no regime hídrico local.

A alteração do fluxo de radiação solar talvez seja a principal mudança que ocorre com o processo de fragmentação de florestas e o conseqüente efeito de borda.

A substituição da floresta pelo processo de fragmentação propicia alterações no balanço de radiação, fazendo com que durante o dia a superfície – que antes era coberta por vegetação – receba uma carga maior de energia, porém à noite esta energia se perde para a atmosfera com maior intensidade. Esta mudança no balanço de radiação permite que haja uma grande variação na temperatura tanto na superfície quanto nas primeiras camadas do solo (Geiger, 1965).

Devido a esta alteração na temperatura do solo a ciclagem de nutrientes passa a ser afetada, pois a fauna do solo fica suscetível a estas mudanças tendo a suas atividades decompositoras de matéria orgânica do solo comprometidas (Klein, 1989).

Outra conseqüência da alteração do fluxo de radiação apontada por Saunders et al. (1991) é que diferentes conjuntos de espécies podem vir a ocupar o habitat alterado, principalmente espécies pioneiras adaptadas a ambientes com alta incidência de radiação solar (luminosidade).

Um dos efeitos mais óbvios de uma paisagem fragmentada é que os remanescentes são submetidos a um aumento da exposição à ação do vento. Isso pode resultar em danos a vegetação que podem ser originados tanto por uma ação física direta do vento (poda ou queda de árvores) quanto por um aumento da evapotranspiração, que provoca a redução da umidade, o que pode levar a dissecação dos tecidos vegetais (Tranquillini, 1979).

Segundo Lovejoy et al. (1986), em regiões tropicais, o vento proveniente da matriz e que atinge o fragmento tem por característica ser quente e seco. Esta característica do vento tende a imprimir uma condição

ambiental que compromete a regeneração de espécies que dependem de clima e solo úmido para se estabelecerem (Janzen, 1986).

A ação do vento e a consequente queda de árvores dominantes dentro do fragmento resulta ainda em mudanças na estrutura da vegetação, principalmente no que diz respeito à abertura de clareiras onde espécies pioneiras encontram espaço para se regenerar (Saunders et al., 1991).

Saunders et al. (1991) destaca ainda que o aumento da velocidade do vento provoca como efeito secundário a transferência de propágulos e sementes da matriz para dentro do fragmento.

Os efeitos da fragmentação resultam também na modificação do regime hídrico local pela alteração de vários componentes do ciclo hidrológico. Segundo Kapos (1989), a remoção da vegetação proveniente do processo de fragmentação da floresta altera a taxa de interceptação da chuva e da evapotranspiração e, portanto modifica os níveis de umidade do solo.

Um dos principais impactos quanto à modificação do regime hídrico é o aumento do escoamento superficial com o possível aparecimento de processos erosivos próximos a borda (Saunders et al., 1991). Fragmentos em locais íngremes tendem a sofrer mais com estes impactos do que aqueles localizados em superfície mais suaves.

A erosão uma vez provocada altera os padrões de drenagem local e leva a produção de um novo substrato, mais pobre em nutrientes, que acaba por influenciar a invasão e o estabelecimento de espécies menos exigentes dentro do fragmento (Hobbs e Atkins, 1988).

3.2. VARIABILIDADE AMBIENTAL EM ECOSSISTEMAS FLORESTAIS

3.2.1. Fatores edáficos

A formação do solo se dá pela interação do clima, topografia ou relevo, organismos, material de origem (rocha) e tempo (Klar, 1984; Mello et al., 1989).

De acordo com Mello et al. (1989), “o material de origem é o substrato onde agem os demais fatores: o clima principalmente pelos componentes temperatura e umidade, fragmentando a rocha devido às dilatações e contrações e solubilizando os minerais; o relevo ou topografia, alterando o

microclima, a temperatura, e a umidade do corpo em formação, e as perdas e ganhos de materiais; os organismos, inclusive o homem, modificando o meio e, sobretudo, adicionando matéria orgânica e o tempo que nada adiciona nem subtrai, tão somente indica a duração da atividade dos outros fatores".

O solo em sua constituição apresenta três fases distintas: a fase sólida que é formada pelos constituintes minerais e orgânicos; a fase líquida que é conhecida como a solução do solo e a fase gasosa conhecida como "ar do solo" (Mello et al., 1989), e os organismos que vivem no solo e os produtos da atividade dos mesmos, interagindo em todas essas fases, completam o sistema. Assim, a composição química do solo, presente nas três fases, é o resultado da ação dos fatores de formação do solo (Resende et al., 2002).

Por causa desta gama de variáveis que atua na sua formação é possível encontrar diferentes tipos de solo na crosta terrestre, e consequentemente, diferentes ecossistemas que acabam definindo padrões de distribuição das espécies vegetais.

Os solos tropicais têm por característica serem mais desenvolvidos por estarem sujeitos a altas temperaturas e elevadas precipitações pluviométricas, enquanto em regiões mais frias os solos são menos intemperizados (Klar, 1984).

Conforme Camargos et al. (2008), o regime hídrico, o teor de matéria orgânica e o aumento de H+Al são os principais fatores edáficos associados à distribuição de espécies em floresta estacional semidecidual no Parque Estadual do Rio Doce, MG.

Ferreira-Junior et al. (2007), em estudo em Floresta Estacional Semidecidual afirmam que as variáveis do solo como textura, fertilidade e o regime hídrico foram os principais fatores que determinaram os padrões observados de distribuição espacial das espécies arbóreas.

3.2.2. Variáveis fisiográficas

De acordo com Rodrigues et al. (2007), em uma escala local a topografia tem sido considerada como a mais importante variável na distribuição espacial e na estrutura das florestas tropicais, porque ela

corresponde às mudanças nas propriedades do solo, particularmente no regime hídrico e na fertilidade.

Pezzopane (2001) aponta que os fatores fisiográficos influenciam a distribuição das espécies dentro de uma floresta, pois as variações no relevo provocam diferenças microambientais devido às alterações na disponibilidade de radiação solar, no regime hídrico do solo e na disponibilidade de nutrientes.

Lan et al. (2011), trabalhando em uma floresta tropical na China, verificaram que a topografia possui forte influência na distribuição de espécies, pois algumas foram principalmente encontradas em baixadas, enquanto outras espécies ocorriam com maior freqüência nas encostas.

Outro fator relacionado a fisiografia e que pode determinar variações nas condições ambientais dentro de uma floresta é a diferença de altitude, pois a mesma conciliada com a topografia influencia o regime hídrico e a fertilidade no solo (Machado et al., 2008).

3.2.3. Índice de área foliar

O índice de área foliar (IAF) é a projeção máxima de área foliar presente no dossel por área do terreno. Este índice se torna importante porque através dele é possível chegar a conclusões a respeito do dossel de uma determinada floresta, especialmente aos processos ecológicos que ali ocorrem, como: transpiração, interceptação da chuva, deciduidade, fotossíntese e transmitância da radiação solar ao longo do dossel (Maas et al., 1994).

Segundo Jonckheere et al. (2003), o IAF da vegetação depende da composição das espécies, do estágio de desenvolvimento do ecossistema, da sazonalidade, das condições do ambiente e das práticas de manejo.

O IAF varia conforme o ecossistema associado. Segundo Kozlowski et al. (1991), o IAF pode variar de menos de um em regiões áridas até para mais de 20 em algumas populações de coníferas.

O índice de área foliar varia também conforme as condições climáticas do ambiente. Por exemplo, florestas semidecíduas e decíduas, que possuem estação seca e chuvosa bem definidas, acabam tendo uma variação sazonal em relação ao IAF, sendo que se espera o máximo de IAF no período chuvoso e o mínimo no período seco (Maas et al., 1994).

Existem duas categorias principais de métodos para mensurar o índice de área foliar: o método direto ou destrutivo e o indireto ou não destrutivo. O método direto são mais precisos, porém consomem mais tempo, enquanto os métodos não destrutivos são mais práticos, porém menos precisos necessitando de calibrações periódicas realizadas por métodos destrutivos (Jonckheere et al., 2003).

Dentro dos métodos não destrutivos se destaca a utilização do sensor LAI 2000. Como os demais métodos indiretos, o analisador de dossel LAI 2000 estima o índice de área foliar a partir da transmitância da radiação solar através do dossel (Bréda, 2003).

3.3. ANÁLISE DE GRADIENTE

A ocorrência de qualquer espécie dentro de uma floresta se dá conforme a característica do ambiente, que é limitada pelos intervalos dos habitats existentes dentro da mesma (Pickett, 1980; Peet e Loucks, 1977).

Nestes intervalos de habitats, as espécies tendem a ser mais abundantes onde a característica do ambiente a qual estão intimamente associadas tem um valor ótimo. Portanto, a composição da comunidade biótica muda ao longo de um gradiente ambiental, e sua sucessão pode ser tanto em função da variação dos recursos disponíveis no ambiente quanto em função do tempo (Ter Braak e Verdonschot, 1995).

Desta forma, a concepção da divisão de nichos em determinado ambiente florestal, implica na separação das espécies ao longo do gradiente de recursos disponíveis dentro da floresta (Tilman, 1982). Em outras palavras, as espécies tendem a separar os seus nichos de modo a minimizar a competição, e se esta separação é forte com cada espécie encontrando seu ponto ótimo em relação às variáveis ambientais, a composição da comunidade biótica tende a acompanhar esta mudança ao longo do gradiente em uma função unimodal (Gaussiana) (Ter Braak e Verdonschot, 1995).

Ter Braak e Prentice (1988), no intuito de organizar as técnicas existentes para a análise de gradiente, definem que os métodos envolvidos podem ser divididos em três grupos: os métodos lineares; os métodos não-lineares ou método Gaussiano e; os métodos de média ponderada. Após esta

divisão dos métodos, os autores organizam dentro dos mesmos, os tipos de análises que podem ocorrer: regressão, calibração, ordenação e ordenação restrita.

A análise de regressão possibilita o ajuste de curvas para relacionar a ocorrência de espécies com uma ou mais variável ambiental. A calibração se dá quando a relação entre o ambiente e a ocorrência de espécies é conhecida, e se deseja inferir valores às variáveis ambientais a partir da composição das espécies, ou seja se constitui a ser o inverso da regressão (Ter Braak e Prentice, 1988).

A ordenação se constitui em uma análise indireta de gradiente. Um dos objetivos da ordenação é reduzir um grande número de variáveis em poucas variáveis sintéticas, denominadas de eixos ou componentes. Na maioria das técnicas de ordenação, as variáveis sintéticas (eixos) são combinações lineares das medidas originais, e estes eixos permitem indiretamente analisar o gradiente envolvido em determinado estudo (Prado et al., 2002).

De acordo com Ter Braak e Prentice (1988), considera-se ainda um quarto tipo de análise que é a ordenação restrita. Este tipo de ordenação também constrói eixos de variação em toda a composição da comunidade, mas faz de modo a otimizar explicitamente o ajuste dos dados de ocorrência das espécies com os dados das variáveis ambientais adquiridos. Portanto, segundo estes autores, a ordenação restrita combina aspectos da regressão, calibração e ordenação, tornando-se uma generalização da análise direta de gradiente.

Neste contexto é necessário definir qual o melhor método de análise a ser adotado para atingir um determinado objetivo, ou seja, perguntas a respeito de qual modelo de resposta (linear ou unimodal); se é uma análise direta ou indireta; dentre outras perguntas devem ser feitas, pois as respostas destas perguntas levarão às técnicas de estatística multivariada apropriadas para cada tipo de problema envolvido no estudo.

Na Tabela 1, adaptado de Ter Braak e Prentice (1988), é apresentada uma síntese das técnicas disponíveis para análise de gradiente, relacionando cada uma conforme o tipo de análise (regressão, calibração, ordenação e ordenação restrita), o modelo de resposta (linear ou unimodal) e o método de estimação (mínimo quadrado, máxima verossimilhança e média ponderada).

Tabela 1 – Classificação das técnicas de análise de gradiente conforme o tipo de problema, modelo de resposta e método de estimação. Adaptado de (Ter Braak & Prentice, 1988)

	Modelo de resposta linear	Modelo de resposta unimodal	
Tipos de Análises	Mínimos quadrados	Máxima verossimilhança	Média Ponderada
Regressão	Regressão múltipla	Regressão gaussiana	Média ponderada para site score (WA)
Calibração	Calibração linear	Calibração gaussiana	Média ponderada dos scores das espécies (WA)
Ordenação	Análise de componentes principais (PCA)	Ordenação gaussiana	Análise de correspondência (CA)
Ordenação restrita	Análise de redundância (RDA)	Ordenação canônica gaussiana	Análise de correspondência canônica (CCA)

Os métodos, que assumem relações lineares entre variáveis, têm aplicação limitada em ecologia, pois as relações ecológicas em um sentido mais amplo não são lineares, ou seja, as respostas das espécies às variáveis ambientais seguem um padrão Gaussiano. Desta forma os métodos lineares só são recomendados quando o intervalo da variação ambiental no conjunto da amostra se mostra estreita (Ter Braak e Prentice, 1988).

Portanto, ecologistas vêm desenvolvendo métodos alternativos que são essencialmente heurísticos e que podem dar resultados úteis, e ainda serem entendidos como soluções aproximadas àquelas resolvidas pelos métodos estatísticos padrões, porém formuladas em termos de um modelo de resposta unimodal (Gaussiana ou similar) em vez de um modelo linear (Ter Braak e Prentice, 1988).

A média ponderada como método de estimação (*Weighted averaging methods*) para modelos não lineares vem sendo largamente utilizado por

ecologistas. Este método visa maximizar os dados de dispersão das espécies frente aos dados de variáveis ambientais obtidos (Ter Braak, 1986).

A média ponderada de uma determinada distribuição de espécies, em relação à uma variável ambiental é definida por Ter Braak (1986), como a média dos valores daquela variável, encontrada nas parcelas em que as espécies ocorrem, determinando pesos (ponderação) para cada parcela proporcionalmente à abundância de espécies.

Desta forma, a média ponderada indica o centro de uma distribuição de espécies ao longo de uma variável ambiental (Ter Braak e Looman, 1986), e as diferenças na média ponderada entre espécies indicam as diferenças em suas distribuições ao longo da variável ambiental (Ter Braak, 1986).

Dentro deste método, se destaca a análise de correspondência canônica, que em sua constituição assume uma análise de ordenação restrita, sendo uma técnica apropriada para efetuar uma análise direta de gradiente. (Ter Braak e Prentice, 1988).

3.3.1. Análise de correspondência canônica (CCA)

A análise de correspondência canônica é uma técnica multivariada de análise direta de gradiente, desenvolvida de modo que um conjunto de espécies é relacionado diretamente com um conjunto de variáveis ambientais (Ter Braak, 1986).

A CCA identifica uma base ambiental para a ordenação da comunidade, detectando os padrões de variações na composição das espécies que pode ser melhor explicada pelas variáveis ambientais (Ter Braak, 1986).

A lógica da técnica é derivada a partir do momento em que se assume que os dados de dispersão das espécies tem que possuir uma superfície de resposta Gaussiana (forma de sino) com relação a um determinado gradiente ambiental, onde esse gradiente nada mais é que combinações lineares das variáveis ambientais envolvidas no estudo. Ou seja, a CCA busca na combinação linear das variáveis ambientais a maximização da dispersão das espécies (Ter Braak, 1987).

Conforme o nome sugere, CCA é uma extensão da análise de correspondência. Enquanto a análise de correspondência tem por

característica adotar apenas um problema de ordenação, que extrai eixos de variação a partir dos dados de ocorrência das espécies; a análise de correspondência canônica adota um problema de ordenação restrita, pois gera eixos a partir de combinações lineares dos dados conhecidos de variáveis ambientais, o que torna uma técnica de análise direta de gradiente (Ter Braak, 1986; Ter Braak e Prentice, 1988).

Segundo Manly (1994), a CCA é uma técnica de análise direta de gradiente, baseada na análise de correspondência, em que os eixos interpretativos são obtidos dentro do algoritmo interativo de ordenação usando um conjunto de variáveis ambientais. Na realidade, é uma ordenação que considera a restrição extra de que os eixos de ordenação sejam combinações lineares de variáveis ambientais.

A CCA tem sido utilizada em várias pesquisas que buscam estudar as relações entre ambiente e espécies (Oliveira Filho et al., 1994a; Oliveira Filho et al., 1994b; Pezzopane, 2001; Meira-Neto, Martins & Souza, 2005; Carvalho et al., 2007) e ela possui a vantagem, em relação a outras técnicas multivariadas, de possibilitar a realização de teste de significância através do Teste de Monte Carlo (Ter Braak, 1988).

Assim como outras técnicas de ordenação, a CCA permite reduzir o número de variáveis envolvidas no estudo, criando variáveis sintéticas (eixos) que carregam informações das variáveis originais. A partir da obtenção dos autovalores e autovetores dos eixos de ordenação, se verifica o quanto as variáveis sintéticas explicam as variáveis originais (Legendre e Legendre, 1998)

Para efetuar a análise de correspondência canônica é necessário criar uma matriz que traz os dados de abundância de espécies nas parcelas e outra matriz que fornece os valores das variáveis ambientais padronizados encontrados nas mesmas parcelas (Ter Braak, 1986).

A análise de correspondência canônica gera um diagrama que simultaneamente mostra o padrão da variação da comunidade de espécies e a sua relação com as variáveis ambientais (Ter Braak e Prentice, 1988).

Neste diagrama, como as espécies assumem ter uma resposta unimodal em relação às combinações lineares das variáveis ambientais, as mesmas e as parcelas são representadas por pontos, enquanto as variáveis

ambientais são representadas por setas, originando um gráfico sumarizado das médias ponderadas de todas as espécies em relação à todas as variáveis ambientais envolvidos no estudo (Ter Braak, 1986; Ter Braak e Prentice, 1988; Ter Braak, 1995).

A direção da seta indica sua correlação com cada um dos eixos ilustrados. Quando a seta se apresenta de forma paralela ao eixo indica forte correlação entre o mesmo e a variável ambiental. Quando a seta se apresenta formando um ângulo entre os eixos, corresponde que a variável em questão se relaciona com os dois eixos de ordenação (Ter Braak, 1987).

Para as variáveis ambientais que são correlacionadas positivamente suas setas no diagrama estão apontadas na mesma direção, quando apontadas em direções opostas indica uma correlação negativa entre as variáveis. Quando as variáveis ambientais não possuem correlação entre si as setas apresentam ortogonalidade (ângulo de 90º) (Ter Braak, 1987).

Para verificar no diagrama a relação de uma determinada espécie com uma variável ambiental específica, basta traçar uma linha perpendicular do ponto que representa a espécie de desejo em direção à seta correspondente à variável ambiental (Ter Braak, 1986).

As coordenadas indicadas pela ponta da seta e, consequentemente, o tamanho da seta indica a influência da variável ambiental em relação a cada eixo de ordenação (Ter Braak, 1986).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo se localiza na Floresta Nacional de Pacotuba (FLONA Pacotuba), uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável, cujo objetivo básico é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parte dos seus recursos naturais (Figura 1). A FLONA de Pacotuba situa-se a aproximadamente 3 Km do distrito de Pacotuba e a 30 Km do município de Cachoeiro de Itapemirim, no Estado do Espírito Santo. A FLONA possui 450 hectares e o seu órgão gestor é o ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade).

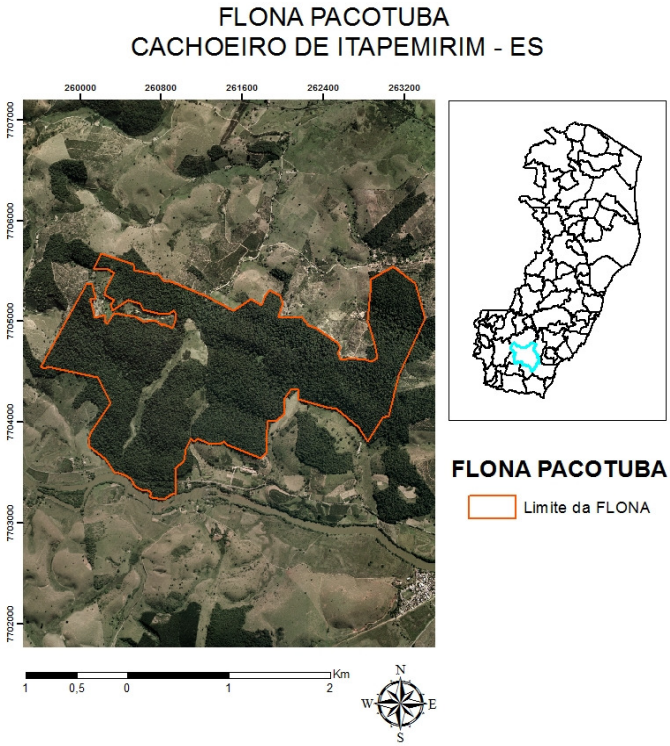
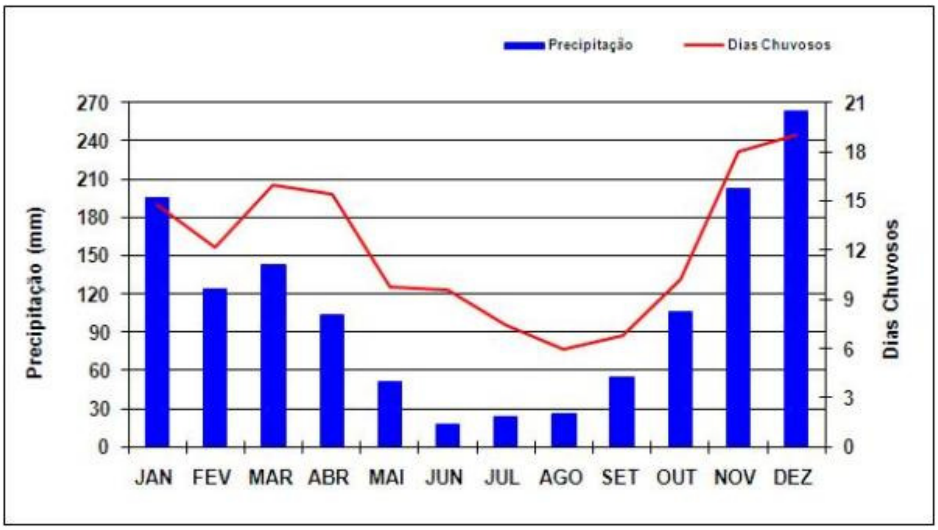


Figura 1 - Imagem aérea da FLONA de Pacotuba, situada no município de Cachoeiro de Itapemirim-ES. Fonte: IEMA

A área de estudo está inserida no Domínio da Floresta Atlântica e a sua formação é Floresta Estacional Semidecidual Submontana, pois possui cota média de altitude 150 metros e é determinada por uma estação seca pronunciada que varia entre 4 e 6 meses, que condicionam a sazonalidade foliar dos elementos arbóreos dominantes (Veloso et al., 1992).

Conforme a classificação de Köppen, o clima se enquadra no tipo Cwa, apresentando chuva mal distribuída ao longo do ano, com verão chuvoso e inverno seco. A época chuvosa compreende os meses de outubro a abril, sendo que os meses de novembro e dezembro apresentam maior pluviosidade. A época seca compreende os meses de junho a setembro, no entanto é no mês de junho que se registra os menores índices pluviométricos. A temperatura mínima média observada no mês mais frio varia em torno de 14ºC e 20ºC e a temperatura máxima média observada no mês mais quente varia entre 27ºC e 33,0ºC (Figura 2).

A



B

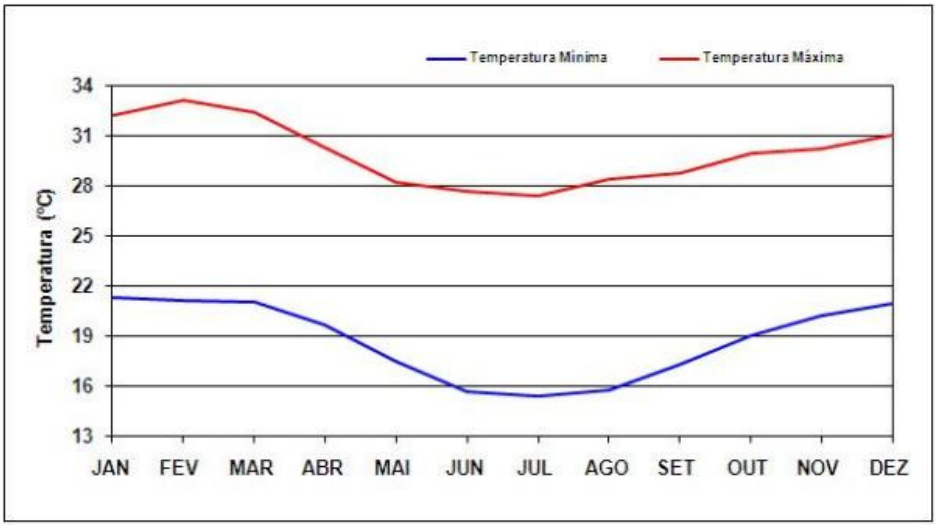


Figura 2 – Precipitação (A) e temperatura do ar (B) baseados em dados observados no período de 1976 a 2010 para a região do município de Cachoeiro de Itapemirim – ES. Fonte: INCAPER

O relevo regional se caracteriza com feições do tipo “Mar de morros”, com relevo ondulado a forte ondulado. O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico A Moderado. Os cultivos de café (28%) e de pastagens (48%) são as modalidades predominantes do uso do solo na região (Moreira, 2009).

4.2. ÁREA DE AMOSTRAGEM

Com o objetivo de obter informações sobre a comunidade arbórea em áreas de borda e interior da FLONA de Pacotuba, Moreira (2009) realizou estudo florístico e fitossociológico, utilizando método de amostragem de área fixa.

Para tanto, foi selecionado dentro dos 450 ha da FLONA, um fragmento de 119 hectares por ser o mais preservado da Unidade. Ao longo da borda desse fragmento florestal selecionado para o estudo há plantações de café, eucalipto, cana-de-açúcar e pastagens.

Dentro desta porção da FLONA, foram alocadas 39 parcelas, distribuídas sistematicamente, em dois blocos, de forma a amostrar e a comparar duas áreas diferentes da mata: a área de borda e o interior do fragmento florestal.

Desse total, 27 parcelas de 10 x 30 m (300 m^2) foram alocadas ao longo da borda do fragmento, 250 metros distantes entre si, perfazendo uma área total de 0,81 hectares e 12 parcelas de 40 x 50 m (2000 m^2) foram alocadas no interior do fragmento, distantes 250 metros entre si, perfazendo uma área total de 2,4 hectares. Assim, a área total amostrada foi de 3,21 ha (Figura 3).

No presente trabalho, foram utilizadas as mesmas parcelas alocadas por Moreira (2009) para determinar os valores das variáveis ambientais (IAF, fertilidade e umidade do solo e declividade média), pois os resultados da análise florística e fitossociológica obtidos pela referida autora foram aproveitados, de modo a possibilitar a verificação da distribuição das 40 espécies com maior densidade absoluta correlacionando-as com as variáveis ambientais.

Importante informar que no presente trabalho, a nomenclatura das parcelas segue a mesma adotada por Moreira (2009), na qual as parcelas de borda são denominadas “PB” e as parcelas do interior do fragmento “PC”.

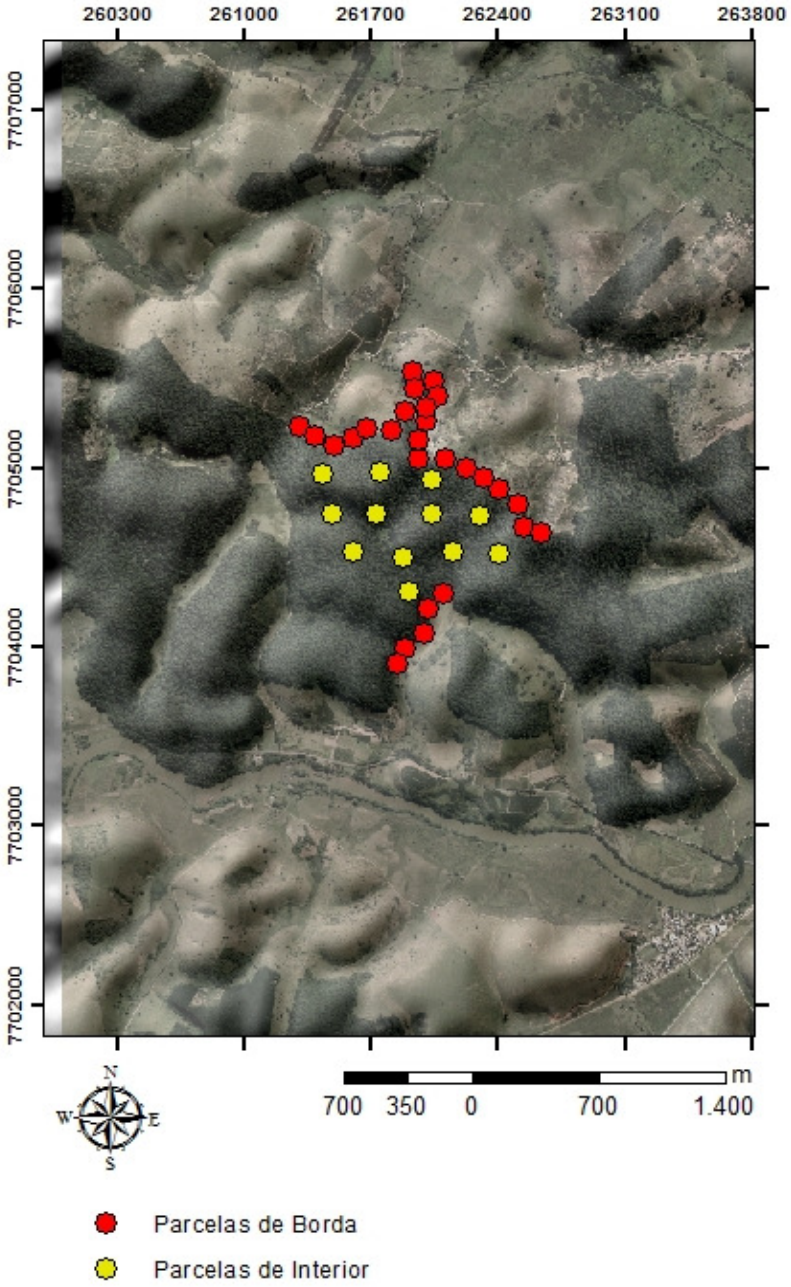


Figura 3 - Ortofoto aérea da porção da FLONA Pacotuba, onde foi estabelecida a área de amostragem com alocação das 39 parcelas do presente estudo.

4.3. CARACTERÍSTICAS DO SOLO E DECLIVIDADE MÉDIA DAS PARCELAS

Para a caracterização da fertilidade do solo, foi realizada uma amostragem composta de 20 tradagens distribuídas aleatoriamente dentro de cada parcela, na profundidade de 0 – 20 cm. Após as tradagens, foram estimadas a saturação por base e a saturação por Al como parâmetros representativos da disponibilidade de nutrientes no solo, de acordo com Lima (2001).

A umidade do solo foi determinada pelo método gravimétrico. O solo foi coletado no período seco (setembro de 2010). Foram coletados 5 sub amostras de solo na camada superficial de 0-10 cm em cada uma das 39 parcelas. Estas sub amostras foram homogeneizadas e posteriormente retiradas as amostras que foram acondicionadas em cápsulas de alumínio com tampa e levadas a estufa a 105°C.

Para melhor visualização do relevo da área de estudo foi produzido um mapa no programa ArcMap 10.0, com Ortofoto aérea da região fornecida pelo Governo do Espírito Santo e curvas de nível em arquivo shape obtidas pela base de dados do IBGE (Geobase).

A declividade média de cada parcela foi obtida em campo por meio de inclinômetro. É importante salientar que as parcelas do interior são relativamente grandes (40x50m), o que faz com que a variação da declividade dentro da parcela seja grande. A mesma parcela pode possuir trechos de encosta e baixada, trechos inclinados e planos, ou que tenha parte em topo de morro e parte em encosta. Devido a esta variabilidade dentro da parcela fica inviável classificá-las quanto a sua posição no terreno (topo, encosta ou baixada). Por isso, foi necessário obter a declividade média das parcelas, a fim de compreender esta variável na área de estudo.

4.4. COLETA DE DADOS PARA A VERIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF)

Como a FLONA Pacotuba se caracteriza por ser um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, a coleta dos dados para verificação do IAF

foi realizada em duas épocas distintas, uma no final do período seco (setembro de 2010), na qual se espera que o dossel esteja mais aberto devido a diminuição da densidade da copa provindo da caducidade das plantas (menor IAF) e que propicia um maior fluxo de radiação solar dentro do dossel, e outra no final da estação chuvosa (março de 2011), quando se espera que o dossel se encontre mais coberto por folhas (maior IAF).

A determinação do IAF foi feita por meio de dois sensores LI-2050, conectados a "dataloggers" LAI-2000, da marca LI-COR. As leituras foram feitas sob luz difusa, preferencialmente, ao amanhecer ou final da tarde ou em dias nublados.

Um dos conjuntos – sensor e datalogger – foi posicionado fora da floresta, em área descampada, representando a condição acima do dossel. O outro conjunto foi levado para dentro das parcelas, nas quais foram tomadas 5 medições de forma aleatória dentro das mesmas.

4.5. ESTUDO DA INTERAÇÃO ENTRE A FITOSSOCIOLOGIA E AS CARACTERÍSTICA AMBIENTAIS DA ÁREA

Conforme citado anteriormente, a análise florística e fitossociológica foi realizado por Moreira (2009), e os dados de densidade absoluta das espécies por parcela, neste presente trabalho, foram correlacionados com os dados das variáveis ambientais encontrados na área (IAF, fertilidade do solo, umidade do solo, declividade da parcela) obtidos tal como descritos nos itens anteriores.

As espécies estudadas no presente trabalho com as suas respectivas densidades absolutas e grupo ecológicos se encontram relacionadas na Tabela 2.

Para se obter esta correlação foi efetuada a análise de correspondência canônica (CCA), utilizando o programa CANOCO (Ter Braak, 1995).

A matriz de abundância das espécies por parcela foi obtida considerando-se as 40 espécies de maior densidade absoluta encontradas por Moreira (2009). A escolha da densidade absoluta se deu principalmente por ser o parâmetro que compõe o índice de valor de importância que melhor informa a abundância de indivíduos de cada espécie envolvida no estudo por parcela.

Tabela 2 – Relação das 40 espécies com maior densidade no fragmento, considerando DAP maior ou igual a 5 cm, a partir de dados obtidos em 39 parcelas alocadas na FLONA Pacotuba, em Cachoeiro de Itapemirim-ES. N – nº de indivíduos.ha^{-1} no fragmento; N - nº de indivíduos.ha^{-1} no interior; N Borda - nº de indivíduos.ha^{-1} na borda; GE – Grupo ecológico: PI – Pioneiras; SI – Secundária inicial; ST – Secundária tardia; SC – Sem caracterização. Fonte: Moreira (2009).

Espécie	N	Ambiente N Interior	N Borda	GE
Senefeldera verticillata (Vell.) Croizat	440,5	555,8	98,7	ST
Actinostemon estrellensis (Mull. Arg.) Pax	307,1	393,7	50,6	ST
Neoraputia alba (Nees & Mart.) Emmerich	58,2	64,1	40,7	ST
Astronium concinnum Schott ex Spreng.	53,8	41,6	90,1	SI
Pseudopiptadenia contorta (DC.) G.P. Lewis & M.P.Lima	51,0	17,5	150,6	PI
Chrysophyllum lucentifolium Cronquist. subsp. Lucentifolium	43,9	48,3	30,8	ST
Astronium graveolens Jacq.	35,5	12,1	104,9	SI
Virola gardneri (A.DC.) Warb.	35,2	44,1	8,6	ST
Anadenanthera peregrina (L.) Speg.	34,8	37,9	25,9	SI
Casearia sp. 1	19,9	26,6	-	SC
Rinorea bahiensis (Moric.) Kuntze	19,6	26,2	-	ST
Ramisia brasiliensis Oliv.	16,2	17,5	12,3	PI
Carpotroche brasiliensis (Raddi) A. Gray	13,0	7,5	29,6	ST
Myroxylon peruiferum L.f.	12,7	16,2	2,4	ST
Ecclinusa ramiflora Mart.	11,5	11,2	12,3	ST
Sorocea guilleminiana Gaudich.	11,5	13,7	4,9	ST
Guapira noxia (Netto) Lundell	10,5	10	12,3	SI
Pterygota brasiliensis Allemão	10,2	6,6	20,9	SC
Guarea guidonia (L.) Sleumer	9,9	5	24,6	SI
Macrothumia kuhlmannii (Sleumer) Alford	9,6	11,2	4,9	SC
Copaifera lucens Dwyer	9,6	10	8,6	SI
Micropholis gardneriana (A.DC.) Pierre	9,3	6,6	17,2	ST
Marlierea tomentosa Cambess.	9,0	12,1	-	SC
Guapira opposita (Vell.) Reitz	8,7	4,5	20,9	SI
Trichilia pallens C. DC.	8,7	7,5	12,3	SI
Casearia sp. nov.	8,1	3,3	22,2	SC
Miconia sp.	8,1	-	32,1	PI
Pouteria filipes Eyma	7,1	4,9	7,9	ST
Trichilia lepidota subsp. schumanniana (Harms) T.D.Penn.	6,8	3,7	7,9	ST
Parapiptadenia pterosperma (Bojer) Brenan	6,8	2,5	19,7	SI
Alseis sp.1	6,8	8,7	1,2	SC
Virola oleifera (Schott) A. C. Sm.	6,8	7,9	3,7	ST
Eugenia cf. tinguyensis Cambess.	6,8	8,3	2,4	CL
Trichilia sp.	6,8	6,2	8,6	SC
Clarisia racemosa Ruiz & Pav.	6,2	6,2	6,1	ST
Ziziphus glaziovii Warm.	6,2	6,2	6,1	ST
Abarema limae Iganci & Morian sp nv	6,2	8,3	-	SC
Oxandra nitida R.E. Fr.	5,9	6,6	3,7	SC
Couratari asterotricha Prance	5,9	6,2	4,9	SI
Goniorrhachis marginata Taub.	5,6	-	22,2	ST

Para a formação da matriz correspondente às variáveis ambientais se considerou a fertilidade do solo como a expressão da saturação por base e a saturação por Al, pois estes parâmetros apresentaram boa correlação com os demais parâmetros do solo. O valor de IAF utilizado foi a média dos valores obtidos nos dois períodos de medição. Os valores da declividade média e da umidade do solo das 39 parcelas completaram a matriz.

Conforme recomendado por Ter Braak (1995), os valores de abundância (a) foram transformados pela expressão ln(a + 1) para compensar os desvios causados por alguns poucos valores muito elevados.

Para determinar a significância do principal eixo de ordenação foi aplicado o teste de permutação de Monte Carlo.

Foi realizada análise de agrupamento para as variáveis ambientais, utilizando o software Statistica, pelo método de Ward, que foi o mesmo adotado por Moreira (2009) que efetuou esta mesma análise para similaridade florística.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Ao se observar a Tabela 3, tem-se para cada parcela, os valores das cinco variáveis envolvidas no estudo (IAF, saturação por Al, saturação por base, umidade do solo e declividade média), a média para cada ambiente (borda e interior) e os resultados do teste *t* de Student para as médias das variáveis ambientais da borda e do interior do fragmento.

5.1.1. Declividade média e solo

Declividade média – O valor médio das declividades médias medidas nas parcelas do interior foi 28,8%, enquanto as parcelas de borda obtiveram um valor médio para a declividade média de 10,1%. Estes valores obtidos quando submetidos ao teste *t* de Student, apresentaram um resultado que revela que para esta variável houve diferença significativa para o nível de 5% de probabilidade.

Desta forma, o interior do fragmento apresenta topografia mais acidentada do que a borda do fragmento, fazendo com que se espere maior heterogeneidade ambiental (Carvalho et al, 2007).

Esta característica é observada na Figura 4, onde se pode ver o mapa planialtimétrico da área de estudo, com curvas de nível eqüidistantes a 20 metros, na qual se verifica que ao longo da borda do fragmento há uma menor variação do relevo do terreno em relação ao interior da floresta.

Tabela 3 – Valores das cinco variáveis para o ambiente de borda e interior do fragmento estudado, na FLONA Pacotuba, Cachoeiro de Itapemirim-ES. Onde: PB – parcelas de borda; PC – parcelas do interior; Dec. Média – declividade média; Sat. base – saturação por base; Sat. Al – saturação por Al; Umid – umidade do solo; IAF – índice de área foliar.

Parcela	Dec. Média (%)	Solo			IAF SET/10	IAF MAR/11
		Sat. base (%)	Sat. Al (%)	Umid. SET/10 (%)		
PB1	4,3	7,9	73	15,7	2,6	4
PB2	8,5	6,4	78	15,9	2,8	4,2
PB3	11,8	10,1	69	14,5	3,4	4,9
PB4	2,5	6,9	73	17,4	2,9	4,2
PB5	17,8	23,1	46	16,2	2,7	5,3
PB6	5	17,6	56	15,9	2,3	4,4
PB7	1,4	29,6	45	10,3	1,1	3,2
PB8	9,5	10,5	67	16,2	1,9	3,7
PB9	15,4	41,9	15	15	1,9	4,2
PB10	17,4	63	0	14,1	2,2	3,7
PB11	12,3	66,8	0	14,5	2,4	3,4
PB12	12,9	53,8	5	16,5	2,9	3,5
PB13	15,5	46,4	9	12,5	3,3	3,6
PB14	23,8	66,5	0	12,8	3,4	5,1
PB15	15,1	73,5	0	14,2	3,6	5,7
PB16	18,1	79,8	0	12,4	3,6	3,7
PB17	14,6	37,9	14	15,2	1,6	3
PB18	2,8	33,4	20	13,2	1,3	2,2
PB19	14,5	20,8	43	18	2	4,1
PB20	0,9	83,7	0	12,1	2,9	4,7
PB21	2,8	73,8	0	22,1	2,6	3,6
PB22	2,7	63,5	0	43,1	3,5	4,8
PB23	8,5	69	0	17,1	2,7	3,7
PB24	1	57	6	41,6	3,6	3,7
PB25	29,1	56	0	21,1	4,3	3,9
PB26	2	72,8	0	15,2	5,4	6,3
PB27	1,2	48	12	46,6	3,1	5,3
PC1	28	49,6	12	15,5	3,3	5,8
PC2	31,5	64,8	0	23,2	3,8	5,4
PC3	34,5	12,8	59	15,8	2,6	4,4
PC4	34,1	49,9	8	18,9	3,4	5,3
PC5	49,9	11	64	15,5	3,8	5,4
PC6	13,8	60,9	0	33,8	4	5,3
PC7	58,1	28,2	35	18,5	3	5,3
PC8	5,9	19,6	54	11,6	3,1	5,1
PC9	39,5	52,6	7	17	3,3	5,1
PC10	6,6	66	0	24,9	4,2	6,4
PC11	7,8	17,5	48	13,9	3,9	5,1
PC12	36,2	57,7	2	15,8	3,9	5,1
Média PB	10,1*	45,2	23,4	18,5	2,8*	4,1*
Média PC	28,8*	40,8	24,1	18,7	3,5*	5,3*
P	0,003	0,30	0,94	0,95	0,003	0,000006

(*) Diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade no teste *t* de Student.

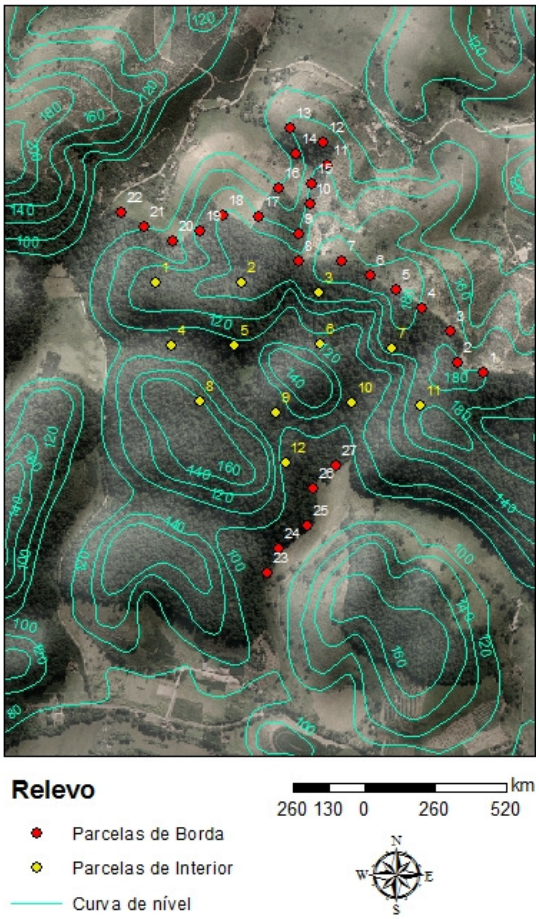


Figura 4 – Mapa planialtimétrico que ilustra a variação do relevo da área de estudo localizada na FLONA Pacotuba em Cachoeiro de Itapemirim-ES. As curvas de nível são eqüidistantes 20 metros entre si. Percebe-se que as parcelas de bordas estão alocadas em porções do terreno que possuem pouca variação do relevo, enquanto o interior da área apresenta uma variação maior.

Solo – As amostras de solo analisadas revelaram que a fertilidade do fragmento como um todo se mostra de média para baixa e com uma acidez média, conforme critérios para interpretação de fertilidade de solo proposto pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (Alvarez et al., 1999) (Tabela 4).

O valor médio para saturação por Al foi de 23,4% para o ambiente de borda, enquanto no interior do fragmento foi encontrado o valor de 24,1%. Em relação à saturação por base, os valores encontrados foram 45,2% e 40,8%, para a borda e interior do fragmento respectivamente. De acordo com o valor-p obtido pelo teste *t* de Student para as médias, aplicado para os dois

parâmetros edáficos em estudo, observa-se que não há diferença significativa entre o ambiente de borda e interior do fragmento, ao nível de probabilidade de 5%.

Tabela 4 – Resultados obtidos da análise do solo para as 39 parcelas estudadas alocadas na FLONA Pacotuba, em Cachoeiro de Itapemirim-ES.

Parâmetros	**Valor Médio**		**Classificação (Alvarez, et al., 1999)**	
	Borda	**Interior**	**Borda**	**Interior**
P Mehlich ($mg.dm^{-3}$)	5,19	4,67	Baixo	Baixo
K ($mg.dm^{-3}$)	62,59	54,17	Médio	Médio
Ca ($cmol.dm^{-3}$)	2,14	1,69	Médio	Médio
Mg ($cmol.dm^{-3}$)	0,76	0,59	Médio	Médio
H + Al ($cmol.dm^{-3}$)	3,85	3,67	Médio	Médio
pH em H_2O	5,26	5,13	Acidez média	Acidez média
MO ($g.Kg^{-1}$)	26,41	24,00	Médio	Médio
Na ($mg.dm^{-3}$)	28,70	25,17	Baixo	Baixo
Sat. Ca na CTC (%)	31,29	28,64	Muito Baixo	Muito Baixo
Sat. Mg na CTC (%)	11,51	9,94	Médio	Baixo
Sat. K na CTC (%)	2,39	2,33	Muito Baixo	Muito Baixo
Soma de Base - SB ($cmol.dm^{-3}$)	3,07	2,43	Médio	Médio
CTC efetiva - t ($cmol.dm^{-3}$)	3,67	3,00	Médio	Médio
CTC a pH 7 - T ($cmol.dm^{-3}$)	6,92	12,55	Médio	Bom
Sat. Alumínio - m (%)	23,37	24,08	Baixo	Baixo
Sat. por bases (%)	45,17	40,88	Médio	Médio

Em relação à umidade do solo, observa-se que os resultados acompanham a sazonalidade climática típica de região que apresenta período seco pronunciado de 4 a 6 meses e que determina a fitofisionomia de Florestas Estacionais Semideciduais (Veloso et al, 1992) (Tabela 3).

De acordo com o teste t de *Student* para as médias da umidade do solo, observa-se que não há diferença estatisticamente significativa entre o

ambiente de borda e interior do fragmento para o parâmetro umidade do solo (Tabela 3).

Trabalhos realizados no Estado de Minas Gerais, em Floresta Estacional Semidecidual mostram a influência da fisiografia nas características edáficas, como fertilidade e regime hídrico (Oliveira-Filho et al., 1994; Botrel et al., 2002; Carvalho et al., 2007; Rodrigues et al., 2007; Machado et al., 2008). Estes estudos, sendo alguns deles inclusive desenvolvidos em fragmentos de tamanho reduzido, demonstram que a heterogeneidade ambiental imprimida pela fisiografia de determinado local confere diferentes habitats, que acabam por determinar padrões de distribuição das espécies, possibilitando observar certas tendências dentro de um gradiente ambiental.

Desta forma, no presente estudo, a homogeneidade nas características edáficas encontradas pode ser justamente explicada pelas condições fisiográficas do terreno.

Embora o ambiente de borda esteja sujeito a efeitos adversos provindos da matriz (efeito de borda), e que com isso fosse esperado valores menores, principalmente, em relação à umidade do solo, quando comparado ao interior do fragmento, a sua fisiografia relativamente plana, menos acidentada, com uma localização concentrada nas regiões de baixada, provavelmente influíram para que os resultados referentes ao solo (fertilidade e umidade) se aproximassem aos valores encontrados no interior do fragmento.

De acordo com Resende et al. (1988), a fertilidade química, assim como a quantidade de água no solo tende a crescer ao longo de um gradiente topo-base da encosta.

Em estudo em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, Machado et al. (2008), analisaram as condições edáficas em relação a elevação do terreno e constataram que as bordas localizadas na parte inferior do terreno são mais férteis e mais úmidas em comparação àquelas localizadas em uma elevação superior. Estes habitats situados em cotas inferiores tendem a receber uma carga maior de água e ter uma exposição menor à luminosidade e à ação do vento, o que propicia uma maior retenção de umidade no solo.

Resultados semelhantes em relação à fertilidade do solo foi encontrado por Botrel et al. (2002). Estes autores analisando um gradiente edafo-topográfico às margens do rio Ingaí, Minas Gerais, verificaram o acréscimo de

nutrientes na direção das partes mais elevadas do terreno para as porções mais baixas, se aproximando ao rio.

5.1.2. Índice de Área Foliar (IAF)

No período seco a média do índice de área foliar na borda foi 2,8, enquanto no interior do fragmento o IAF obtido em média foi 3,5. No período chuvoso a média do IAF observada nas parcelas da borda foi 4,1 e no interior 5,3 (Tabela 3).

Tanto para o período seco quanto para o período chuvoso o valor-p encontrado no teste *t* de Student para as médias revelou que existe diferença estatisticamente significativa para o nível de 5% de probabilidade em relação ao valores obtidos nos dois ambientes.

De posse dos resultados de IAF para os dois períodos e para os dois ambientes, observa-se o comportamento sazonal típico de uma Floresta Estacional Semidecidual, onde se espera que no período seco parte das espécies que compõe a comunidade perca pelo menos metade de suas folhas, reduzindo deste modo o valor do índice de área foliar (Pezzopane, 2001).

Maas et al. (1995), trabalhando em uma estimativa de IAF ao longo de um gradiente topográfico em floresta tropical decídua no México e a sua variação sazonal ao longo do ano, verificaram que os maiores valores de IAF, tanto no período seco quanto no período chuvoso, foram encontrados na parcela localizada na porção menos elevada do terreno. Segundo os autores, o solo mais úmido nesta porção do terreno propicia a perenidade das folhas nas árvores contribuindo para a detecção de um IAF maior.

Analisando a área de estudo como um todo, observa-se que o interior da floresta tende a ser um ambiente mais sombreado do que a borda ao longo do ano, sugerindo que, embora o interior da floresta possua uma variação topográfica maior, o efeito de borda esteja atuando de forma significativa, propiciando a abertura de clareiras quando se aproxima dos limites artificiais do fragmento, permitindo maior incidência de luz.

Pezzopane (2001), em estudo em Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa/MG, utilizando método não destrutivo semelhante a este estudo, encontrou valores médios para IAF variando entre 3,6 (período seco) e

5,2 (período chuvoso). Porém, o menor valor de IAF encontrado por Pezzopane (2001) foi 3,0 e o maior foi 5,8, demonstrando que a amplitude entre os valores mínimos e máximos no presente estudo (1,07 – 6,43) foi consideravelmente maior em relação ao trabalho desenvolvido por aquele autor. Contudo, vale salientar que o presente estudo envolveu o ambiente de borda, diferentemente do trabalho desenvolvido em Viçosa/MG, o que muito provavelmente influenciou nos resultados obtidos para um IAF mais reduzido no período seco, haja vista que este ambiente está sujeito aos efeitos de borda que propicia quedas e mortes de árvores com conseqüentes aberturas de clareiras.

Os valores de IAF encontrados no presente trabalho para o ambiente de borda são similares aos de Lemos (2008), que estudou por meio de fotografias hemisféricas um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa/MG e obteve em média 1,37 medidos a 5 metros da borda.

Outro estudo, realizado por Paula & Lemos Filho (2001), utilizando o sensor LAI 2000 em mata mesófila semidecídua em regeneração em Belo Horizonte/MG, obtiveram valores médios de IAF de 4,92 e 1,32 no período chuvoso e seco, respectivamente.

Em trabalho realizado em uma Floresta de Transição Amazônia Cerrado, Sanches et al. (2008), estimou o IAF médio nos anos de 2001, 2002 e 2003, tendo como resultados 3,21; 3,44 e 3,74, respectivamente. Para os três anos, os autores verificaram que os valores mais altos foram nos meses de novembro e dezembro e os valores mínimos foram encontrados nos meses de maio a julho.

Conforme os resultados de IAF obtidos no presente estudo pode-se afirmar que o fragmento estudado possui a borda como um ambiente distinto do interior da floresta. Este ambiente se caracteriza por ser mais sombreado, onde a radiação solar é menos disponível criando condições de competição em relação a este recurso ambiental.

Por sua vez, esta condição faz com que o interior do fragmento tenha capacidade de reter umidade no solo, mesmo considerando a alta variabilidade em sua topografia, ou seja, a umidade do solo na borda do fragmento é garantida pelo relevo plano e pela posição em relação à altitude, ao passo que no interior da floresta, onde quase não se encontra clareiras, a umidade estaria sendo propiciada pela interceptação da energia solar pelo dossel que mantém

este ambiente úmido. Isto pode explicar a homogeneidade encontrada especialmente quando se pensa na umidade do solo na área de estudo.

Em última análise pode-se afirmar que o fragmento estudado possui a sua borda sendo um ambiente onde a radiação solar é mais intensa, devido, principalmente, a abertura de clareiras em conseqüência do efeito de borda, e com o relevo menos acidentado ocupando regiões de baixada, que equilibra de certo modo as condições edáficas em relação ao interior do fragmento.

5.2. ANÁLISE DA INTERAÇÃO ENTRE AMBIENTE E ESPÉCIES

Por meio da Tabela 5 observa-se a matriz de correlações resultante da análise de correspondência canônica (CCA) que envolveu as 40 espécies de maior densidade absoluta no fragmento e as cinco variáveis ambientais estudadas (saturação por Al, saturação por base, umidade do solo, IAF e declividade média), considerando os dois primeiros eixos de ordenação.

Observa-se que as correlações entre as espécies e as variáveis ambientais foram altas (0,836 e 0,757), revelando que as variáveis ambientais utilizadas no estudo explicaram de forma satisfatória os dois primeiro eixos de ordenação.

Os autovalores encontrados para o primeiro e segundo eixos foram 0,269 e 0,208, respectivamente e explicam 64,5% da variância encontrada. Estes valores são considerados baixos, no entanto são esperados em ordenação de dados ecológicos, tendo em vista a complexidade dos fatores envolvidos na determinação da composição florística e estrutural de formações vegetais (Ter Braak, 1988).

O teste de Monte Carlo aplicado aos dois primeiros eixos de ordenação da CCA demonstra que a correlação entre as variáveis ambientais e as espécies envolvidas no estudo foi estatisticamente significativa ($P<0,01$) (Tabela 5).

Tabela 5 - Matriz de correlações resultante da análise de correspondência canônica entre os dois primeiros eixos de ordenação, a partir de dados coletados na FLONA de Pacotuba, em que Sat Al; Sat base; Umid; IAF e Dec, correspondem, respectivamente, à saturação por Al, saturação por base, umidade do solo, índice de área foliar e declividade média.

	Esp. eixo 1	**Esp. eixo 2**	**V Amb eixo 1**	**V Amb eixo 2**	**Sat Al**	**Sat base**	**Umid**	**IAF**	**Dec**
Esp. eixo 1	1,00								
Esp. eixo 2		1,00							
V Amb eixo 1	0,836		1,00						
V Amb eixo 2		0,757		1,00					
Sat Al	-0,565	0,018	-0,674	0,024	1,00				
Sat base	0,576	0,003	0,689	0,004	-0,963	1,00			
Umidade	0,745	0,132	0,891	0,174	-0,374	0,341	1,00		
IAF	0,374	-0,554	0,448	-0,732	-0,290	0,304	0,311	1,00	
Dec	-0,053	-0,539	-0,064	-0,712	0,051	-0,155	-0,150	0,151	1,00
	Autovalor		**Porcentagem acumulada (%)**						
1º eixo	0,269		36,4						
2º eixo	0,208		64,5						
Teste Monte Carlo									
Traço	0.740								
F	3.251								
P	0.0020								

De acordo com a Figura 5 observa-se o diagrama gerado pela análise de correspondência canônica correspondente à distribuição das parcelas em relação às variáveis ambientais.

Verifica-se que diante das variáveis estudadas, o fragmento apresenta dois gradientes distintos e que retratam os resultados até aqui apresentados. O primeiro relacionado com as variáveis edáficas, tendo a umidade e a saturação por base se relacionando positivamente entre si e negativamente com a saturação por Al. O segundo gradiente é formado pela declividade média e o IAF, ambos se relacionando de forma positiva entre si.

Quando se analisa a distribuição das 39 parcelas no diagrama, observa-se que o gradiente ambiental mais marcante está relacionado às variáveis declividade média e IAF, pois verifica-se que esta distribuição

acompanha o sentido das flechas correspondente a estas variáveis. Esta disposição das parcelas apresentada pelo diagrama já era esperado, pois entre os dois ambientes estudados, as variáveis edáficas não apresentaram diferença significativa pelo teste *t* de Student, ao contrário da declividade e IAF.

É possível observar assim que a maioria das parcelas que estão alocadas na borda do fragmento (parte superior do diagrama) possui pouca influência da declividade e do IAF, indicando que este ambiente se constitui em um local mais aberto, com disponibilidade maior de radiação solar.

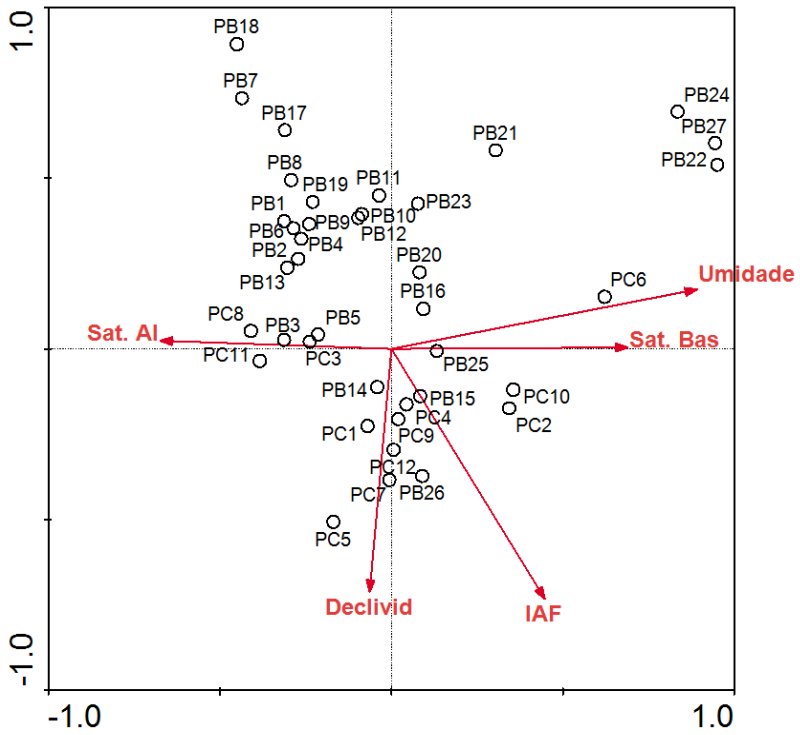


Figura 5 – Diagrama de ordenação, obtido pela CCA, relacionando as 39 parcelas e cinco variáveis ambientais coletadas na FLONA Pacotuba, em Cachoeiro de Itapemirim-ES, Brasil.

As parcelas PC6, PB22, PB24 e PB27, possuem a umidade e a saturação por base como as variáveis mais determinantes. Estas parcelas, salienta-se, se situam em baixadas, o que os tornam locais mais propícios ao acúmulo de água e fertilidade no solo (Resende et al., 1988).

As parcelas PC3, PC8 e PC11, que estão situadas em topo de morro estão sob forte influência da saturação por Al.

As parcelas PB14, PB15, PB26 e PB25 são as únicas parcelas que não apresentam o mesmo padrão das parcelas de borda, pois a parcela PB14 apresentou declividade alta, as parcelas PB15 e PB26 valores alto para IAF e a parcela PB25 apresentou boa fertilidade do solo.

Por outro lado, observa-se que das doze parcelas do interior do fragmento, seis estão fortemente associadas à declividade e ao IAF (parte inferior do diagrama), o que era esperado.

As parcelas PC2 e PC10 estão associadas à fertilidade do solo de forma mais marcante, o que era esperado por estarem localizadas em regiões de baixada.

Na Figura 6 se observa o diagrama gerado pela CCA que corresponde à distribuição das 40 espécies de maior densidade em relação às cinco variáveis ambientais envolvidas no estudo.

Embora a distribuição das parcelas siga um gradiente ambiental relacionado com a declividade e com o IAF (Figura 5), pelo diagrama da Figura 6 percebe-se que as espécies, mesmo com essa característica do ambiente, de modo geral, se mostram indiferentes em relação a este gradiente, pois as espécies se agrupam em direção ao gradiente edáfico, ou seja, no fragmento estudado, embora haja uma heterogeneidade maior no ambiente em relação à declividade média e IAF, as espécies, mesmo assim, competem pelo gradiente edáfico para se estabelecerem.

De fato, observando os resultados da CCA (Tabela 5) verifica-se que o primeiro eixo das espécies, que explica 36,4% da variância observada e obtém maior autovalor, possui correlação maior com as variáveis edáficas (-0,565 para Sat. Al; 0,576 para Sat. base e 0,745 para umidade).

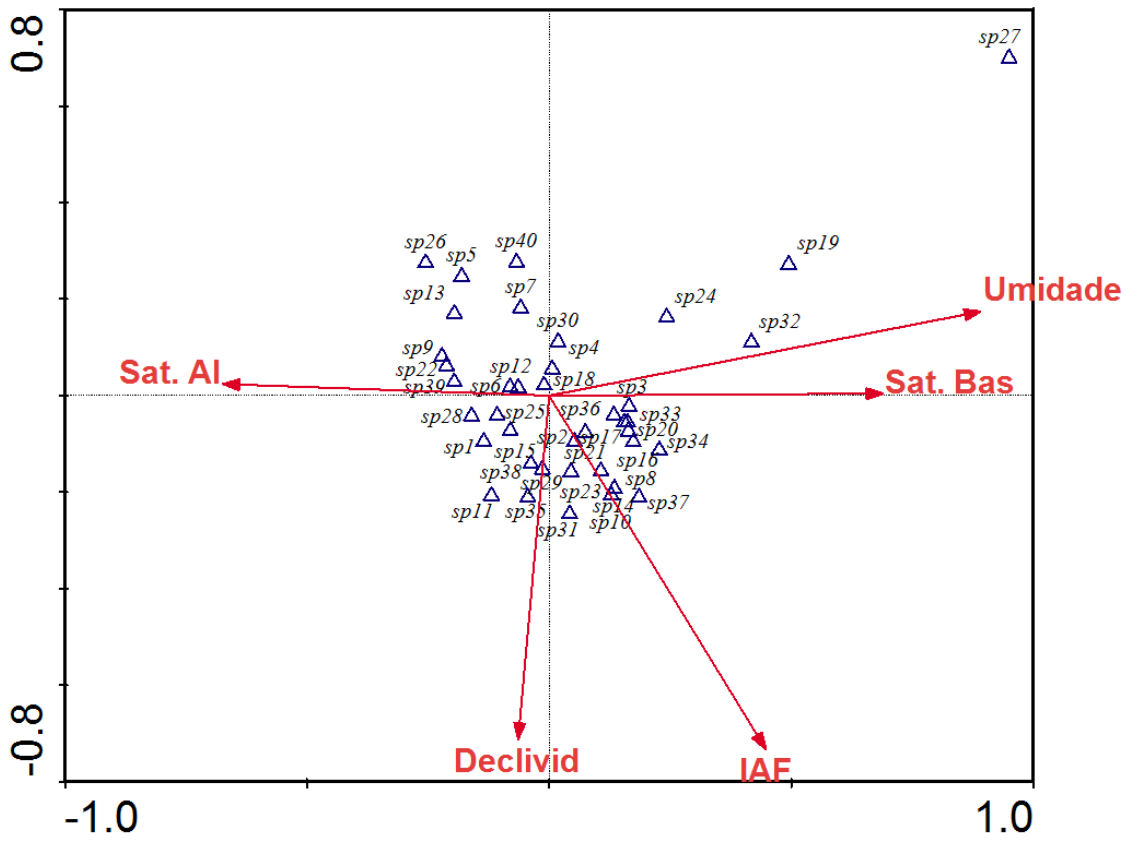


Figura 6 - Diagrama de ordenação obtida a partir da análise de correspondência canônica, representando a distribuição de 40 espécies de maior densidade no fragmento estudado e cinco variáveis ambientais (saturação por Al, saturação por base, IAF, declividade e umidade do solo), amostradas em 39 parcelas na FLONA de Pacotuba, em Cachoeiro de Itapemirim-ES. *sp1 - Senefeldera verticillata; sp2 - Actinostemon estrellensis; sp3 - Neoraputia alba; sp4 - Astronium concinnum; sp5 - Pseudopiptadenia contorta; sp6 - Chrysophyllum lucentifolium; sp7 - Astronium graveolens; sp8 - Virola gardneri; sp9 - Anadenanthera peregrina; sp10 - Casearia sp. 1; sp11 - Rinorea bahiensis; sp12 - Ramisia brasiliensis; sp13 - Carpotroche brasiliensis; sp14 - Myroxylon peruiferum; sp15 - Ecclinusa ramiflora; sp16 - Sorocea guilleminiana; sp17 - Guapira noxia; sp18 - Pterygota brasiliensis; sp19 - Guarea guidonia; sp20 - Macrothumia kuhlmannii; sp21 Copaifera lucens; sp22 - Micropholis gardneriana; sp23 - Marlierea tomentosa; sp24 - Guapira opposita; sp25 - Trichilia pallens; sp26 - Casearia sp. nov.; sp27 - Miconia sp.; sp28 - Pouteria filipes; sp29 - Trichilia lepidota; sp30 - Parapiptadenia pterosperma; sp31 - Alseis sp.1; sp32 - Virola oleifera; sp33 - Eugenia cf. tinguyensis; sp34 - Trichilia sp.; sp35 - Clarisia racemosa; sp36 - Ziziphus glaziovii; sp37 - Abarema limae; sp38 - Oxandra nitida; sp39 - Couratari asterotricha; sp40 - Goniorrhachis marginata.*

Este comportamento indiferente em relação à cobertura do dossel já foi observado por outros autores (Welden et al., 1991; Kennedy & Swaine, 1992; Lieberman et al., 1995; Meira-Neto, Martins e Souza, 2005).

Lieberman et al. (1995), analisando o efeito da cobertura do dossel em 104 espécies de densidade expressiva em floresta tropical na Costa Rica, verificaram que 86,5% das espécies estiveram distribuídos aleatoriamente ao longo da floresta, tendo comportamento generalista quanto à disponibilidade de luz no ambiente, sugerindo portanto que as variáveis pedológicas são mais influentes na definição de nichos ecológicos das espécies de plantas nas florestas tropicais. Estes autores enfatizam que, embora a disponibilidade de luz dentro da floresta seja muito importante na distribuição das espécies, os resultados encontrados por eles corroboram a tese de que as florestas tropicais são assembléias de espécies generalistas co-evoluídas.

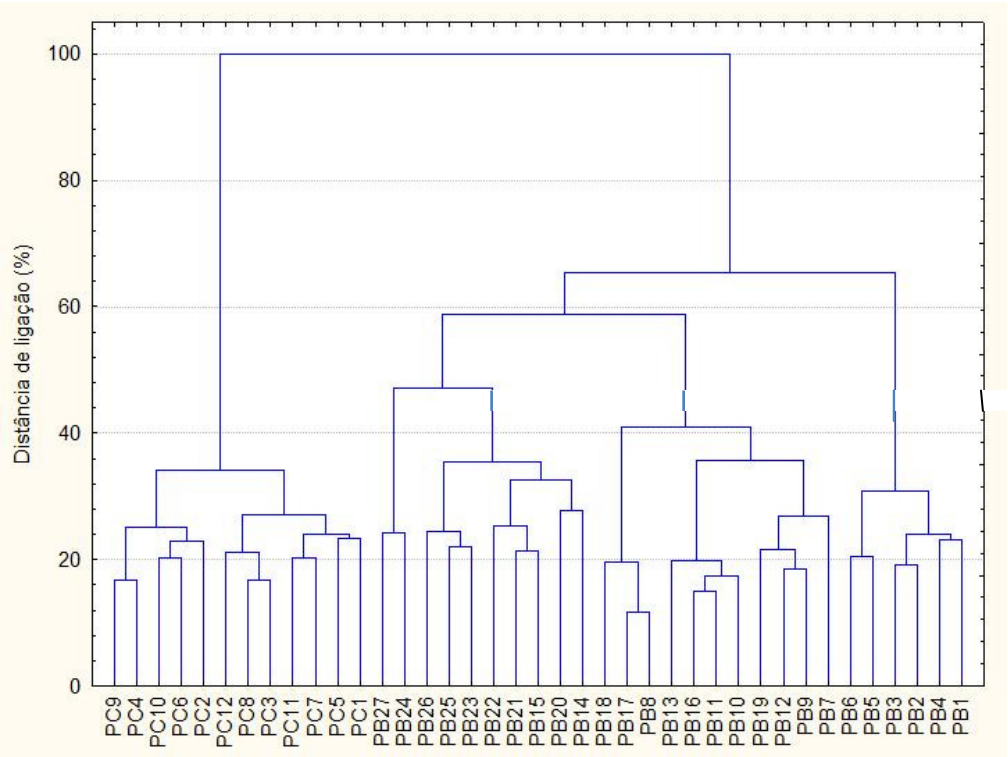
Em outro estudo similar Welden et al. (1991), citado por Lieberman et al. (1995), em um universo de 106 espécies em regeneração na ilha de Barro Colorado, Panamá, verificaram 89,6% sendo consideradas generalistas em relação às condições do dossel.

Meira-Neto, Martins & Souza (2005), verificaram maior influência dos teores de Ca, Mg, K e Al na dispersão das espécies no estrato herbáceo-arbustivo em detrimento das condições de cobertura de dossel, concluindo que estes fatores edáficos foram os maiores responsáveis pela variabilidade encontrada em estudo realizado em floresta estacional semidecidual em Viçosa/MG.

No entanto, conforme resultado obtido por Moreira (2009), apresentado em dendrograma (Figura 7) que considerou todas as espécies encontradas na área de estudo, observa-se que há uma nítida diferença na composição de espécies observadas na borda e no interior do fragmento.

Acompanhando o dendrograma (Figura 7A), observa-se uma separação em dois grandes grupos, o primeiro relacionado com as parcelas do interior (PC9 a PC1) e o segundo grupo relacionado com as parcelas de borda (PB 27 a PB1), o que indica por similaridade florística que o ambiente de borda é diferente do interior do fragmento.

A



Adaptado de Moreira (2009)

B

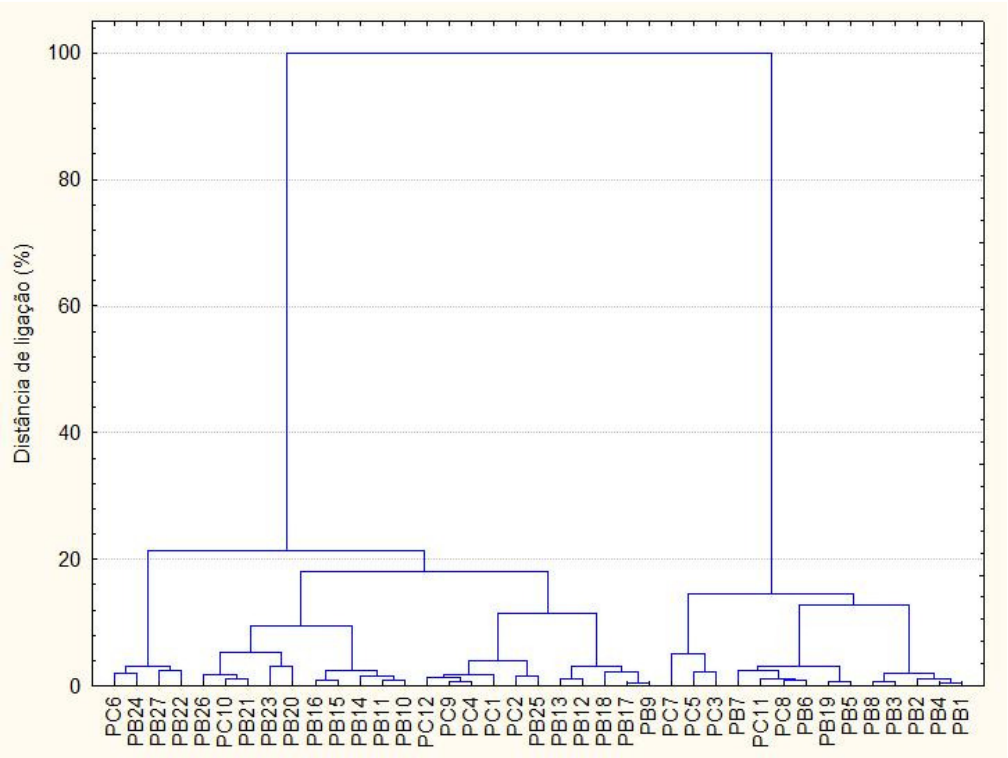


Figura 7 – Análise de agrupamento das 39 parcelas alocadas na FLONA Pacotuba, realizado pelo método de Ward, considerando a similaridade florística realizada por Moreira (2009) (A) e as variáveis ambientais obtidas no presente estudo (B).

De posse dos resultados das variáveis ambientais, foi possível realizar uma análise de agrupamento para comparar com os resultados do ambiente com os resultados da análise florística realizada por Moreira (2009). Conforme o dendrograma gerado a partir desta análise observa-se que o agrupamento das parcelas se difere do apresentado por Moreira (2009), pois as parcelas do interior do fragmento se misturam nos grupos das parcelas de borda. Acompanhando o dendrograma (Figura 7B), verifica-se a formação de quatro grupos de parcelas (PC6 a PB22; PB26 a PB10; PC12 a PB9 e PC7 a PB1).

Esta diferença encontrada no padrão de agrupamento entre o dendrograma realizado a partir da análise florística e o realizado a partir das variáveis ambientais corrobora o resultado da CCA, onde as variáveis edáficas tiveram maior correlação com o primeiro eixo das espécies. Como não houve diferença entre o ambiente de borda e o interior da floresta para as variáveis do solo, a separação dos ambientes no dendrograma não foi tão nítida como o dendrograma apresentado por Moreira (2009).

No entanto, quando realizado a análise de agrupamento excluindo as variáveis de solo, ou seja, considerando as variáveis que apresentaram diferença estatística (IAF e declividade) esta separação das parcelas por ambiente se aproxima ao resultado obtido por aquela autora (Figura 8). Acompanhando o dendrograma observa-se a separação em três grupos de parcelas (PC7 a PB14; PB16 a PB13 e PB18 a PB1), sendo observado um agrupamento de oito parcelas do interior antes não verificada. Desta forma, infere-se que a disponibilidade de radiação solar influi na distribuição das espécies.

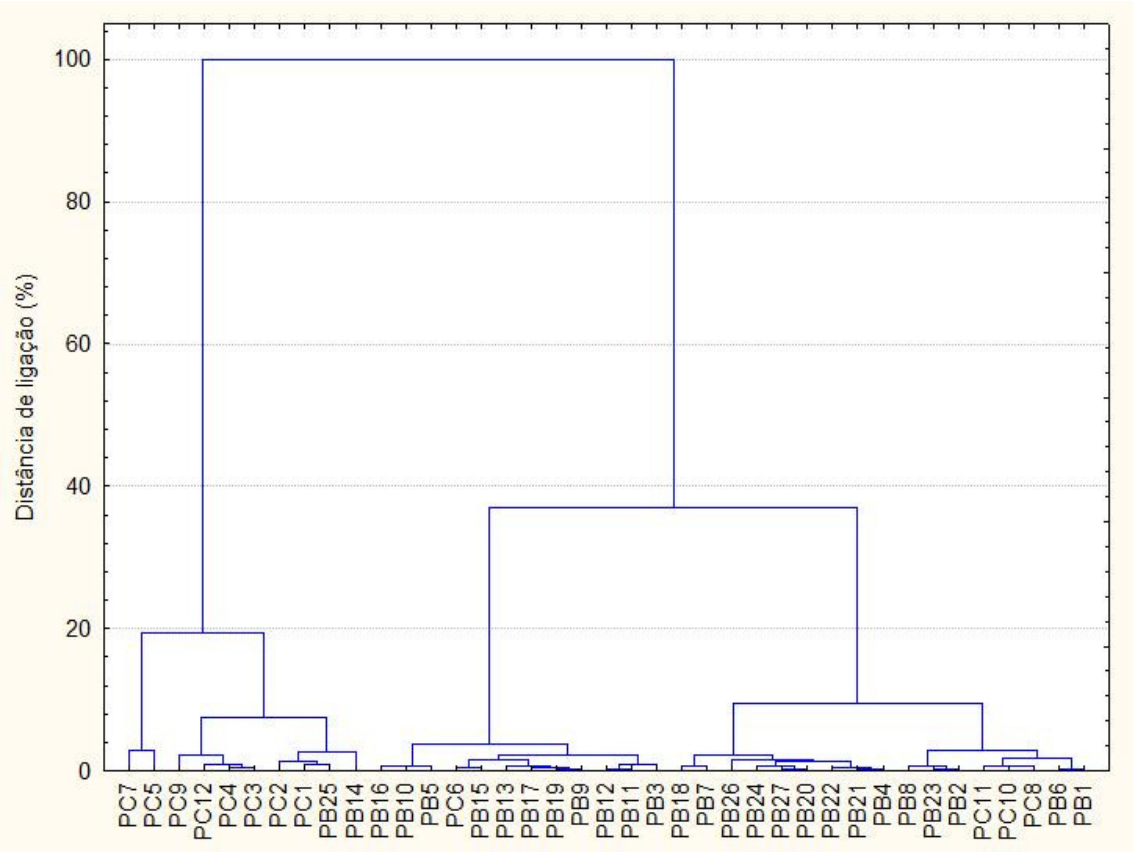


Figura 8 – Dendrograma gerado a partir da análise de agrupamento, considerando as variáveis ambientais IAF e declividade média, obtidas em 39 parcelas alocadas na FLONA Pacotuba em Cachoeiro de Itapemirim/ES.

De posse dos dados de densidade absoluta para cada espécie e em cada ambiente, é possível separar as 40 espécies envolvidas no estudo em três grupos distintos, de acordo com a proporção em relação a densidade absoluta entre o ambiente de borda e o interior do fragmento (Figura 9).

O primeiro grupo seria aquele representado pelas espécies que tiveram pelo menos 70% de sua densidade absoluta encontrada na borda do fragmento, como é o caso de *Pseudopiptadenia contorta, Astronium graveolens, Carpotroche brasiliensis, Pterygota brasiliensis, Guarea guidonia, Micropholis gardneriana, Guapira opposita, Casearia sp. nov., Parapiptadenia pterosperma, Miconia sp. e Goniorrhachis marginata,* destacando estas duas últimas espécies que só foram encontradas nas parcelas de borda.

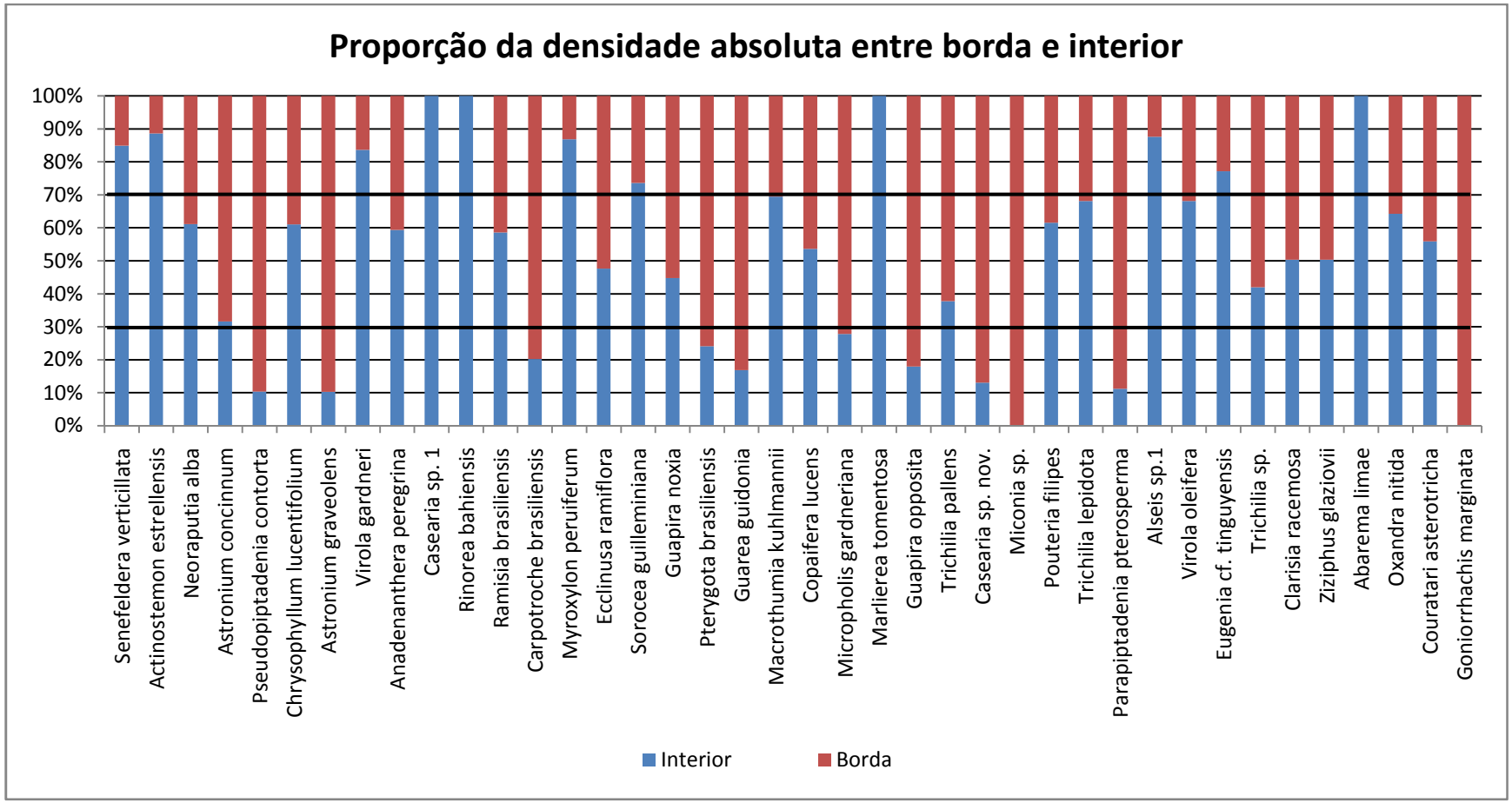


Figura 9 – Proporção da densidade absoluta (nº de indivíduos.ha^{-1}) entre o ambiente de borda e o interior do fragmento para as 40 espécies que apresentaram maior densidade, a partir de dados obtido em 39 parcelas alocadas na FLONA Pacotuba em Cachoeiro de Itapemirim-ES.

O segundo grupo é formado pelas espécies que apresentaram pelo menos 70% da densidade absoluta no interior do fragmento, estas espécies são: *Senefeldera verticillata, Actinostemon estrellensis, Virola gardneri, Myroxylon peruiferum, Sorocea guilleminiana, Alseis sp.1, Eugenia cf. tinguyensis, Casearia sp. 1, Rinorea bahiensis, Marlierea tomentosa, Abarema limae,* destacando-se estas quatro últimas espécies que foram encontradas exclusivamente nas parcelas do interior.

Por último, o grupo formado pelas espécies que não apresentaram uma densidade absoluta deslocada para um dos ambientes estudados, ou seja, são aquelas espécies que não apresentaram, em proporção, densidade absoluta maior ou igual a 70%, seja para o ambiente de borda ou para o interior da floresta. Estas espécies são: *Neoraputia alba, Astronium concinnum, Chrysophyllum lucentifolium, Anadenanthera peregrina, Ramisia brasiliensis, Ecclinusa ramiflora, Guapira noxia, Macrothumia kuhlmannii, Copaifera lucens, Trichilia pallens, Pouteria filipes, Trichilia lepidota, Virola oleifera, Trichilia sp., Clarisia racemosa, Ziziphus glaziovii, Oxandra nitida, Couratari asterotricha.*

Conforme este resultado infere-se que, para o fragmento estudado, o primeiro e o segundo grupo de espécies tendem a ter preferência por algum dos dois ambientes (borda ou interior), enquanto o terceiro grupo de espécies tende a ocorrer ao longo de todo o gradiente borda-interior de forma mais uniforme.

Analisando os resultados em conjunto com a classificação em grupos ecológicos das espécies, empregada por Moreira (2009), observa-se que o primeiro grupo possui a maioria de suas espécies classificadas como pioneiras ou secundárias iniciais.

Por sua vez, o segundo grupo não apresenta nenhuma espécie com estas classificações, sendo a grande maioria classificada como secundária tardia e apresentando uma espécie clímax (*Eugenia cf. tinguyensis)*.

O terceiro grupo apresenta a maioria sendo classificada como secundária inicial e secundária tardia.

Esta classificação em grupos ecológicos (pioneiras, secundárias iniciais, secundária tardia e clímax), utilizada por Moreira (2009), proposta por Budowski (1965), considera a disponibilidade de luz no ambiente e a resposta da espécie, como o principal critério de classificação. As espécies pioneiras

seriam aquelas intolerantes à sombra, necessitando de luz intensa para o pleno desenvolvimento, enquanto no outro extremo estariam as espécies clímax que possuem um ótimo de desenvolvimento em ambientes sombreados.

No entanto, levando em consideração o critério de separação em grupos de espécies acima, embora os resultados possam vir a se sustentar nesta classificação ecológica, 45% das espécies (18 de 40 espécies) foram encontradas em proporções relativamente iguais nos dois ambientes.

Excluindo o critério de separação em grupos de espécie adotados arbitrariamente neste estudo, apenas 15% das espécies (6 de 40 espécies) foram encontradas exclusivamente em um ambiente, ou seja, de modo geral, excetuando estas seis espécies, pode-se considerar que as demais possuem um comportamento generalista em relação à disponibilidade de luz no ambiente (Lieberman et al., 1995; Meira-Neto et al., 2005).

Para uma melhor compreensão da distribuição das espécies frente às variáveis ambientais estudadas, foram realizadas duas novas análises de correspondência canônica, envolvendo os grupos de espécies estipulados a partir do gráfico da Figura 9.

A primeira CCA se refere às 22 espécies que estão nos dois primeiros grupos, ou seja, são aquelas que obtiveram pelo menos 70% de sua densidade absoluta observada em um dos ambientes estudados (borda ou interior).

De acordo com a Tabela 6, observa-se que os dois primeiros eixos de ordenação explicaram 71,8% da variância observada e o resultado se mostrou estatisticamente significativo pelo teste de Monte Carlo ($P<0,01$). Observa-se na Tabela 6, alta correlação entre o primeiro e o segundo eixo das espécies com os dois primeiros eixos das variáveis ambientais (0,846 e 0,742).

Analisando os resultados, observa-se que o primeiro eixo de ordenação, que sozinho explica 38,1% da variância observada, neste caso se correlaciona de forma mais significativa com as variáveis IAF e umidade do solo (0,587 e 0,698). O fato da variável IAF apresentar uma correlação forte com estes dois grupos de espécies era esperado, pois estas espécies foram observadas preferencialmente em um dos ambientes e que são distintos em relação a esta variável.

Tabela 6 - Matriz de correlações resultante da análise de correspondência canônica entre os dois primeiros eixos de ordenação, considerando os dois grupos de espécies que apresentaram pelo menos 70% de densidade absoluta em um dos ambientes (borda ou interior), em que Sat Al; Sat base; Umid; IAF e Dec, correspondem, respectivamente, à saturação por Al, saturação por base, umidade do solo, índice de área foliar e declividade média.

	Esp. eixo 1	**Esp. eixo 2**	**V Amb eixo 1**	**V Amb eixo 2**	**Sat Al**	**Sat base**	**Umid**	**IAF**	**Dec**
Esp. eixo 1	1,00								
Esp. eixo 2		1,00							
V Amb eixo 1	0,846		1,00						
V Amb eixo 2		0,742		1,00					
Sat Al	-0,343	-0,145	-0,406	-0,196	1,00				
Sat base	0,327	0,161	0,387	0,217	-0,967	1,00			
Umidade	0,698	0,411	0,825	0,553	-0,381	0,359	1,00		
IAF	0,587	-0,403	0,694	-0,543	-0,265	0,288	0,269	1,00	
Dec	0,183	-0,497	0,216	-0,669	0,061	-0,152	-0,198	0,184	1,00
	Autovalor		**Porcentagem acumulada (%)**						
1º eixo	0,321		38,1						
2º eixo	0,284		71,8						
Teste Monte Carlo									
Traço	0.844								
F	3.884								
P	0.0020								

Esta preferência pelo ambiente de borda ou pelo interior do fragmento se torna nítida quando se observa o diagrama gerado por esta CCA (Figura 10).

Observa-se a separação dos grupos de espécies, principalmente em relação às variáveis ambientais que apresentaram diferença significativa no teste *t* de Student (declividade e IAF).

Verifica-se que o grupo de espécies que ocorrem preferencialmente na borda do fragmento se posiciona de forma oposta à declividade e ao IAF, o que era esperado, pois vale reforçar que a borda do fragmento se constitui em um ambiente pouco acidentado e com maior disponibilidade de radiação solar devido principalmente ao efeito de borda.

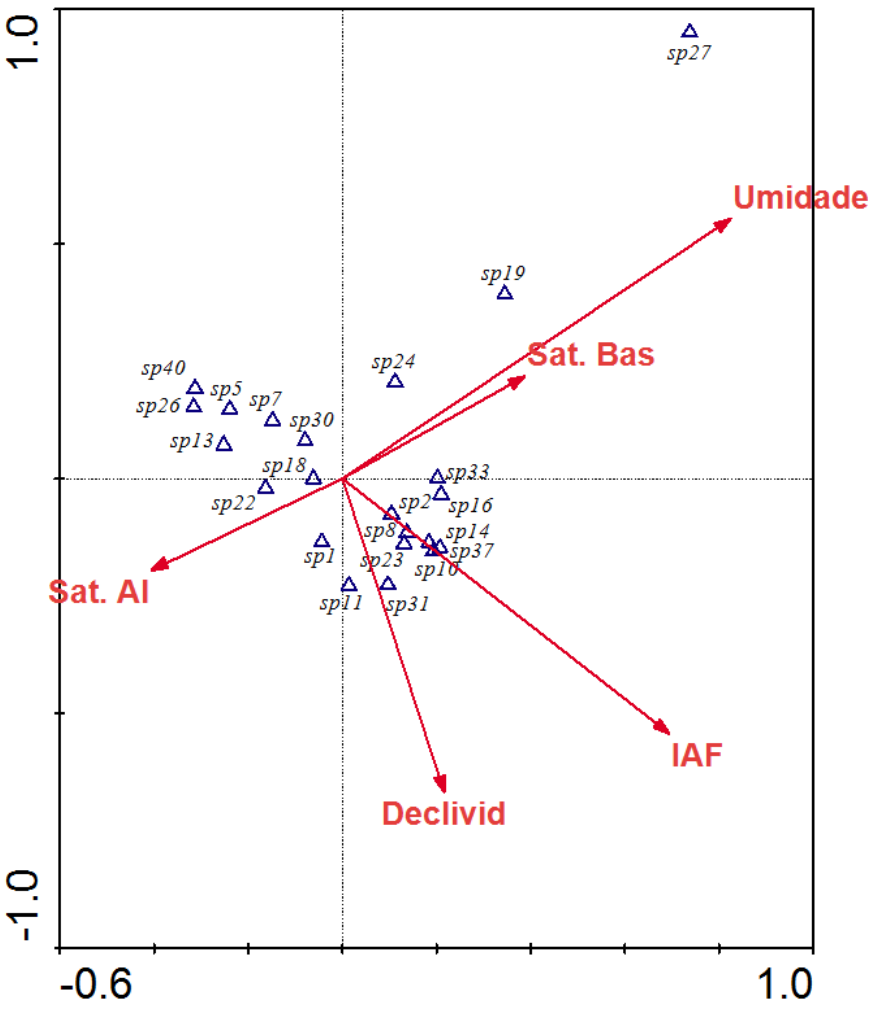


Figura 10 - Diagrama de ordenação obtida a partir da análise de correspondência canônica, representando a distribuição das 22 espécies que apresentaram pelo menos 70% de densidade absoluta em um dos ambientes (borda ou interior) e cinco variáveis ambientais (saturação por Al, saturação por base, IAF, declividade e umidade do solo), amostradas em 39 parcelas na FLONA de Pacotuba, em Cachoeiro de Itapemirim/ES. *sp1- Senefeldera verticillata; sp2 - Actinostemon estrellensis; sp5 - Pseudopiptadenia contorta; sp7 - Astronium graveolens; sp8 - Virola gardneri; sp10 - Casearia sp. 1; sp11 - Rinorea bahiensis; sp13 - Carpotroche brasiliensis; sp14 - Myroxylon peruiferum; sp16 - Sorocea guilleminiana; sp18 - Pterygota brasiliensis; sp19 - Guarea guidonia; sp22 - Micropholis gardneriana; sp23 - Marlierea tomentosa; sp24 - Guapira opposita; sp26 - Casearia sp. nov.; sp27 - Miconia sp.; sp30 - Parapiptadenia pterosperma; sp31 - Alseis sp.1; sp33 - Eugenia cf. tinguyensis; sp37 - Abarema limae; sp40 - Goniorrhachis marginata.*

Por outro lado, o grupo que envolve as espécies com pelo menos 70% da densidade absoluta observadas no interior do fragmento se posiciona no diagrama sob influência marcante do IAF e a declividade do terreno.

Comparando a distribuição das espécies entre os dois grupos, observa-se pelo diagrama que as espécies do segundo grupo estão menos dispersas entre si. Isto indica que o interior do fragmento estudado fornece condições que propicia maior competição por luz entre as espécies quando comparado à borda do fragmento, ou seja, como a borda do fragmento apresenta pouca restrição quanto à disponibilidade de radiação solar, infere-se que as espécies tendem a se dispersar ao longo do gradiente edáfico, buscando neste gradiente nichos favoráveis ao seu desenvolvimento.

De acordo com o diagrama, dentro do primeiro grupo, as espécies *Pseudopiptadenia contorta, Astronium graveolens, Carpotroche brasiliensis, Pterygota brasiliensis, Micropholis gardneriana, Casearia* sp. *nov., Parapiptadenia pterosperma* e *Goniorrhachis marginata* estão sob influência da saturação por Al, sendo menos exigentes quanto à fertilidade e umidade do solo. Diferentemente das espécies *Guarea guidonia, Guapira opposita* e *Miconia sp.,* que foram observadas em locais mais úmido e com boa disponibilidade de nutrientes no solo.

Em relação ao segundo grupo, verifica-se que a influência do índice de área foliar é tão marcante que suprime na análise o efeito das variáveis edáficas envolvidas no estudo. No entanto, percebe-se que as espécies *Senefeldera verticillata* e *Rinorea bahiensis* tendem a ocorrer em locais secos, com relevo acidentado e com baixa fertilidade, enquanto no outro extremo se destacam as espécies *Sorocea guilleminiana* e *Eugenia* cf*. tinguyensis* que foram mais observadas em locais menos acidentados e com boa condição de fertilidade e umidade do solo.

A segunda análise de correspondência canônica envolveu o terceiro grupo de espécies que são aquelas que não apresentaram, em proporção, densidade absoluta deslocada para um dos ambientes.

Os dois primeiros eixos de ordenação explicaram 72,9% da variância observada e conforme o teste de Monte Carlo aplicado os resultados foram estatisticamente significativo ($P<0,01$) (Tabela 7).

De acordo com a Tabela 7, observa-se alta correlação entre o primeiro e o segundo eixo das espécies com os dois primeiros eixos das variáveis ambientais (0,915 e 0,762).

O primeiro eixo de ordenação possui maior correlação com as variáveis edáficas (-0,839 para sat. Al, 0,881 para sat. por base). Este resultado era esperado, tendo em vista que as espécies que compõe este grupo de análise apresentaram distribuição mais uniforme no fragmento, sendo observadas em proporções semelhantes tanto no ambiente de borda, onde há uma disponibilidade de radiação maior, quanto no interior do fragmento que se constitui em um ambiente mais sombreado.

Tabela 7 - Matriz de correlações resultante da análise de correspondência canônica entre os dois primeiros eixos de ordenação, considerando o grupo de espécies que não apresentaram, preferência por um dos ambientes (borda ou interior), em que Sat Al; Sat base; Umid; IAF e Dec, correspondem, respectivamente, à saturação por Al, saturação por base, umidade do solo, índice de área foliar e declividade média.

	Esp. eixo 1	**Esp. eixo 2**	**V Amb eixo 1**	**V Amb eixo 2**	**Sat Al**	**Sat base**	**Umid**	**IAF**	**Dec**
Esp. eixo 1	1,00								
Esp. eixo 2		1,00							
V Amb eixo 1	0,915		1,00						
V Amb eixo 2		0,762		1,00					
Sat Al	-0,839	0,044	-0,918	0,058	1,00				
Sat base	0,881	-0,795	0,963	-0,104	-0,957	1,00			
Umidade	0,488	-0,024	0,533	-0,032	-0,381	0,329	1,00		
IAF	0,314	0,020	0,256	0,027	-0,323	0,324	0,396	1,00	
Dec	-0,087	0,729	-0,095	0,949	0,039	-0,163	-0,059	0,100	1,00
	Autovalor		**Porcentagem acumulada (%)**						
1º eixo	0,260		53,9						
2º eixo	0,091		72,9						
Teste Monte Carlo									
Traço	0.483								
F	3.139								
P	0.0020								

De acordo com o diagrama gerado a partir desta CCA (Figura 11), e comparando com o diagrama da Figura 10, observa-se pelo comprimento das flechas, que o índice de área foliar e a umidade do solo tiveram suas influências reduzidas de forma significativa sobre as espécies deste grupo, o que retrata o comportamento generalista destas espécies em relação, principalmente, à disponibilidade de luz no ambiente.

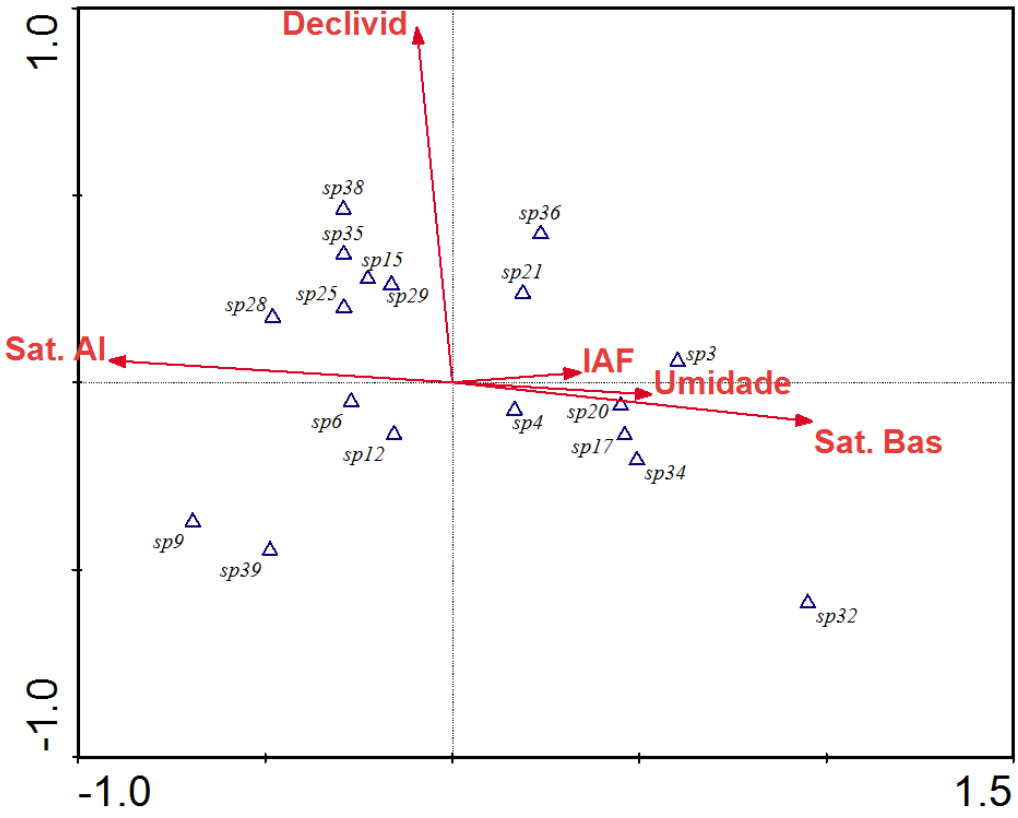


Figura 11 - Diagrama de ordenação obtida a partir da análise de correspondência canônica, representando a distribuição das 18 espécies que não apresentaram preferência por um dos ambientes e cinco variáveis ambientais (saturação por Al, saturação por base, IAF, declividade e umidade do solo), amostradas em 39 parcelas na FLONA de Pacotuba, em Cachoeiro de Itapemirim/ES. *sp3 - Neoraputia alba; sp4 - Astronium concinnum; sp6 - Chrysophyllum lucentifolium; sp9 - Anadenanthera peregrina; sp12 - Ramisia brasiliensis; sp15 - Ecclinusa ramiflora; sp17 - Guapira noxia; sp20 - Macrothumia kuhlmannii; sp21 - Copaifera lucens; sp25 - Trichilia pallens; sp28 - Pouteria filipes; sp29 - Trichilia lepidota; sp32 - Virola oleifera; sp34 - Trichilia sp.; sp35 - Clarisia racemosa; sp36 - Ziziphus glaziovii; sp38 - Oxandra nitida; sp39 - Couratari asterotricha;*

Desta forma, como estas espécies apresentam comportamento indiferente em relação ao IAF era esperado que se dispersassem ao longo do gradiente edáfico, buscando neste gradiente condições mais favoráveis para se estabelecerem.

De acordo com o diagrama, as espécies *Ecclinusa ramiflora, Trichilia pallens, Pouteria Filipe, Trichilia lepidota, Clarisia racemosa* e *Oxandra nitida* estão situadas no fragmento em locais mais abertos, acidentados e com pouca umidade e disponibilidade de nutrientes.

As espécies *Chrysophyllum lucentifolium* e *Ramisia brasiliensis* também demonstram pouca exigência quanto a disponibilidade de nutrientes no solo, no entanto estas espécies buscam locais menos acidentados do fragmento.

Copaifera lucens e *Ziziphus glaziovii* estão sob influência da declividade e do IAF, indicando que estas espécies buscam locais com uma topografia acidentada e com baixa incidência de radiação solar.

As espécies *Neoraputia Alba, Astronium concinnum, Guapira noxia Macrothumia kuhlmannii* e *Trichilia sp. estão* sob influência da saturação por base, umidade e IAF, indicando que estas espécies apresentam baixa tolerância à radiação solar e preferem se estabelecer em locais com solos férteis e úmidos.

Por fim, as espécies *Virola oleifera, Anadenanthera peregrina* e *Couratari asterotricha* tendem a se situarem em locais com baixa declividade. No entanto, as espécies *Anadenanthera peregrina* e *Couratari asterotricha* se mostraram pouco exigentes quanto a fertilidade do solo, enquanto *Virola oleifera* está sob influência da saturação por base.

6. CONCLUSÕES

- Os ambientes estudados – borda e interior do fragmento – apresentaram diferença significativa para as variáveis declividade média e índice de área foliar, apresentando assim uma heterogeneidade ambiental no fragmento relacionado ao relevo e à disponibilidade de radiação solar;
- A CCA realizada considerando as 40 espécies de maior densidade absoluta possibilitou verificar que as variáveis edáficas obtiveram as maiores correlações com as espécies no primeiro eixo de ordenação.
- As análises de correspondência canônica considerando os grupos de espécies possibilitaram uma melhor compreensão da interação entre espécies e variáveis ambientais.
- As espécies que ocorrem preferencialmente na borda do fragmento da área estudada possuem uma correlação maior com as características do solo, enquanto aquelas que ocorrem no interior a maior correlação foi com a umidade do solo e índice de área foliar.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, V. H. et al. **Interpretação dos resultados das análise de solo.** In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (editores). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Viçosa, MG. 359p. 1999.

BOTREL, R.T. et al. **Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG.** Revista Brasileira de Botânica., v.25, n.2, p.195-213, 2002.

BRÉDA, N.J.J. **Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies.** Journal of Experimental Botany, v. 54, n. 392, p. 2403-2417, 2003.

BROWN, K.S.; HUTCHINGS, R.W. **Disturbance, fragmentation and the dynamics of diversity in Amazonian Forest butterflies**.. In: LAURANCE, W. F.; BIERREGAARD JR, R.O. (editors). Tropical Forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities. University of Chicago Press. Chicago, 1997. p. 91 – 110.

BUDOWSKI, G. **Distribution of tropical american rain forest species in the light successional processes.** Turrialba, v. 15, p. 140-142. 1965.

CAMARGOS, V.L. et al**. Influência de fatores edáficos sobre florísticas na floresta estacional semidecídua no entorno da Lagoa Carioca, Paruqe Estadual do Rio Doce, MG, Brasil**. Acta Botânica Brasílica. 22(1): 75-84. 2008.

CAMPOS, E.P. et al. **Composição florística de um trecho de cerradão e cerrado *sensu stricto* e sua relação com o solo na Floresta Nacional (FLONA) de Paraopeba, MG, Brasil**. Revista Árvore, v. 30, n. 3, p. 471-479. Viçosa, MG. 2006.

CARDOSO, E.; SCHIAVINI, I. **Relação entre distribuição de espécies arbóreas e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga (Uberlândia, MG).** Revista Brasileira de Botânica, V.25, n. 3, p.277-289. 2002.

CARVALHO, K.S.; VASCONCELOS, H.L. **Forest fragmentation in Central Amazonian and its effects on litter-dwelling ants**. Biological Conservation 91: 151 – 158. 1999.

CARVALHO, W.A.C. et al. **Variação espacial da estrutura da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua em Piedade do Rio Grande, MG, Brasil**. Revista Brasileira de Botânica, v.30, n.2, p. 315-335. 2007.

DEAN, W. **With broadax and firebrand: the destruction of the Brazilian Atlantic Forest.** University of California Press. San Francisco. 1995.

DELAMÔNICA, P; LAURANCE, W.F; LAURANCE, S. G. **A fragmentação da paisagem.** *In:* OLIVEIRA, A.A. & DALY, D.C. As florestas do Rio Negro. Cia das Letras/UNIP, São Paulo. p. 285-289. 2001.

DIDHAM, R. K. **An overview of invertabrate response to habitat fragmentation**. pg. 303 – 320. In. WATT, N.; STORK E.; HUNTER, M. D. (editors). Forest and insects. Chapman and Hall, London. 1997b.

DIDHAM, R. K.; LAWTON, J. H. **Edge struture determines the magnitude of changes in microclimate and vegetation struture in tropical forest fragments.** Biotropica 31: 17 – 30. 1999.

FERNANDES, H. A. C. **Dinâmica e distribuição de espécies arbóreas em uma floresta secundária no domínio da Mata Atlântica**. 1998. Dissertação (Mestrado). 145p. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 1998.

FERREIRA-JUNIOR, W.G. et al**. Influence of soils and topographic gradients on tree species distribution in a Brazilian Atlantic Tropical Semideciduous Forest**. Edinburgh Journal of Botany. 64(2): p. 137-157. 2007.

GEIGER, R. **The climate near the ground.** Havard University Press. Cambridge. Massachusetts. 1965.

HOBBS, R.J.; ATKINS, L. **The effect of disturbance and nutrient addition on native and introduced annual in the Western Australian wheatbelt**. Australian Journal of Ecology 13: p. 171 – 179. 1988.

JANZEN, D. H. **The eternal external threat**. In: SOULÉ, M.E. (editor). Conservation Biology. The science of scarcity and diversity. Sinauer Associates. Sunderland. Massachusetts. 1986.

JONCKHEERE, I. et al. **Review of methods for in situ leaf area índex determination Part I. Theories, sensors and hemispherical photografy**. Agricultural and Forest Meteorology 121: p. 19-35. 2003.

KAPOS, V. **Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon.** Journal of Tropical Ecology 5: p. 173 – 185. 1989.

KENNEDY, D.N.; SWAINE, M.D. **Germination and growth of colonizing species in artificial gaps of different size in dipterocarp rain forest**. Philosophical Transaction of the Royal Society of London B: 335: p. 357-366. 1992.

KLAR, A.E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera.** São Paulo: Nobel. 2ª edição. 408p. 1984.

KLEIN, B.C. **Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in Central Amazonian**. Ecology 70: p. 1715 – 1725. 1989.

KOZLOWSKI, T.T. et al. **The physiological ecology of Woody plants.** Academic Press. New York, 657p. 1991.

LAN, G. et al. **Topography related spatial distribution of dominant tree species in a tropical seasonal rain Forest in China. Forest Ecology and Management**. 262: p. 1507 – 1503. 2011.

LAURANCE, W.F. **Hyper-disturbed park: edge effects and the ecology of isolated rainforest reserve in tropical Australia**. In: Laurance, W. F.; Bierregaard Jr, R.O. (editors). Tropical Forest remnants: ecology, management and conservation of fragmented communities. University of Chicago Press. Chicago. 1997. p. 71 – 83.

LAURANCE, W.F. et al. **Rain forest fragmentation and the structure of Amazonian liana communities.** Ecology 82: p. 105 – 116. 2001b.

LAURANCE, W.F. et al. **Ecosystem decay of Amazon Forest fragments: a 22-years investigation.** Conservation Biology. v. 13, n. 3, p. 605 – 618. 2002.

LAURANCE, W.F. **Forest-climate interactions in fragmented tropical landscapes.** Philos. Trans. Royal Society of Londres. B. Biology Science. 359, p. 345-352. 2004.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical ecology**. 2ª ed. Elsevier Science. Amsterdam. 853 p. 1998.

LEMOS, P.H.D. **Efeito de borda no componente arbóreo de um fragmento de floresta semidecidua, Viçosa, MG**. Dissertaçao (mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. 2008.

LIEBERMAN, M. et al. **Canopy closure and the distribution of tropical Forest tree species at La Selva, Costa Rica.** Journal of Tropical Ecology, v. 11, n. 2. p. 161-177. 1995.

LIMA, V. C. **Fundamentos de pedologia**. Setor de Ciências Agrárias. Departamento de Solos. UFPR. 343p. 2001.

LOVEJOY, T.E. et al. **Edge and other effects of isolation on Amazon Forest fragments.** In: SOULÉ, M.E. Conservation biology: the science of scarcity and diversity (Ed.). p. 257-285. Sunderland, MA: Sinauer. 1986.

MAASS, J.M. et al. **Seasonal changes of leaf área índex (LAI) in a tropical deciduous Forest in West Mexico.** Forest Ecology and Management. n. 74. p. 171 - 180. 1995.

MACHADO, E.L.M. et al. **Efeitos do substrato, bordas e proximidade espacial na estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal em Lavras, MG.** Revista Brasileira de Botânica, v.31, n.2, p.287-302, 2008.

MANLY, B.F.J. **Multivariate statistical methods**. London, Chapman & Hall, 215p. 1994.

MEIRA-NETO, J. A. A; MARTINS, F.R.; SOUZA, A. L. **Influência da cobertura e do solo na composição florística do sub-bosque em uma floresta estacional semidecidual em Viçosa, MG, Brasil**. Acta bot. bras. 19(3): p. 473-486. 2005.

MELLO, A.F. de et al. **Fertilidade do solo**. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba. São Paulo: Nobel. 3ª edição. 400p. 1983.

MESQUITA R.; DELAMÔNICA P.; LAURANCE W.F. **Effects of surrounding vegetation on edge-related tree mortality in Amazonian Forest fragments**. Biological Conservation. 91: p. 129 – 134. 1999.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE/SBF. **Fragmentação de Ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Denise Marçal Rambaldi, Daniela América Suárez de Oliveira (orgs.) Brasília: 510p. 2003.

MITTEMEIER, R.A. et. al. **Uma breve história da conservação da biodiversidade no Brasil.** Megadiversidade. Conservação Internacional. v. 1, n. 1. 2005.

MOREIRA, L. N. **Fitossociologia em ambiente de borda de fragmento de floresta estacional semidecidual.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. 116p. 2009.

MURCIA, C. **Edge effects in fragmented forest: implications for conservation.** Tree, v. 10, n. 2. 1995.

MYERS, N. et al**. Biodiversity hotspots for conservation priorities.** Nature 403: p. 853-858. 2000.

OLIVEIRA, R.A**. Classificação de sítios em plantações de eucalipto pelo método de índices de local e por classe de solos e de precipitação.** 84p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa,1998.

OLIVEIRA FILHO, A.T. et al. **Differentiation of streamside and upland vegetation in an area of montane semideciduous forest in southeastern**. **Flora**, v. 89, p. 287-305, 1994a.

OLIVEIRA FILHO et al. **Effects of soil and topography on distribution of tree species in a tropical riverine forest in South – Eastern Brazil.** Journal of Tropical Ecology. v. 10. p. 483-508. 1994b.

PAULA, S.A.; LEMOS FILHO, J.P. **Dinâmica do dossel em mata semidecídua no perímetro urbano de Belo Horizonte, MG.** Revista brasileira de Botânica, v. 24, n. 4 (suplemento), São Paulo, p. 545-551. 2001.

PRADO, P. I. et al. **Ordenação multivariada na ecologia e seu uso em ciências ambientais.** Ambiente & Sociedade. ano 5, n. 10, 17p. 2002.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. 6 ed. Londrina: Planta, 327p. 2001.

PEET, R.K.; LOUCKS, O.L. **A gradient analysis of southern Winsconsin forest**. Ecology 58, p. 485 – 499. 1977.

PEZZOPANE, J. E. M. **Caracterização microclimática, ecofisiológica e fitossociológica em uma floresta estacional semidecidual secundária, em Viçosa/MG.** 2001. 255p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2001.

PICKETT, S.T.A. **Non-equilibrium coexistence of plants.** Bull. Torrey bot. Club 107, p. 238 – 248. 1980.

RANZANI, G. **Origem e desenvolvimento do solo**. Apostila mimeografada. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz". Piracicaba, v. 1, 217p 1969.

RESENDE, M.; CURI, N.; SANTANA, D.P. **Pedologia e fertilidade do solo: interações e interpretações.** Ministério da Agricultura, Brasília. Universidade Federal de Lavras, Lavras. 81p. 1988.

RESENDE, M. et al. **Pedologia: base para distinção de ambiente**. Viçosa: NEPUT. 4ª edição. 338p. 2002.

RODRIGUES, P. J. F. P.; NASCIMENTO, M. T. **Fragmentação florestal: breves considerações teóricas sobre efeitos de borda.** Rodriguésia 57 (1): p. 63-74. 2006.

RODRIGUES, L.A. et al. **Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG.** Revista Árvore, v. 31, n. 1. Viçosa. 2007.

SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J.; MARGULES, C. R. **Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review.** Conservation Biology. v. 5. n. 1. p. 18-32. 1991.

SOUZA, J. S et al. **Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidcidua á margens do rio Capivari, Lavras-MG**. R. Árvore, Viçosa-MG, v.27, n.2, p.185-206, 2003.

TABARELLI, M et. al. **Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira**. Megadiversidade. v.1. n. 1. 2005.

TER BRAAK, C.J.F.; PRENTICE, I. C. **A theory of gradient analysis.** Elsevier. Vol. 18. p. 71 – 317. 1988.

TER BRAAK, C.J.F.; LOOMAN, C.W.N. **Weighted averaging, logistic regression and the Gaussian response model**. Vegetatio 65: p. 3 – 11. 1986.

TER BRAAK, C.J.F. **CANOCO – a FORTRAN program or canonical community ordination by (partial) (dentred) (canonical) correspondence analysis, and redundancy analysis (version 2.1).** Wageningen: TNO – Institute of applied Compter Science. 95p. 1988.

TER BRAAK, C.J.F. **Canonical correspondence analysis: a new eingevector technique for multivariate direct gradient analysis**. Ecology, v. 67, n. 5, p. 1167 – 1179. 1986.

TER BRAAK, C.J.F. **The analysis of vegetation environment relationships by canonical correspondence analysis**. Vegetatio, v.69, p.69-77, 1987.

TER BRAAK, C. J. F. AND VERDONSCHOT, P. F. M. **Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology**. Aquatic Sciences, 57, p. 255-289. 1995.

TILMAN, D. **Resource competition and community structure**. Princeton University Press, Princeton. 1982.

TRANQUILLINI, W**. Physiological ecology of the alpine timberline; tree existence at high altitudes with special references to the European Alps. Springer**. New York. 1979.

VELOSO, H.P., OLIVEIRA FILHO, L.C., VAZ, A.M.S.F., LIMA, M.P.M., MARQUETE, R. & BRAZÃO, J.E.M. (orgs.). **Manual técnico da vegetação brasileira**. IBGE, Rio de Janeiro, v.1. 19.

VIANA, V.M. **Conservasão da biodiversidade de fragmentos de florestas tropicais em paisagens intensivamente cultivadas.** In: *Abordagens interdisciplinares para a conservação da biodiversidade e dinâmica do uso da terra no novo mundo.* Belo Horizonte/Gainesville: Conservation International do Brasil/Universidade Federal de Minas Gerais/University of Florida. p. 135-154. 1995.

VIANA, V.M.; TABANEZ, A.A.J.; MARTINS, J.L.A. **Restauração e manejo de fragmentos florestais**. In: 2º Congresso Nacional Sobre Essências Nativas, Anais, São Paulo: Instituto Florestal de São Paulo. p. 400-407. 1992.

VIANA, V.M.; PINHEIRO, L.A.F.V. **Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais.** Série Técnica IPEF. v. 12. n. 32. p. 25-42. 1998.

VIANA, V.M.; TABANEZ, A.A.J. **Biology and conservation of Forest fragments in the Brazilian Atlantic moist Forest.** In: *Forest patches in tropical landscape.* Washington: Island Press. p. 151-167. 1996.

WELDEN, C.W. et al. **Sapling survival, growth and recruitment: relationship to canopy height in a neotropical forest**. Ecology 72: p. 35-50. 1991.