

**Universidade estadual Paulista  
Instituto de Biociências  
Campus de Rio Claro**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICA (BIOLOGIA  
VEGETAL)**

**Estrutura, composição e riqueza da comunidade arbórea e relações com variáveis  
edáficas e topográficas na Floresta Pluvial Atlântica no Parque Estadual da Serra  
do Mar, São Paulo, Brasil**

**RODRIGO FERREIRA DE MORAIS**

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do  
Campus de Rio Claro, Universidade Estadual  
Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte  
dos requisitos para obtenção do título de  
Doutor em Ciências Biológicas (Biologia  
Vegetal).

Rio Claro  
Janeiro – 2016

**Universidade estadual Paulista  
Instituto de Biociências  
Campus de Rio Claro**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICA (BIOLOGIA  
VEGETAL)**

**Estrutura, composição e riqueza da comunidade arbórea e relações com variáveis  
edáficas e topográficas na Floresta Pluvial Atlântica no Parque Estadual da Serra  
do Mar, São Paulo, Brasil**

**RODRIGO FERREIRA DE MORAIS**

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do  
Campus de Rio Claro, Universidade Estadual  
Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte  
dos requisitos para obtenção do título de  
Doutor em Ciências Biológicas (Biologia  
Vegetal).

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio de Assis

Rio Claro  
Janeiro – 2016

581.5 Morais, Rodrigo Ferreira de  
M827e Estrutura, composição e riqueza da comunidade arbórea e  
relações com variáveis edáficas e topográficas na Floresta  
Pluvial Atlântica no Parque Estadual da Serra do Mar, São  
Paulo, Brasil / Rodrigo Ferreira de Morais. - Rio Claro, 2016  
125 f. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,  
Instituto de Biociências de Rio Claro  
Orientador: Marco Antonio de Assis

1. Ecologia vegetal. 2. Relação solo vegetação. 3. Índice  
de convexidade. 4. Floresta ombrófila densa. 5. Análises  
multivariada. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
CAMPUS DE RIO CLARO  
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE RIO CLARO

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** Estrutura, composição e riqueza da comunidade arbórea e relações com variáveis edáficas e topográficas na Floresta Pluvial Atlântica no Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, Brasil

**AUTOR:** RODRIGO FERREIRA DE MORAIS

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. MARCO ANTONIO DE ASSIS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGIA VEGETAL), pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. MARCO ANTONIO DE ASSIS

Departamento de Botânica / Instituto de Biociências de Rio Claro - SP

  
Profa. Dra. NATÁLIA MACEDO IVANAUSKAS

Instituto Florestal de São Paulo - SMA / SP

  
Profa. Dra. MAÍRA DE CAMPOS GORGULHO PADGURSCHI

Departamento de Biologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas - SP

  
Prof. Dr. SERGIUS GANDOLFI

Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) - Piracicaba / SP

  
Profa. Dra. ALESSANDRA TOMASELLI FIDELIS

Departamento de Botânica / Instituto de Biociências de Rio Claro - SP

Data da realização: 08 de janeiro de 2016.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” pela oportunidade de estudo.

Ao Departamento de Botânica do Instituto de Biociências, UNESP/Rio Claro, programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal) e Instituto Florestal, por todo o suporte concedido para o desenvolvimento deste projeto.

Ao CNPq pela bolsa de doutorado concedida.

Em especial, ao Prof. Dr. Marco Antonio de Assis pela orientação, dedicação e oportunidades oferecidas.

Ao professor Dr. Carlos Alfredo Joly, coordenador do projeto Temático BIOTA Gradiente-funcional, por me ceder à oportunidade de trabalhar neste projeto de tão grande magnitude e importância para conservação da Mata Atlântica e que muito contribuiu para minha formação.

Aos professores do Departamento de Botânica pelos ensinamentos, apoio e estímulo ao longo desses quatro anos de convivência.

A todos os amigos e amigas de campo Vitor, Grabiél Marcusso, Grabiél Sabino, Matheus, Carolina, Roberta, Diogo, Cinthia, Ana Claudia, Vitória, em especial ao Renato “Pezão” e Luís Bernacci.

Aos especialistas: Pedro Luís Rodrigues de Moraes, Augusto Giaretta, Luís Bernacci, Jorge Yoshio Tamashiro, Ariane Luna Peixoto, Leonardo Meireles, Marcos Eduardo Guerra Sobral, Júlio Lombardi, Ana Claudia Fernandes, Gisele Areias e Gabriel Mendes Marcusso pela grande ajuda na identificação do material amostrado.

A todos os colegas do curso de Pós-graduação em Ciências Biológicas - Biologia Vegetal, pelas trocas de experiências, discussões e amizade, em especial aos amigos Diogo e Gabriel.

À minha querida esposa Carla por compreender minha ausência, e pelo apoio incondicional para o cumprimento de mais essa etapa.

Ao meu Pequeno que me ofereceu a grande experiência de ser pai “*quero aprender com o teu pequeno grande coração meu amor, meu Ian*”.

À Arlete e João, meus pais, pelo apoio incondicional, confiança e paciência. As conquistas pessoais e profissionais que alcancei, eu devo, em grande parte, a vocês!

À banca, pelo tempo despendido para colocarem suas críticas e sugestões para melhoria deste trabalho.

Por fim, a todos que direta ou indiretamente ajudaram na realização desta pesquisa.

## RESUMOGERAL

Nas florestas tropicais os complexos fatores ambientais responsáveis pelos padrões de distribuição espacial da vegetação são de grande interesse de pesquisas em ecologia vegetal. O objetivo principal desta tese foi estudar a estrutura e a composição florística da comunidade arbórea da Floresta Pluvial Atlântica (Floresta Ombrófila Densa Montana) em um gradiente de altitude, e as possíveis correlações com fatores topográficos e edáficos no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleos de Picinguaba, Santa Virgínia e Cunha, no sudeste do Brasil. Para tanto, esta tese foi dividida em três capítulos. No primeiro analisamos as variações na estrutura, composição e a riqueza em escala local e as relações com as variáveis topográficas e edáficas. No segundo verificamos a similaridade florística, e variações na riqueza e estrutura da comunidade arbórea entre as altitudes de 600 e 1.100 m, e verificamos as relações dos padrões florísticos e de riqueza com os fatores topográficos e edáficos. Por fim, no terceiro capítulo analisamos as variações na estrutura, composição e riqueza de espécies da comunidade arbórea relacionadas as condições edáficas, e a contribuição na diversidade beta no gradiente de altitude (600, 800, 1.000 e 1.100 m). Em cada altitude foram implantadas 4 parcelas de 50 x 50 m, subdividas em 10 x 10 m. Realizamos os levantamentos florístico-fitosociológicos aos 600 e 1.100 m de altitude, e as medições das variáveis topográficas e amostragem do solo aos 600, 1.000 e 1.100 m. Compilamos os dados dos levantamentos aos 800 e 1.000 m de altitude, e para as variáveis edáficas e topográficas da cota de 800 m. Foram amostrados os indivíduos com PAP  $\geq$  15 cm. Os resultados indicam que as variáveis edáficas e topográficas não influenciaram nos parâmetros estruturais da comunidade arbórea, no entanto, estiveram relacionadas com a distribuição das espécies e riqueza local. Os efeitos do solo e da topografia na distribuição das espécies e na riqueza divergem parcialmente em diferentes altitudes (600 e 1.100), sendo estas divergências atribuídas às diferentes condições topográficas das florestas, nas quais os efeitos da topografia na comunidade arbórea e nas condições edáficas são mais pronunciados em ambientes com amplitudes de maior inclinação. As características florísticas e estruturais da floresta aos 1.100 m, indicam uma região de transição entre a Floresta Ombrófila Densa Montana e Altomontana. No gradiente de altitude verificamos diferenças na composição florística e alta substituição de espécies, sendo que as florestas de altitude mais elevadas (1.000 e 1.100 m) mais contribuem para diversidade beta. Diferenças na riqueza ao longo do gradiente não foram relacionadas com as variáveis edáficas, sendo as menores riquezas encontradas nos extremos do gradiente, já as diferenças na composição florísticas estiveram relacionadas às condições edáficas do gradiente de altitude.

**Palavras-chave:** Índice de Convexidade, Floresta Ombrófila Densa, análises multivariadas, Gradiente de altitude.

## ABSTRACT

In tropical forests, the complex environmental factors responsible for the spatial distribution patterns of vegetation are of great interest for research in plant ecology. The main objective of this research was to analyze the structure and floristic composition of the tree community of the Atlantic Rain Forest (Montana Rain Forest) in a gradient of altitude, and possible correlations with topographic and soil factors in the Atlantic Rain Forest in the State Park Serra do Mar, Núcleo of Picinguaba, Santa Virgínia and Cunha, in Southeastern Brazil. To this purpose, we divided this research into three chapters. At first we examined the changes in the structure, composition and richness at the local level and relations with topographic and edaphic variables. In the second, we evaluated the floristic similarity and variations in richness and structure of the tree community between the altitudes of 600 and 1.100 m, and verify the relations of floristic patterns and richness with topographic and edaphic factors. Finally, in the third chapter we examined the changes in the structure, composition and species richness of tree community related to soil conditions, and the contribution in the beta diversity in altitude gradient (600, 800, 1.000 and 1.100 m). At each altitude, we implanted four plots of 50 x 50 m, subdivided into 10 x 10 m. We conducted flora-Phytosociological surveys at the 600 and 1.100 m a.s.l, took measurements of the environmental variables and soil sampling of the 600, 1.000 and 1.100 m. We compiled data from surveys at 800 and 1.000 m a.s.l, and the soil and topographic variables quota of 800 m. Individuals with PBH  $\geq$  15 cm were sampled. The results indicate that soil and topographic variables did not influence the structural parameters of the tree community, however, they were related to the distribution of species and the local richness. The effects of soil and topography in species distribution and richness partially diverge at different altitudes (600 and 1.100), and these differences attributed to the different topographical conditions of the forests, where the effects of topography on the tree community and the soil conditions are more pronounced in environments with greater inclination amplitudes. The floristic and structural characteristics of the forest at 1.100 m, indicate a transition region between the Atlantic Rain Forest and Upper Montane and Montana. In the elevation gradient, we found differences in the floristic composition and high turnover of species, and the forests at greater altitudes (1.000 to 1.100 m) contributed more to beta diversity. Differences in richness over gradient were not related to the edaphic variables, and the lowest richness found in the extremes of the gradient. In the other hand, the differences in floristic composition were related to soil conditions of altitude gradient.

**Keywords:** Convexity Index, Rain Forest, multivariate analyzes, altitude gradient.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

**Figura 1** – Localização da área de estudo e disposição das parcelas no trecho da Floresta Pluvial Atlântica, No Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, sudeste do Brasil.....25

**Figura 2** – Curva de rarefação para as quatro parcelas no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba Floresta Pluvial Atlântica, sudeste do Brasil – (P1 – parcela 1, P2 – parcela 2, P3 – parcela 3, P4 – parcela 4).....33

**Figura 3** – Dendrograma de similaridade com base na matriz de abundância das espécies para as parcelas amostradas em um trecho de Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, sudeste do Brasil (P1– parcela 1, P2– parcela 2, P3– parcela 3, P4 – parcela4).....34

**Figura 4** - Condições topográficas das parcelas em um trecho Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, sudeste do Brasil (A – Parcela 1; B Parcela 2; C – Parcela 3; D Parcela 4).....35

**Figura 5** - Diagrama gerado pela Análise de Correspondência Canônica para relação das variáveis físicas e químicas com a matriz de abundância das espécies de um trecho Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, sudeste do Brasil (MO – matéria orgânica, roch - cobertura de rocha, decl – declividade, IC- índice de convexidade).....39

### CAPÍTULO II

**Figura 1** – Localização da área de estudo e disposição das parcelas no trecho da Floresta Pluvial Atlântica aos 1.100 de altitude, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Cunha, sudeste Brasil.....58

**Figura 2** – Condições topográficas das parcelas em um trecho Floresta Pluviais Atlântica aos 1.100 m de altitude, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Cunha, sudeste Brasil (A – Parcela 1; B Parcela 2; C – Parcela 3; D Parcela 4).....64

**Figura 3** – Curva de rarefação para os conjuntos amostrais da Floresta Pluvial Atlântica aos 1.100 m de altitude, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Cunha, sudeste Brasil (P1 – parcela 1, P2 – parcela 2, P3 – parcela 3, P4 – parcela 4).....70

**Figura 4** – Dendrograma de similaridade com base na matriz de abundância das espécies para os conjuntos amostrais da Floresta Pluvial Atlântica aos 1.100 m de altitude, no sudeste do Brasil (P1 – parcela 1; P2 – parcela 2; P3 – parcela 3; P4 – parcela4).....70

**Figura 5** - Diagrama gerado pela Análise de Correspondência Canônica para relação das variáveis físicas e químicas com a matriz de abundância das espécies para os conjuntos amostrais da Floresta Pluvial Atlântica aos 1.100 m de altitude, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Cunha, sudeste Brasil.....72

### **CAPÍTULO III**

**Figura 1** – Localização das parcelas ao longo do gradiente de altitude da Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil (Q – 600 m; P - 800 m; M – 1.000; e T – 1.100 m de altitude).....91

**Figura 2** – (A) Modelo nulo (MDE) e riqueza estimada na rarefação, (B) Correlação entre o MDE e a riqueza estimada no gradiente de altitude de Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil.....97

**Figura 3** - Dendograma segundo a análise de Twispan para os dados de abundância das espécies no gradiente de altitude de Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil (Espécies indicadoras são apresentadas na tabela 4).....98

**Figura 4** - Diagrama gerado pela Análise de Correspondência Canônica para relação das variáveis físicas e químicas com a matriz de abundância das espécies no gradiente de altitude de Floresta Pluvial Atlântica no Parque Estadual da Serra do Mar, Sudeste do Brasil.....102

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

**Tabela 1** - Parâmetros quantitativos para as parcelas amostradas em uma Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, sudeste do Brasil (Alt<sub>m</sub> – altura média, diam – diâmetro médio, AB - área basal, N – número de indivíduos, SP – número de espécies, EX – espécies exclusivas, Fam – número de famílias, H' - índice de Shannon, J' - equabilidade de Pielou).....29

**Tabela 2** - Parâmetros fitossociológicos para as 39 espécies com número de indivíduos  $\leq 5$  e DAP  $\geq 4,8$  (apresentado em ordem alfabética), em um trecho de Floresta Pluvial Atlântica, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, no sudeste do Brasil (N= número de indivíduos, DR = densidade relativa, DoR= dominância relativa e VI = valor de importância; \* espécies comuns entre as parcelas).....31

**Tabela 3** - Média ( $\pm$  desvio padrão) e análise de variância de variáveis topográficas e físico-químicas das quatro parcelas amostras em um trecho de Floresta Pluviais Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, sudeste do Brasil (\*\* = significativo  $p < 0,01$ ; \*\*\* = significativo  $p < 0,001$ ; ns = não significativo).....36

**Tabela 4** - Média ( $\pm$  desvio padrão) e análise de variância de variáveis físico-químicas do solo entre pedoformas convexa e côncava em um trecho de Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, sudeste do Brasil (\* =  $p < 0,05$ ; \*\* =  $p < 0,01$ ; \*\*\* =  $p < 0,001$ ); ns = não significativo).....37

**Tabela 5** - Resultados das análises de Correspondência Canônica para relação entre as variáveis topográficas com a matriz de estrutural e matriz de abundância para conjuntos de parcelas de uma Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, sudeste do Brasil.....38

**Tabela 6** - Seleção do MGL para relação entre as estimativas de riqueza e variáveis edáficas e topográficas, segundo o critério de Informação de Akaike, para Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, sudeste do Brasil.....39

### CAPÍTULO II

**Tabela 01** - Parâmetros quantitativos para as cotas de 600(Q) e 1.100 (T) metros de altitudes amostradas de Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Cunha, sudeste Brasil (Decl – Declividade, Sp – Número de espécies, N – número de indivíduos; diam – diâmetro médio Alt – altura média, AB - área basal, H' - índice de Shannon, J' - equabilidade de Pielou).....62

**Tabela 2** – Valores da análise de espécies indicadoras (IndVal) para dois trechos de Floresta Pluvial Atlântica, sudeste do Brasil (Probabilidade  $p \leq 0,05$ ) (Grupos 1 - 600 m; Grupo 2 - 1.100 m de altitude).....63

**Tabela 3** – Média ( $\pm$  desvio padrão) e análise de variância de variáveis topográficas e físico-químicas para conjuntos amostrais da Floresta Pluvial Atlântica aos 1.100 m de altitude, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Cunha, sudeste Brasil (\* = significativo  $p < 0,05$ ; \*\* = significativo  $p < 0,01$ ; \*\*\* = significativo  $p < 0,001$ ; ns= não significativo).....65

**Tabela 4** - Parâmetros fitossociológicos das 54 espécies com no mínimo 5 indivíduos e PAP  $> 15$  cm para os conjuntos amostrais da Floresta Pluvial Atlântica aos 1.100 m de altitude, no

Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Cunha, sudeste Brasil (N= número de indivíduos, DR em ordem decrescente de VI = densidade relativa, DoR= dominância relativa e VI = valor de importância. \*= espécies comuns para todas parcelas).....67

**Tabela 5** - Resultados das análises de Correspondência Canônica para relação entre as variáveis topográficas com a matriz de estrutural e matriz de abundância para os conjuntos amostrais da Floresta Pluvial Atlântica aos 1.100 m de altitude, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Cunha, sudeste Brasil.....71

**Tabela 6** - Seleção do Modelo Linear Generalizado - para as estimativas de diversidade e variáveis edáficas e topográficas, segundo o critério de Informação de Akaike, para Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Cunha, sudeste Brasil.....73

### CAPÍTULO III

**Tabela 1** – Parâmetros quantitativos para as parcelas no gradiente de altitude na Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil (Altm – Altitude média; SpE – espécies exclusivas; N – número de indivíduos; diam – diâmetro médio (cm); altm – altura média (m); AB - área basal (m<sup>2</sup>/ha); H' - índice de Shannon; J' - equabilidade de Pielou; altitudes – Q =600 m; P = 800 m, M =1.000 m e T = 1.100 m.).....94

**Tabela 2** - Média ( $\pm$  desvio padrão) e análise de variância de variáveis estruturais da comunidade arborea entre as diferentes cotas no gradiente de altitude de Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil (\* = significativo p <0,05; \*\* = significativo p <0,01; \*\*\* = significativo p < 0,001; ns = não significativo).....96

**Tabela 3** – Matriz de correlação entre os parâmetros estruturais e florísticos com a altitude em um gradiente altitudinal da Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil (em negrito as relações com P < 0,05).....96

**Tabela 4** – Similaridade florística no gradiente de altitude de Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra, sudeste do Brasil.....97

**Tabela 5** - Valores da análise de espécies indicadoras (IndVal) para o gradiente de altitude da Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil (Probabilidade p  $\leq$  0,05) (Grupos 1 -600 m; Grupo 2 – 800; Grupo 3 – 1.000; Grupo 4 - 1.100 m de altitude).....99

**Tabela 6** - Média ( $\pm$  desvio padrão) e análise de variância de variáveis topográficas e físico-químicas entre as diferentes cotas no gradiente de altitude de Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil (\* = significativo p <0,05; \*\* = significativo p <0,01; \*\*\* = significativo p < 0,001; ns = não significativo).....100

**Tabela 7** - Resultados das análises de Correspondência Canônica para relação entre as matriz de variáveis edáficas e estrutural e matriz de abundância, no gradiente de altitude de Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil.....101

**Tabela 8** - Seleção do Modelo Linear Generalizado para as estimativas de diversidade e variáveis edáficas e topográficas, segundo o critério de Informação de Akaike (AIC), para no gradiente de altitude de Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil. **Negrito** – modelos escolhidos.....102

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	15
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	15
<b>CAPÍTULO I - Influência das variáveis topográficas e edáficas na estrutura e distribuição de espécies arbóreas em Floresta Pluvial Atlântica</b>	
Resumo.....	20
Abstract.....	21
1 INTRODUÇÃO.....	22
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
2.1 Área de estudo.....	24
2.2 Coleta dos dados.....	25
2.3 Análises dos dados.....	27
3. RESULTADOS.....	29
3.1 Florística e estrutural.....	29
3.2 Solo e da topografia .....	34
3.3 Variáveis topográficas e edáficas e a comunidade arbórea.....	37
4. DISCUSSÃO.....	40
4.1 Florística e estrutura.....	40
4.2 A comunidade arbórea e relações com variáveis topográficas e edáficas.....	43
5 REFERÊNCIAS.....	46
<b>CAPÍTULO II - Mudanças na estrutura, composição e riqueza da comunidade arbórea e relações com solo e topografia em dois trechos de Floresta Pluvial Atlântica</b>	
Resumo.....	53
Abstract.....	54
1 INTRODUÇÃO.....	55
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	57
2.1 Área de estudo.....	57
2.2 Coleta dos dados .....	59
2.3 Análises dos dados.....	60

3 RESULTADOS.....	62
3.1 Comparações da florística e estrutura.....	62
3.2 Relações edáficas e topográficas com a comunidade arbórea aos 1.100 m.....	65
4 DISCUSSÃO.....	74
4.1 Comparações florísticas e estruturais.....	74
4.2 Comparações das relações topográficas e edáficas com a comunidade arbórea para as duas cotas de altitudes.....	77
5. REFERÊNCIAS.....	79

**CAPÍTULO III - Relações edáficas com a estrutura, riqueza e diversidade da comunidade arbórea em um gradiente de altitude na Floresta Pluvial Atlântica**

Resumo.....	86
Abstract .....	87
1 INTRODUÇÃO.....	88
2 MATERIAL E MÉTODOS .....	90
2.1 Área de estudo.....	91
2.2 Compilação dos dados e preparação das matrizes.....	91
2.3 Coleta dos Dados.....	92
2.4 Análises dos dados.....	92
3 RESULTADOS.....	95
3.1 Variações florísticas e estruturais.....	95
3.2 Relações entre as variáveis topográficas e edáficas e entre estrutura e distribuição das espécies.....	99
4 DISCUSSÃO.....	103
5 REFERÊNCIAS.....	108
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	113
ANEXO I .....	114
ANEXO II.....	118
ANEXO III .....	121
ANEXO IV.....	127

## APRESENTAÇÃO

Nas florestas tropicais os padrões de riqueza de espécies ocorrem em resposta a vários gradientes ecológicos (GIVNISH, 1999; WRIGHT, 2000; JOHN et al., 2007; BALDECK et al., 2015), sendo um padrão amplamente descrito para estas florestas a variação na distribuição das espécies e na diversidade ao longo do gradiente de altitude (GENTRY, 1982; LIEBERMAN et al., 1996; VÁZQUEZ;GIVNISH, 1998; JOLY et al., 2012). No entanto, estudos mostram que variações florísticas e da diversidade em gradiente de altitude, também estão associadas à heterogeneidade das condições locais (ITOH et al. 2003.; ZAO et al. 2015), e compreender estas relações contribui para realização de estudos em vários enfoques ecológicos, além da elaboração de bases teóricas para conservação da biodiversidade (EISENLOHR et al., 2013).

A Floresta Pluvial Atlântica, um dos hotspots globais (MYERS et al., 2000) que foi reduzida à menos de 12% de sua área original (RIBEIRO et al., 2009), ocorre em toda a costa brasileira apresentando heterogeneidade de condições climáticas e edáficas, despertando grande interesse para os estudos ecológicos e de conservação (EISENLOHR et al. 2013 ). Nesta floresta, as variações do perfil florístico são atribuídas às variações das latitudes e condições climáticas ao longo do gradiente de altitude (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000; SCUDELLER et al., 2001; LOVETT et al, 2006; EISENLOHR; OLIVEIRA-FILHO, 2015). Porém, estudos recentes têm evidenciado que a composição florística desta floresta não apresenta variações diretamente relacionadas somente ao gradiente de altitude, e outros fatores estariam influenciando na distribuição das espécies (JOLY et al., 2012; SANCHEZ et al., 2013; EISENLOHR; OLIVEIRA-FILHO, 2015). Assim, apesar do grande volume de dados produzidos pelos trabalhos existentes para essas comunidades arbóreas, as correlações entre os padrões do componente arbóreo com fatores locais, tais como solo e topografia, encontram-se pouco explorados.

O presente estudo encontra-se inserido no contexto de dois amplos projetos, ambos no Parque Estadual da Serra do Mar, no estado de São Paulo no Sudeste do Brasil. O primeiro visou levantar a composição florística, e compreender os aspectos da estrutura e funcionamento da Floresta Pluvial Atlântica (Floresta Ombrófila Densa – FOD) dos Núcleos Picinguaba, Santa Virgínia (FAPESP/Biota 10/50811-7 e 03/12595-7), e o segundo, ainda em andamento, tem como propósito realizar o levantamento florístico-estrutural e a dinâmica do funcionamento dessa Floresta Atlântica dos Núcleos Caraguatatuba, Cunha, Picinguaba e Santa Virginia (CNPq PELD Processo 403710/2012-0). Neste contexto, o objetivo principal desta tese foi analisar a estrutura e a composição florística da comunidade arbórea da Floresta Pluvial Atlântica em um gradiente de altitude e as possíveis correlações com fatores topográficos e edáficos.

Os resultados apresentados nesta tese foram gerados a partir dos levantamentos florísticos e fitossociológicos de dois hectares, sendo um aos 600 m de altitude e outro aos 1.100 m, e das medições topográficas e amostragem de solo para análises físico-químicas nas altitudes de 600, 1.000 e 1.100 m. Também foram compilados, os dados da composição de espécies e estrutura de duas cotas de altitudes aos 800 e 1.000 m (1 ha em cada altitude), e as informações edáficas e topográficas da altitude de 800 m.

Para tanto, esta tese foi dividida em três capítulos. No primeiro procuramos analisar as variações na estrutura, composição e riqueza em escala local e as relações com as variáveis topográficas e edáficas. No segundo verificamos a similaridade florística e variações na riqueza e estrutura da comunidade arbórea entre as cotas de altitude de 600 e 1.100 m, analisamos os efeitos da topografia e do solo nas diferentes altitudes. Por fim, no terceiro capítulo analisamos as variações na estrutura, na composição e riqueza de espécies da comunidade arbórea relacionadas as condições edáficas e a contribuição na diversidade beta em um gradiente de altitude na Floresta Pluvial Atlântica.

## REFERÊNCIAS

- BALDECK, C.A.; HARMS, K.E.; YAVITT, J.B.; JOHN, R.; TURNER, B.L., VALENCIA, R.; NAVARRETE, H., DAVIES, S.J., CHUYONG, G.B., KENFACK, D.; THOMAS, D.W.; MADAWALA, S.; GUNATILLEKE, N.; GUNATILLEKE, S.; BUNYAVEJCHEWIN, S.; KIRATIPRAYOON, S.; YAACOB, A.; SUPARDI, M.N.N.; DALLING, J.W. Soil resources and topography shape local tree community structure in tropical forests. **Royal Society** 280: 20122532. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2012.2532>. 2012.
- EISENLOHR, P. V.; ALVES, L. F.; BERNACCI, L. C.; PADGURSCHI, M. C. G.; TORRES, R. B.; PRATA, E. M. B.; SANTOS, F. A. M. A.; RAMOS, E.; ROCHELLE, A. L. C.; MARTINS, R. M.; CAMPOS, M. C. R.; PEDRONI, F.; SANCHEZ, M.; PEREIRA, L. P.; VIEIRA, S. A.; ATALIBA, J. M.; TAMASHIRO, J. Y.; SCARANELLO, M. A. S.; CARON, C. J.; JOLY, C. A. Disturbances, Elevation, Topography And Spatial Proximity Drive Vegetation Patterns Along An Altitudinal Gradient Of A Top Biodiversity Hotspot. **Biodiversity and Conservation**. DOI 10.1007/s10531-013-0553-x. 2013.
- EISENLOHR, P.V.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Revisiting Patterns of Tree Species Composition and their Driving Forces in the Atlantic Forests of Southeastern Brazil. **Biotropica** 0(0): 1–13. 2015.
- GENTRY, A.H.. Neotropical floristic diversity: phytogeographical connections between Central and South America, pleistocene climatic fluctuations, or an accident of the andean orogeny? **Ann. Missouri Bot. Gard.** 69:557-593. 1982.
- GIVNISH, T.J. On the causes of gradients in tropical tree diversity. **Journal of Ecology** 87: 193–210. 1999.
- ITOH, A; YAMAKURA, T; OHKUBO, T; KANZAKI, M; PALMIOTTO, PA; LAFRANKIE, J; ASHTON, PS; LEE, HS. Importance of topography and soil texture in the spatial distribution of two sympatric dipterocarp trees in a Bornean rainforest. **Ecological Research** 18:307-320. 2003.
- JOHN, R.; DALLING, J.W.; HARMS, K.E.; YAVITT, J.B.; STALLARD, R.F.; MIRABELLO, M.; HUBBELL, S.P.; VALENCIA, R.; NAVARRETE, H.; VALLEJO, M.; FOSTER, R. B. Soil nutrients influence spatial distributions of tropical tree species. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 104(3): 864-869. 2007.
- JOLY, C.A.; ASSIS, M.A.; BERNACCI, L.C.; TAMASHIRO, J.Y.; CAMPOS, M.C.R. DE; GOMES, J.A.M.A LACERDA, M.S.; SANTOS, F.A.M. DOS; PEDRONI, F.; PEREIRA, L. DE S.; PADGURSCHI, M. DE C.G.; PRATA, E.M.B.; RAMOS, E.; TORRES, R.B.; ROCHELLE, A.; MARTINS, F.R; ALVES, L.F; VIEIRA, S.A.; MARTINELLI, L.A.; CAMARGO, P.B. DE; AIDAR, M.P.M.; EISENLOHR, P.V.; SIMÕES, E.; VILLANI, J.P.;BELINELLO, R. Florística e fitossociologia em parcelas permanentes da Mata Atlântica do sudeste do Brasil ao longo de um gradiente altitudinal. **Biota Neotropica** 12(1): 123-145. 2012.
- LIEBERMAN, D., LIEBERMAN, M., PERALTA, R., HARTSHORN, G.S. Tropical forest structure and composition on large scale altitudinal gradient in Costa Rica. **Journal of Ecology** 84: 137–152. 1996.

LOVETT , J.C.; MARSHALL, A.R.; CARR, J. Changes in tropical forest vegetation along an altitudinal gradient in the Udzungwa Mountains National Park, Tanzania African. **Journal Ecology** 44: 478–490. 2006.

MYERS, N; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403:852-858. 2000.

OLIVEIRA FILHO, A T; FONTES, M.A. L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic forests in Southeastern Brazil, and the influence of climate. **Biotropica** 32(4b): 793-810. 2000.

RIBEIRO, MC; METZGER, JP; MARTENSEN, AC; PONZONI, FJ; HIROTA, MM. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation** 142: 1141-1153. 2009.

SANCHEZ, M.; PEDRONI, F.; EISENLOHR, P.V.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Changes in tree community composition and structure of Atlantic rain forest on a slope of the Serra do Mar range, southeastern Brazil, from near sea level to 1000 m of altitude. **Flora** 208; 184–196. 2013.

SCUDELLER, V. V., MARTINS, F. R.; SHEPHERD, G. J. Distribution and abundance of arboreal species in the atlantic ombrophilous dense forest in Southeastern Brazil. **Plant Ecology** 152: 185–199. 2001.

VÁZQUEZ, G.J.A.; GIVNISH, T.J. Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantlán. **Journal of ecology** 86, 999–1020. 1998.

WRIGHT, S.J. Plant diversity in tropical forests: a review of mechanisms of species coexistence. **Oecologia** 130: 1-14, 2002.

ZHAO, LIJUAN; XIANG, WENHUA; LI, JIAXIANG; LEI, PIFENG; DENG, XIANGWEN; FANG, XI E PENG, CHANGHUI. Effects of Topographic and Soil Factors on Woody Species Assembly in a Chinese Subtropical Evergreen Broadleaved Forest. **Forests** 6: 650-669. doi:10.3390/f6030650. 2015.

## **CAPÍTULO I**

# **INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS TOPOGRÁFICAS E EDÁFICAS NA ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO DAS ESPÉCIES ARBÓREAS EM FLORESTA PLUVIAL ATLÂNTICA**

# INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS TOPOGRÁFICAS E EDÁFICAS NA ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM FLORESTA PLUVIAL ATLÂNTICA

## RESUMO

Nas florestas tropicais, mudanças na composição florística e na riqueza em escala local são atribuídas à heterogeneidade espacial de variáveis edáficas e topográficas. Neste contexto, estudamos um trecho de 1 ha de Floresta Pluvial Atlântica no Parque Estadual da Serra do Mar do Núcleo Picinguaba – SP, aos 600 metros de altitude, e verificamos as relações das variáveis edáficas e topográficas com a distribuição das espécies e diversidade da comunidade arbórea em escala local, visando responder as seguintes perguntas: (1) Em escala local existem diferenças na estrutura, composição e riqueza de espécies? (2) Caso existam, topografia e o solo explicariam essas variações? (3) Há um modelo composto pelas variáveis abióticas que explique a riqueza em escala local? Em quatro parcelas de 50 x 50m, subdivididas em subparcelas de 10 x 10 m foram amostrados e medidos os indivíduos com DAP  $\geq 4,8$  cm. Foi medida a declividade, cobertura de rocha e índice de convexidade e amostrado o solo para análise físico-química para cada subparcela. A similaridade florística entre as parcelas e entre as subparcelas côncavas e convexas foram verificadas pelo método de UPGMA. Diferenças nas variáveis topográficas e edáficas entre as parcelas e pedofomas côncavas e convexas foram verificadas pela ANOVA e teste Tukey. As correlações destas variáveis com a matriz de abundância das espécies foram conduzidas pela análise de Correspondência Canônica. Por fim, nossos resultados sugerem que variáveis topográficas e edáficas ocasionam mudanças nas condições ambientais em curtas distâncias e são importantes para distribuição das espécies em escala local. Nossos resultados indicam diferenças na composição florística e riqueza em pequena escala local e, que essas mudanças estão relacionadas às variáveis topográficas e edáficas que variam a curtas distâncias sendo importantes para distribuição das espécies e riqueza local. Condições topográficas heterogêneas ocasionam substituição de espécies e o aumento da riqueza local. O efeito mais preditivo das variáveis topográficas, conforme o modelo apresentado, pode ser atribuído ao fato de influenciarem tanto comunidade arbórea, quanto as características edáficas. Sugerimos que os estudos envolvam ambas variáveis, topográficas e edáficas, para proposição de modelos mais explicativos para os padrões florísticos da riqueza local.

**Palavras- chave:** Convexidade, Análise de Correspondência Canônica, declividade

## **INFLUENCE OF VARIABLE TOPOGRAPHIC AND SOIL IN THE STRUCTURE AND TREE SPECIES DISTRIBUTION IN ATLANTIC RAIN FOREST**

### **ABSTRACT**

In tropical forests, changes in species composition and richness at the local level are attributed to the spatial heterogeneity of edaphic and topographic variables. In this context, we study a 1 ha patch of Atlantic Rain Forest in the Serra do Mar State Park, Picinguaba Núcleo, São Paulo state, at 600 m a.s.l., and verify the relationships of soil and topographic variables with species distribution and diversity of the community tree at the local level, in order to answer the following questions: (1) On a local level there are differences in structure, composition and species richness? (2) If yes, would topography and soil explain these variations? (3) Is there a model composed by the abiotic variables that explain the wealth on a local scale? In four plots of 50 x 50m, divided into subplots of 10 x 10 m we sampled and measured individuals with DBH  $\geq$ 4.8 cm. Thus, we measured declivity, caprock and convexity index and sampled the soil for physical and chemical analysis for each subplot. The floristic similarity between plots and between concave and convex subplots was verified by UPGMA method. Differences in topography and soil variables between plots and concave and convex landforms were verified by ANOVA and Tukey test. The correlations of the variables with the matrix of species abundance were conducted by Canonical Correspondence Analysis. Our results indicate differences in floristic composition and richness in small local scale, these changes estam related to topographic and soil variables that vary over short distances is important for species distribution and local richness. heterogeneous topographic conditions cause species substitution and increasing local richness. The most predictive effect of the environmental variables, as the model, can be attributed to the fact influence both arboreal community, as the soil characteristics. We suggest that studies involving both variables, topographic and soil, to propose more explanatory models for the floristic patterns of local richness.

**Key words:** convexity, Canonical Correspondence Analysis, declivity

## 1 INTRODUÇÃO

Determinar os fatores que influenciam a estrutura e diversidade das comunidades é fundamental para compreender os processos ecológicos (TOWNSEND et al., 2007; PUIG, 2008; ZHAO et al., 2015). Um sólido entendimento das relações entre os fatores ambientais e as comunidades arbóreas permite a proposição de explicações a respeito da distribuição das espécies e estruturação destas comunidades (GUREVITCH et al., 2009; JOHN et al., 2007), além de fundamentar propostas de práticas de manejo e seleção de áreas protegidas (LIU et al., 2014).

Uma questão importante em ecologia de comunidades diz respeito ao efeito da heterogeneidade ambiental na coexistência de um grande número de espécies em pequenas escalas (WRIGHT, 2002; DUFOUR et al., 2006). Em florestas tropicais, solo e topografia são reportados como os grandes promotores da heterogeneidade espacial em escala local (AIBA et al., 2004; MOESLUND et al., 2013). O solo é a fonte primária de todos os nutrientes essenciais para a vegetação destas florestas (TSUI et al., 2004), a sua textura do solo esta relacionada com a disponibilidade hídrica, nutrição e aeração das raízes (YIMER et al., 2006; GUREVITCH et al., 2009). A topografia influencia na umidade e nas condições edáficas, de forma que variações das condições topográficas e edáficas em escala local, geralmente estão associadas à diversificação de micro-habitats, e influencia direta ou indiretamente na estrutura e distribuição das espécies comunidades arbóreas (CHEN et al., 1997; TSUI et al., 2004; WRIGHT, 2002; ITOH et al., 2003; YIMER et al., 2006; MOESLUND et al., 2013). Assim, espera-se que variações na distribuição das espécies e riqueza local na Floresta Pluvial Atlântica ocorram em resposta às mudanças nas condições topográficas e edáficas.

Estudos realizados em florestas tropicais (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000; LOVETT et al., 2006; MCCAIN; GRYTNESN, 2007; SANCHEZ et al., 2013) demonstram um padrão típico da vegetação arbórea, com mudanças nas riquezas e na estrutura da

comunidade ao longo de gradientes de altitudes. Diferentes respostas funcionais (HÉRAULT et al., 2011; LIU et al., 2014), e variações na estrutura da comunidade arbórea relacionadas com a produtividade também foram observados nestas florestas (CLARCK; CLARCK, 2000; ALVES et al., 2010, GIRARDIN et al., 2014), e recentemente as variações da produtividade são utilizadas para previsões do balanço de carbono e efeitos no aquecimento global (HOUGHTON, 2005; ROSENFELD; SOUZA, 2014). Diante disso, investigar as contribuições dos fatores ambientais na estrutura e distribuição da riqueza local é a base para fundamentação de estudos em maiores escalas e diferentes enfoques, além de fornecer bases teóricas para conservação da biodiversidade (ZHAO et al., 2015; EISENLOHR et al., 2013).

Na Floresta Pluvial Atlântica, variações na distribuição das espécies ao longo do gradiente de altitude representam o padrão mais amplamente divulgado para este tipo de floresta (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000; SCUDELLER et al., 2001; JOLY et al., 2012). Mudanças nas condições edáficas em gradiente de altitude, também são reportadas como importantes fatores reguladores dos padrões florísticos (SANCHEZ et al., 2013), e em escala local variações na estrutura e na distribuição das espécies arbóreas foram atribuídas às condições topográficas e edáficas (MEIREILES et al., 2008; CAMPOS et al., 2011; SOUZA, 2013). No entanto, a composição florística ao longo da encosta da Floresta Pluvial Atlântica, aparentemente não apresenta variações diretamente relacionadas ao gradiente de altitude, e outros fatores estariam influenciando na distribuição das espécies na nesta floresta (JOLY et al., 2012). Neste sentido, ainda são necessários estudos que busquem avaliar de forma conjunta, os efeitos do solo e topografia na estrutura, composição e riqueza da comunidade arbórea em escala local, visando contribuir na caracterização e conservação desta floresta.

Diante do exposto, realizamos o levantamento do componente arbóreo, e das variáveis topográficas e edáficas em um trecho de 1 ha de Floresta Pluvial Atlântica, buscando analisar a estrutura desta comunidade, e a influência das variáveis topográficas e

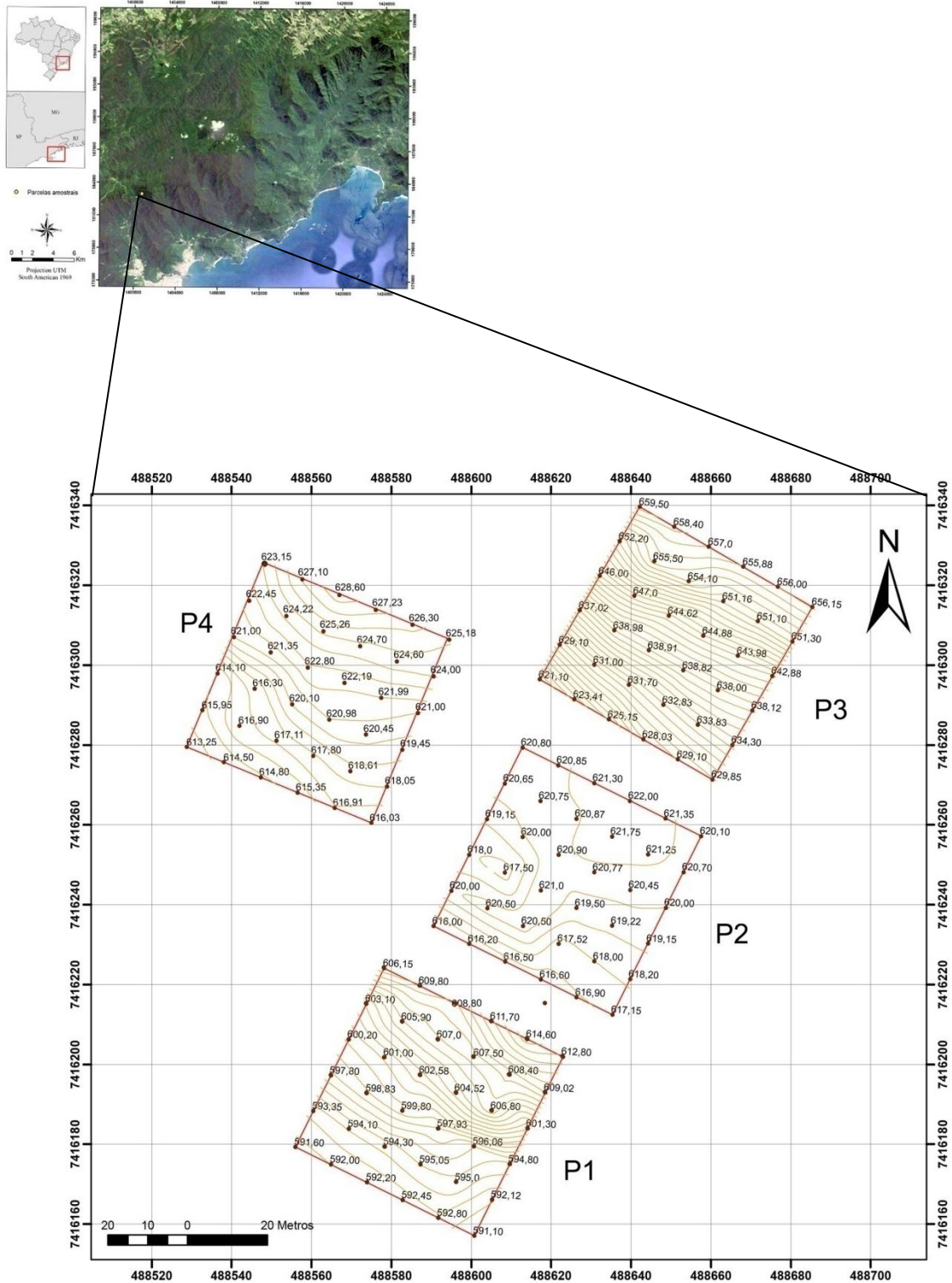
edáficas na estrutura e riqueza de espécies dessa comunidade. Procuramos responder as seguintes perguntas: (1) Em escala local existem diferenças na estrutura, composição e riqueza de espécies? (2) Caso existam, a topografia e solo explicariam essas variações? (3) Há um modelo composto pelas variáveis abióticas estudadas que explique a distribuição da riqueza em escala local?

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo**

A área de estudo situa-se no Núcleo Picinguaba está situado no município de Ubatuba, sendo a única porção do Parque Estadual da Serra do Mar que atinge a orla marinha. Apresenta um mosaico vegetacional que inclui Formações Pioneiras com Influência Marinha, Formações Pioneiras com Influência Fluvial, Formações Pioneiras com Influência Flúvio - Marinha e as Florestas Ombrófilas Densas de Terras Baixas, Submontana e Montana (ASSIS, 1999; JOLY et al., 2012).

O clima predominante é do tipo Af (tropical super-úmido), caracterizado como chuvoso sem estação seca. As precipitações ocorrem com maior intensidade entre os meses de março a agosto, e apresenta volume médio acima de 2.200 mm, e mesmo nos meses mais secos as precipitações são superiores a 60 mm. A temperatura média anual é de 22°C (JOLY et al., 2012). O relevo regional é representado pela Província Costeira, que se limita a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com o Planalto Cristalino Atlântico, representado nesse limite pelas escarpas festonadas e espigões digitados da Serrania Costeira (ROCHELLE et al., 2011). A área de estudo localiza-se na Serraria Costeira nas coordenadas 23°21'49"S e 45°06'40"W, em um trecho de Floresta Ombrófila Densa Montana (*sensu* VELOSO, 1991), entre as altitudes de 592 a 649 m (Figura 1).



**Figura 1** – Localização da área de estudo e disposição das parcelas no trecho da Floresta Pluvial Atlântica, No Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, sudeste do Brasil.

## 2.2 Coleta dos dados

Em quatro parcelas de 50 x 50 m (0,25ha), subdivididas em subparcelas de 10 x 10 m, foram amostrados todos os indivíduos com DAP (diâmetro à altura do peito)  $\geq 4,8$  cm,

incluindo palmeiras e samambaias arborescentes. Destes indivíduos foram medidos a altura total e o PAP (perímetro a altura do peito) (JOLY et al., 2012).

Os procedimentos de coleta e herborização foram aqueles recomendados por Fidalgo e Bononi (1984). A identificação se deu por meio de consulta à literatura especializada, comparações com materiais de Herbários (HRCB, IAC e UEC) e, quando necessário, foram realizadas consultas à especialistas. A distribuição dos táxons das angiospermas seguiu a classificação proposta no *Angiosperm Phylogeny Group III* (2009), e para as samambaias a de Christenhusz et al. (2011). A grafia e a validade dos nomes científicos foram verificadas na lista das espécies da Flora do Brasil (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>) e outros, quando preciso. Os testemunhos foram depositados no herbário HRCB.

A cobertura de rocha da superfície do terreno foi visualmente estimada para cada subparcela, considerando seis classes de cobertura: 1) ausência de afloramento; 2) 2 a 10% da superfície coberta por rocha; 3) 10 a 25%; 4) 25 a 50%; 5) 50 a 90% e; 6) >90% (SANTOS et al., 2005). A declividade de cada subparcela foi mensurada do vértice superior para vértice adjacente de cada subparcela com o uso de um clinômetro. O Índice de Convexidade (IC) foi calculado a partir da média das altitudes dos quatro vértices da subparcela menos a média das altitudes dos 12 vértices externos das oito subparcelas adjacentes. A subtração destas médias é igual ao valor de IC. Valores positivos indicam subparcelas convexas, e negativos subparcelas côncavas (YAMAKURA et al., 1995).

A coleta de solo foi em cada subparcela por três sondagens aleatórias com o uso de trado holandês na profundidade de 0-20 cm para compor uma amostra composta, destas amostras foi descartada a serrapilheira. As três sondagens também foram utilizadas para obtenção da profundidade média do solo. Para tanto, as perfurações foram feitas até 1 m de profundidade ou até o impedimento rochoso. As análises do solo foram realizadas no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (Campus Araras) para obtenção

dos valores de pH, Potássio ( $K^+$ ), Fósforo (P), Cálcio ( $Ca^{2+}$ ), Magnésio ( $Mg^{2+}$ ), Alumínio ( $Al^{3+}$ ), acidez potencial (Al+H), saturação por bases (V%), capacidade de troca catiônica (CTC), matéria orgânica (MO) e níveis de argila, areia e silte. O protocolo utilizado foi o proposto por Van Raij et al. (2001).

### 2.3 Análises dos dados

Os descritores fitossociológicos calculados para as parcelas de 0,25ha quanto para área de 1 ha foram densidade, frequência, dominância e valor de importância (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974), e os índices de diversidade de Shannon ( $H'$ ) e equabilidade de Pielou ( $J'$ ) (MAGURRAN, 1988). Também foram calculados os valores médios de altura, diâmetro e área basal.

A análise de variância – Anova com 1.000 permutações e teste Tukey *a posteriori* foram utilizadas para verificar as diferenças das médias dos parâmetros estruturais (altura, diâmetro, área basal, número de indivíduos e expéceis) entre as parcelas. A Anova também foi utilizada para verificar as diferenças nas médias dos parâmetros estruturais entre subparcelas côncavas e convexas.

A contribuição florística do componente arbóreo foi verificada pelos modelos de diversidade  $\alpha$ , considerado neste estudo, o número de espécies e de indivíduos (MAGURRAN, 1988). Devido às diferenças no número de indivíduos amostrados entre as parcelas, a riqueza de espécies foi comparada por meio da rarefação com base no número de indivíduos realizando 1.000 aleatorizações dos dados (GOTELLI; COLWELL, 2001). A relação entre o número de indivíduos e número de espécies foi avaliada pelos modelos de regressões, considerando os modelos significativos aqueles com  $p \leq 0,05$ .

As similaridades entre as parcelas e entre as pedoformas côncavas e convexas foram verificadas pela análise de agrupamento por médias não ponderadas – UPGMA (FELFILE et

al., 2011). A matriz de abundância das espécies foi utilizada para calcular o coeficiente de Bray-Curtis, e os resultados foram utilizados para confecção do dendrograma de similaridade entre as parcelas. O coeficiente de correlação cofenética foi calculado para verificar o grau de distorção do dendrograma em relação à matriz de similaridade.

As variáveis edáficas e topográficas foram comparadas entre as parcelas e entre as pedoformas côncavas e convexas pelas análises de Anova com 1.000 permutações e Teste Tukey *a posteriori*. Para explorar as relações entre as variáveis topográficas e físico-químicas, e entre as variáveis edáficas e topográficas com os parâmetros estruturais da comunidade, foi utilizada a análise de correlação de Pearson. Os valores de correlação de Pearson foram interpretados de acordo com Callegari-Jacques (2003), adotando-se um  $p \leq 0,05$ .

Aplicamos a Análise de Componentes Principais (PCA) para eliminar redundâncias óbvias entre as variáveis topográficas e edáficas (correlações maiores que 0,7) (FELFILI et al., 2011). Utilizamos a Análise Correspondência Canônica (CCA) com intuito de explorar as relações entre as matrizes de variáveis abióticas (variáveis topográficas e físico-químicas do solo) e bióticas (abundância das espécies) (FELFILI et al., 2011). A matriz biótica foi constituída por espécies, com no mínimo, cinco indivíduos por parcelas de 50 x 50 m. Para compor a matriz abiótica foram eliminadas as variáveis redundantes e que não apresentaram diferenças significativas entre as parcelas. A significância do modelo gerado pela CCA foi obtida pela Anova com 1.000 aleatorizações, adotando-se um  $p \leq 0,05$ .

Utilizamos Modelos Lineares Generalizados (MLG) para analisar as relações entre a diversidade (rarefação) com os parâmetros edáficos e topográficos (MCCULLAGH; NELDER, 1989). A seleção de modelos foi realizada a partir do Critério de Informação de Akaike (AKAIKE, 1992), utilizando o modelo com o menor valor para o critério adotado, e maior valor do parâmetro  $\beta$  (*weight*). Os modelos testados foram gerados a partir de um modelo geral, com todos os parâmetros edáficos. Deste modelo geral foram gerados os demais

modelos, sendo selecionadas para tanto, os parâmetros que diferiram significativamente entre as parcelas. O primeiro constituído somente pelos parâmetros físicos-químicos e topográficos, o segundo pelas variáveis físico-químicas e o terceiro pelas variáveis topográficas. Todos os modelos foram comparados com um modelo nulo. Todas as análises foram conduzidas no software R (R Core Team 2013).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Florística e estrutural

No total de 1ha foram amostrados 1.490 indivíduos, 154 espécies pertencentes a 43 famílias (anexo I - lista completa das espécies e seus respectivos parâmetros fitossociológicos). A área basal total foi de  $41,50 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ , o índice de diversidade de Shannon foi 4,00 e a equabilidade igual a 0,80. As famílias mais representativas em número de espécies foram Myrtaceae (37), Rubiaceae (14), Fabaceae e Lauraceae (11 cada), que juntas somaram 73 espécies (47% da riqueza total).

Os maiores valores dos parâmetros estruturais e espécies exclusivas foram registrados para as parcelas 1 e 3, sendo as que apresentaram maior amplitude de declividade. Porém, a Anova não indicou diferenças significativas dos parâmetros estruturais entre as parcelas (tabela 1).

**Tabela 1** - Parâmetros quantitativos para as parcelas amostradas em uma Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, sudeste do Brasil (Altm – altura média, diam – diâmetro médio, AB - área basal, N – número de indivíduos, SP – número de espécies, EX – espécies exclusivas para parcela, Fam – número de famílias, H' - índice de Shannon, J' - equabilidade de Pielou).

Parcelas	Declividade (graus)	altm (m)	diam (cm)	AB (m <sup>2</sup> )	N	SP	EX	Fam	H'	J'	Jacknife
<b>Parcela 1</b>	6 – 37	10± 6	14,5 ± 13,4	11,47	375	97	24	34	3,89	0,85	11 – 137
<b>Parcela 2</b>	6 – 17	9± 5	12,9 ± 12,7	10,10	390	77	11	33	3,70	0,85	10 – 108
<b>Parcela 3</b>	17 – 41	9± 5	13,7 ± 13,7	10,50	358	88	26	33	3,74	0,83	10 – 126
<b>Parcela 4</b>	11 – 26	9± 4	12,9 ± 12,7	9,43	367	66	7	28	3,53	0,84	10 – 86

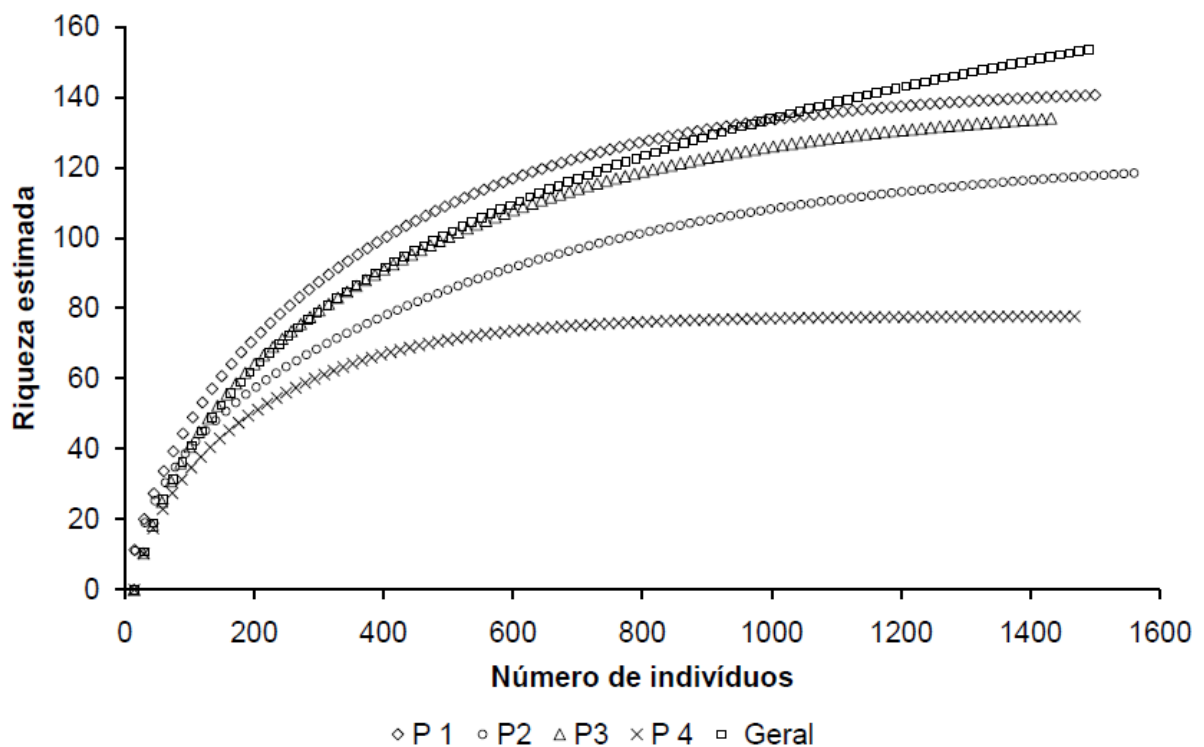
Entre as 39 espécies com  $DAP \geq 4,8$  cm utilizadas na análise de ordenação (tabela 2), 10 estiveram presentes em todas as parcelas. Para cada parcela, as somatórias das abundâncias dessas espécies representaram mais de 60% do total do número de indivíduos (P1-65%, P2-75%, P3-66% e P4-78%). A soma dos valores de dominância destas espécies foram superiores a 40% (P1-46%, P2-43%, P3-45%, e P4-41%). *Coussarea accedens*, *Cupania oblongifolia*, *Euterpe edulis* e *Marlierea tomentosa* estiveram entre as 10 espécies melhor representadas de acordo com o VI, para todas as parcelas.

**Tabela 2** - Parâmetros fitossociológicos para as 39 espécies com número de indivíduos  $\leq 5$  e DAP  $\geq 4,8$  (apresentado em ordem alfabética), em um trecho de Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, sudeste do Brasil (N= número de indivíduos, DR = densidade relativa, DoR= dominância relativa e VI = valor de importância; \* espécies comuns entre as parcelas).

Espécies	Abrv	Parcela 1				Parcela 2				Parcela 3				Parcela 4			
		N	DR	DoR	VI	N	DR	DoR	VI	N	DR	DoR	VI	N	DR	DoR	VI
<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	Aeg int													6	1,6	1,1	3,9
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	Alc tri	7	1,9	5,6	9,2	6	1,5	0,8	3,4								
<i>Alsophila sternbergii</i> (Sternb.) D.S.Conanti	Als ste									6	1,7	4,5	7,7				
<i>Bathysa australis</i> (A.St.-Hil.) K.Schum. *	Bat aus	15	4	4,5	12,4	10	2,6	1,1	5,9	7	2,0	1,2	5,5	26	7,1	5,2	19,3
<i>Calyptanthes rufa</i> O.Berg	Cal ruf									6	1,7	0,3	3,9				
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Cas syl	6	1,6	1,1	4,5					6	1,7	4,1	8,1				
<i>Cecropia glaziovii</i> Sneathl.	Cec gla					7	1,8	3,6	7,6					6	1,6	5,3	8,4
<i>Chrysophyllum viride</i> Mart. & Eichler	Chr vir									6	1,7	0,3	4,3				
<i>Citronella paniculata</i> (Mart.) R.A.Howard	Cit pan					15	3,8	4,2	12,1					17	4,6	2,8	11,3
<i>Coussarea accedens</i> Müll.Arg. *	Cou acc	52	13,9	3,3	24,6	44	11,3	2,9	21,1	21	5,9	2,1	13	39	10,6	3,8	21
<i>Coussarea meridionalis</i> (Vell.) Müll.Arg. *	Cou mer	20	5,3	1,4	10,3	19	4,9	1,3	9,5	9	2,5	0,6	6,1	8	2,2	0,6	5,1
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart. *	Cup obl	8	2,1	4,5	9,4	18	4,6	3,8	12,7	5	1,4	7,0	10,3	11	3	1,8	8,3
<i>Daphnopsis schwackeana</i> Taub.	Dap sch	6	1,6	0,2	3,5	13	3,3	0,8	7,4					10	2,7	1,3	7,1
<i>Eugenia brevistyla</i> D.Legrand	Eug bre	5	1,3	2,46	5,6												
<i>Eugenia burkartiana</i> (D.Legrand) D.Legrand	Eug bur									5	1,4	0,8	3,4	8	2,2	1,9	6,0
<i>Eugenia subavenia</i> O.Berg	Eug sub									6	1,7	2,9	6,1				
<i>Euterpe edulis</i> Mart. *	Eut Edu	15	4	0,8	8,38	21	5,4	1,1	11,2	32	8,9	2,5	18	31	8,4	2,5	17,6
<i>Guapira nitida</i> (Mart. ex J.A.Schmidt) Lundell	Gua nit					7	1,8	2,1	5,7								
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz *	Gua opp	5	1,3	1,2	4,3	5	1,3	1,7	4,8	5	1,4	0,2	3,2	11	3	2,9	8,6
<i>Guapira venosa</i> (Choisy) Lundell	Gua vem	6	1,6	5,3	8,7												
<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	Hie alc									5	1,4	0,8	3,4	6	1,6	1,4	4,9
<i>Inga capitata</i> Desv.	Ing cap	5	1,3	1,7	4,8									6	1,6	0,4	4,4
<i>Marlierea racemosa</i> (Vell.) Kiaersk.	Mar rac	5	1,3	2,8	5,9												
<i>Marlierea tomentosa</i> Cambess. *	Mar tom	10	2,7	1,8	7,3	9	2,3	3,2	8,0	6	1,7	0,2	3,8	11	3	2,3	9,2
<i>Meriania calyptrata</i> (Naudin) Triana*	Mer cal	33	8,8	1,6	16	11	2,8	0,6	6,3	66	18,4	3,2	29,7	38	10,4	1,7	18,2

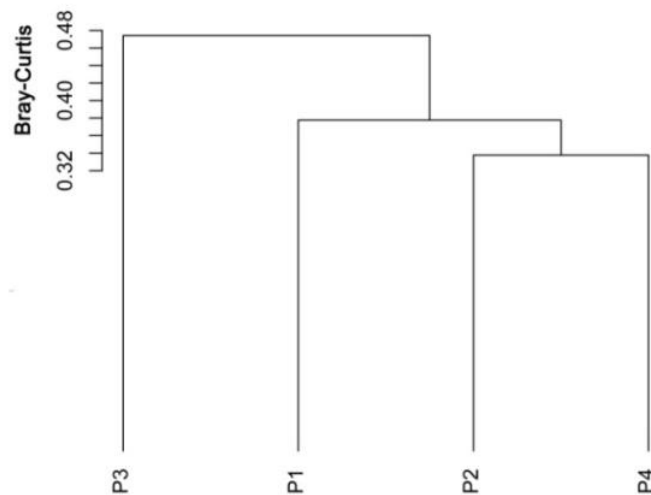


As rarefações para todas as parcelas apresentaram curvas assintotas (figura 2), das quais somente a parcela 2 apresentou tendência à estabilização. A anova indicou diferenças nas estimativas de riqueza entre as parcelas ( $p < 0,01$ ), sendo os maiores valores de estimativas de riqueza para as parcelas 1 (137 espécies) e 3 (126 espécies), no entanto, as estimativas de riquezas entre as parcelas 2 e 4 não diferiram significativamente. Os modelos de regressão evidenciaram fortes relações entre as estimativas de riquezas e os números de indivíduos (P1  $R^2 = 0,99$ , P2  $R^2 = 0,99$ , P3  $R^2 = 0,99$ , P4  $R^2 = 0,99$ ).



**Figura 2** – Curva de rarefação para as quatro parcelas no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba Floresta Pluvial Atlântica, sudeste do Brasil – (P1 – parcela 1, P2 – parcela 2, P3 – parcela 3, P4 – parcela 4).

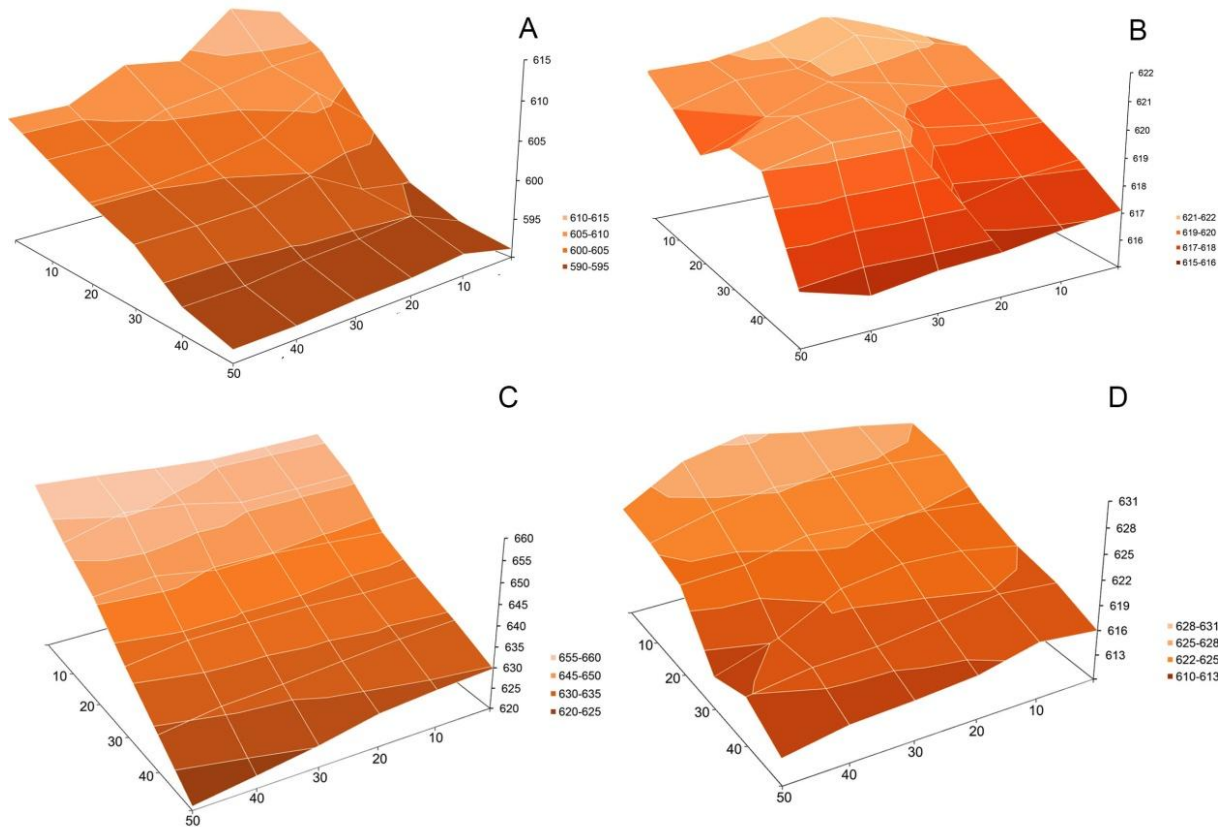
O dendrograma da UPGMA (figura 3) indicou baixa similaridade entre as parcelas, sendo a maior similaridade entre as parcelas 2 e 4. A correlação cofenética (0,98) indicou que o grau de distorção do dendrograma em relação à matriz de similaridade foi baixo.



**Figura 3** – Dendrograma de similaridade com base na matriz de abundância das espécies para as parcelas amostradas em um trecho de Floresta Pluvial Atlântica, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, no sudeste do Brasil (P1– parcela 1, P2– parcela 2, P3– parcela 3, P4 – parcela4).

### 3.2 Solo e da topografia

Verificamos maior variação da altitude na parcela 3 (629 a 659 m), no entanto, esta parcela possui a superfície uniforme e retilínea com a inclinação entre 11 a 41 ° (tabela 1). As parcelas 1 (591 a 606 m) e 2 (617 a 620 m), apresentaram a mesma amplitude de altitude, no entanto, a parcela 1 apresentou maior amplitude de declividade (6 a 37°) em relação a parcela 4 (11 a 26°). A parcela 2 possui menor variação da altitude (617 a 622 m) e inclinação (6 a 17°), porém apresentou a superfície mais acidentada (figura 4).



**Figura 4** - Condições topográficas das parcelas em um trecho Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, sudeste do Brasil (A – Parcela 1; B Parcela 2; C – Parcela 3; D Parcela 4)

A Anova evidenciou diferenças nas médias das variáveis topográficas e edáficas entre as parcelas, com exceção de K, Ca, SB e V% que não diferiram significativamente (tabela 3). De modo geral, todas as parcelas apresentaram baixo pH e níveis elevados de Al. A fertilidade do solo expressa pela CTC (capacidade de troca catiônica) foi significativamente maior para a parcela 1. No entanto, os valores das variáveis edáficas indicam solos distróficos para todas as parcelas.

**Tabela 3** - Média ( $\pm$  desvio padrão) e análise de variância de variáveis topográficas e físico-químicas das quatro parcelas amostras em um trecho de Floresta Pluviais Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, sudeste do Brasil (\*\* = significativo  $p < 0,01$ ; \*\*\* = significativo  $p < 0,001$ ; ns = não significativo).

Variáveis	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	P
P (mg/dm <sup>3</sup> )	8 $\pm$ 2 <sup>c</sup>	15 $\pm$ 10 <sup>b</sup>	37 $\pm$ 21 <sup>a</sup>	11 $\pm$ 5 <sup>bc</sup>	***
MO (g/dm <sup>3</sup> )	37 $\pm$ 8 <sup>a</sup>	31 $\pm$ 6 <sup>b</sup>	35 $\pm$ 6 <sup>ab</sup>	33 $\pm$ 6 <sup>ab</sup>	**
pH (Ca Cl <sup>2</sup> )	3,7 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	3,7 $\pm$ 0,1 <sup>ab</sup>	3,8 $\pm$ 0,1 <sup>a</sup>	3,8 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	**
K (mmolc/dm <sup>3</sup> )	1 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	1 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	2 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	2 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	ns
Ca (mmolc/dm <sup>3</sup> )	3 $\pm$ 1 <sup>a</sup>	3 $\pm$ 1 <sup>a</sup>	3 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	3 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	ns
Mg (mmolc/dm <sup>3</sup> )	2 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>	2 $\pm$ 0,5 <sup>ab</sup>	2 $\pm$ 0,5 <sup>ab</sup>	2 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>	**
Al (mmolc/dm <sup>3</sup> )	30 $\pm$ 6 <sup>a</sup>	26 $\pm$ 3 <sup>a</sup>	28 $\pm$ 3 <sup>a</sup>	26 $\pm$ 4 <sup>a</sup>	ns
SB (mmolc/dm <sup>3</sup> )	7 $\pm$ 1 <sup>a</sup>	7 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	7 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	7 $\pm$ 3 <sup>a</sup>	ns
CTC (mmolc/dm <sup>3</sup> )	157 $\pm$ 31 <sup>a</sup>	134 $\pm$ 8 <sup>b</sup>	136 $\pm$ 21 <sup>b</sup>	132 $\pm$ 18 <sup>b</sup>	**
V %	4 $\pm$ 1 <sup>a</sup>	5 $\pm$ 1 <sup>a</sup>	5 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	5 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	ns
Argila %	24 $\pm$ 3 <sup>ab</sup>	25 $\pm$ 3 <sup>b</sup>	24 $\pm$ 3 <sup>ab</sup>	22 $\pm$ 3 <sup>b</sup>	**
Areia %	63 $\pm$ 10 <sup>a</sup>	65 $\pm$ 4 <sup>a</sup>	67 $\pm$ 4 <sup>a</sup>	67 $\pm$ 3 <sup>a</sup>	ns
Silte %	12 $\pm$ 3 <sup>a</sup>	10 $\pm$ 2 <sup>b</sup>	9 $\pm$ 3 <sup>b</sup>	11 $\pm$ 4 <sup>ba</sup>	***
Declividade (%)	42 $\pm$ 17 <sup>b</sup>	23 $\pm$ 5 <sup>c</sup>	57 $\pm$ 14 <sup>a</sup>	32 $\pm$ 8 <sup>c</sup>	***
Cobertura de rocha	2 $\pm$ 1 <sup>a</sup>	1 $\pm$ 1 <sup>ab</sup>	2 $\pm$ 1 <sup>a</sup>	1 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>	**
Índice de Convexidade	1,3 $\pm$ 1,5 <sup>a</sup>	1,3 $\pm$ 1,5 <sup>a</sup>	-0,16 $\pm$ 1,5 <sup>b</sup>	0,38 $\pm$ 1,5 <sup>ab</sup>	**
Profundidade	71 $\pm$ 23 <sup>a</sup>	65 $\pm$ 20 <sup>ab</sup>	33 $\pm$ 9 <sup>c</sup>	51 $\pm$ 14 <sup>b</sup>	***

As correlações entre as variáveis topográficas e edáficas demonstram que somente profundidade do solo e areia apresentaram correlação negativa moderada ( $r = -0,37$ ,  $p < 0,05$ ), sendo as demais correlações consideradas fracas ( $r < 0,30$ ) ou não significativas ( $P > 0,05$ ).

A Anova indicou diferenças significativas para as variáveis químicas fósforo, matéria orgânica, alumínio e CTC entre as pedofomas côncavas e convexas (tabela 4). Para variáveis texturais foram verificadas diferenças nas proporções de silte e areia entre as pedofomas.

**Tabela 4** - Média ( $\pm$  desvio padrão) e análise de variância de variáveis físico-químicas do solo entre pedoformas convexa e côncava em um trecho de Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, sudeste do Brasil (\* =  $p < 0,05$ ; \*\* =  $p < 0,01$ ; \*\*\* =  $p < 0,001$ ); ns = não significativo).

Variáveis	Côncava (n=30)	Convexa (n=70)	F	P
P (mg/dm <sup>3</sup> )	15 $\pm$ 1	27 $\pm$ 5	13,49	***
MO (g/dm <sup>3</sup> )	35 $\pm$ 1	32 $\pm$ 1	4,03	*
pH (Ca Cl <sup>2</sup> )	3,7 $\pm$ 0,02	3,7 $\pm$ 0,02	0,07	ns
K (mmolc/dm <sup>3</sup> )	1,4 $\pm$ 0,04	1,5 $\pm$ 0,06	1,79	ns
Ca (mmolc/dm <sup>3</sup> )	3 $\pm$ 0,2	3 $\pm$ 0,3	0,03	ns
Mg (mmolc/dm <sup>3</sup> )	2 $\pm$ 0,1	2 $\pm$ 0,1	0,29	ns
Al (mmolc/dm <sup>3</sup> )	27,8 $\pm$ 0,6	26,1 $\pm$ 0,6	2,90	ns
SB (mmolc/dm <sup>3</sup> )	6,9 $\pm$ 0,2	6,6 $\pm$ 0,4	0,37	ns
CTC (mmolc/dm <sup>3</sup> )	143 $\pm$ 3	132 $\pm$ 4	3,59	*
V %	5 $\pm$ 0,2	5 $\pm$ 0,5	0,42	ns
Argila %	24 $\pm$ 0,4	24 $\pm$ 0,5	0,01	ns
Areia %	65 $\pm$ 1	67 $\pm$ 1	3,57	*
Silte %	11 $\pm$ 0,4	9 $\pm$ 0,6	11,33	***

### 3.3 Variáveis topográficas e edáficas e a comunidade arbórea

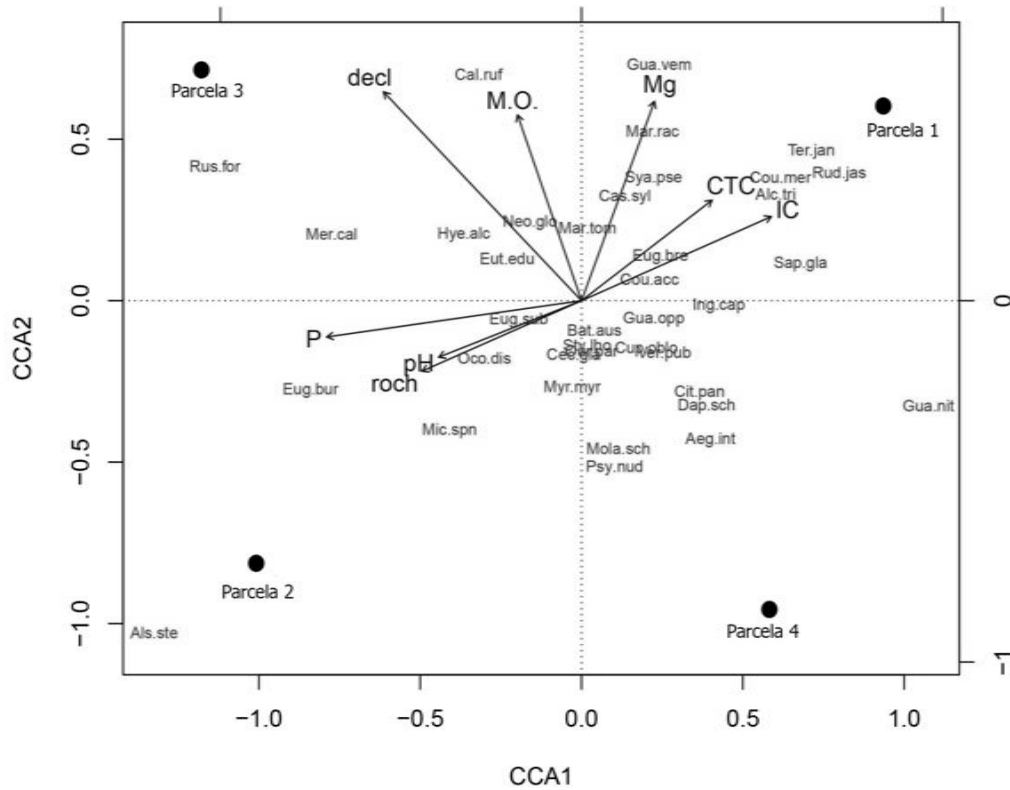
As correlações entre as variáveis topográficas e edáficas e os parâmetros estruturais da comunidade arbórea evidenciaram correlações fracas ( $r < 0,30$ ) ou não significativas ( $p > 0,05$ ). Do mesmo modo, não foram encontradas diferenças nos parâmetros estruturais da comunidade arbórea entre as pedoformas, mas estas apresentaram baixa similaridade florística (Bray-Curtis= 0,07).

A CCA evidenciou que os dois primeiros eixos acumularam 50% das variações dos dados. Os valores de correlações do primeiro e segundo eixos indicam fortes correlações entre as matrizes florística e ambiental. Somente o primeiro eixo explicou 35% da variação dos dados com os maiores valores de correlação para fósforo, pH, CTC, convexidade e cobertura de rocha (tabela 5). O segundo eixo explicou 15 % da variação dos dados e apresentou maiores valores de correlação para matéria orgânica e magnésio. A Anova indicou que o modelo apresentado pela CCA é significativo (F-valor = 1,745,  $p < 0,001$ ).

**Tabela 5** - Resultados das análises de Correspondência Canônica para relação entre as variáveis topográficas com a matriz de estrutural e matriz de abundância para conjuntos de parcelas de uma Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, sudeste do Brasil.

<b>Categorias analisadas</b>	<b>Eixo 1</b>	<b>Eixo 2</b>
<b>Autovalor</b>	0,19	0,08
<b>Proporção explicada</b>	0,35	0,15
<b>Escores para variáveis</b>	<b>Eixo 1</b>	<b>Eixo 2</b>
P(mg/dm <sup>3</sup> )	<b>-0,71</b>	-0,10
MO (g/dm <sup>3</sup> )	0,18	<b>0,51</b>
pH (Ca Cl <sup>2</sup> )	<b>-0,40</b>	-0,16
Mg (mmolc/dm <sup>3</sup> )	0,20	<b>0,55</b>
CTC (mmolc/dm <sup>3</sup> )	<b>0,36</b>	0,28
Declividade (%)	-0,55	<b>0,58</b>
IC	<b>0,53</b>	0,23
Cobertura de Rocha (%)	<b>-0,44</b>	-0,20

Podemos verificar que a parcela 1 esteve relacionada de forma positiva com IC, CTC e Mg. A parcela 2 apresentou relação negativa com P, cobertura de rocha e pH. Matéria orgânica e declividade influenciaram de forma positiva a parcela 3 e negativamente a parcela 2. O diagrama produzido pela ordenação dos dois primeiros eixos da CCA (figura 5) sugere que a distribuição das espécies foram influenciadas pelas variáveis topográficas e edáficas. As espécies como *Rustia formosa*, *Meriania calyptrata*, *Calyptranthes rufa* e *Hieronyma alchorneoides* apresentaram a distribuição de suas abundâncias positivamente relacionadas à declividade e matéria orgânica. Algumas espécies ficaram restritas a determinadas parcelas como *Terminalia januariensis*, *Guapira venosa*, *Marlierea racemosa* e *Casearia sylvestris* encontradas somente na parcela 1.



**Figura 5** - Diagrama gerado pela Análise de Correspondência Canônica para relação das variáveis físicas e químicas com a matriz de abundância das espécies de um trecho Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, sudeste do Brasil (MO – matéria orgânica, roch – cobertura de rocha, decl – declividade, IC- índice de convexidade).

O MLG que melhor explicou a diversidade local foi o constituído somente por variáveis topográficas e cobertura de rocha, segundo o critério de Informação de Akaike (tabela 6).

**Tabela 6** - Seleção do MGL para relação entre as estimativas de riqueza e variáveis edáficas e topográficas, segundo o critério de Informação de Akaike, para Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, sudeste do Brasil (decl – declividade; roch – cobertura de rocha; IC – Índice de convexidade).

<b>Modelos analisados</b>		
<b>Parâmetros edáficos e topográficos</b>	<i>Weight</i>	<i>dAICc</i>
P+MO+pH+Mg+CTC+Argila+Silte+decl+roch+IC	0,14	2,8
P+MO+pH+Mg+CTC+decl+roch+IC	0,14	2,8
P+MO+pH+Mg+CTC	0,14	2,8
<b>Decl+IC+roch</b>	<b>0,57</b>	<b>0</b>
P+H.Al+CTC+decl	<0,001	22,2
Modelo nulo ( $y \sim 1$ )	<0,001	314,8

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1 Florística e estrutural

A expressiva representatividade em número de espécies para as famílias Myrtaceae, Lauraceae, Rubiaceae e Fabaceae é comum a quase todos os levantamentos realizados na Floresta Pluvial Atlântica (LEITÃO FILHO, 1987; OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000; SCUDELLER et al., 2001; TABARELLI; MANTOVANI, 1999; JOLY et al., 2012), assim destacamos a importância ecológica destas famílias, pela contribuição na composição de espécies e abundância da comunidade arbórea, além da importância para a diversidade da Floresta Pluvial Atlântica (MURRAY-SMITH et al., 2008).

Myrtaceae, a mais rica em espécie neste trabalho, geralmente está entre as três famílias com maior riqueza para Floresta Pluvial Atlântica (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000; JOLY et al., 2012). Essa riqueza que é explicada pelo fato desta floresta ser considerada um centro de diversidade desta família (GENTRY, 1982; MORI et al., 1983) e, portanto, são destacadas nos estudos pela predominância ecológica e como indicadoras de diversidade (MURRAY-SMITH et al., 2008). A alta contribuição do gênero *Eugenia* em número de espécies (16) segue o padrão indicado para esta floresta (OLIVEIRA FILHO; FONTES, 2000; SCUDELLER et al., 2001), e a amostragem de uma nova espécie de Myrtaceae, ainda em fase de descrição, demonstra a importância deste estudo para registro florístico, e a necessidade de novos levantamentos para Floresta Pluvial Atlântica.

Outra família importante, Rubiaceae, destacou-se pelos elevados valores de abundância e importância das espécies *Coussarea accedens* (156 indivíduos; VI = 19,9%), *C. meridionalis* (56; 4,9%) e *Bathysa australis* (58; 6,9%). A espécie *C. ascedens* tem sido registrada com baixa densidade e geralmente em localidades geograficamente próximas a área de estudo (PRATA et al., 2011; ROCHELLE et al., 2011; SOUZA, 2013), o que difere do encontrado neste trabalho. Por outro lado, *B. australis* e *C. meridionalis* são bem registradas

nos levantamentos na Floresta Pluvial Atlântica (p. ex, MORENO et al., 2003; PRATA et al., 2011; SANCHEZ et al., 2013), sendo *C. meridionalis* considerada típica e bem distribuída nesta floresta (SCUDELLER et al., 2001).

Altos valores de riqueza para Lauraceae (12 espécies) é previsto para Floresta Pluvial Atlântica (MORI et al., 1983; OLIVEIRA FILHO; FONTE, 2000). Contudo, a família pouco contribuiu para a estrutura da comunidade devido às baixas abundâncias das espécies (total 44 indivíduos). O número de espécies registrado para família é típico de áreas localizadas entre as altitudes de 100 a 800 m, das quais *Cryptocaria mandiocana* e *C. saligna*, presentes neste estudo são consideradas espécies indicadoras desta faixa de altitudinal (KAMIMURA, 2014). A família Fabaceae, também apresentou pouca contribuição na estrutura da comunidade arbórea, uma vez que as espécies (11) foram representadas por poucos indivíduos (41 indivíduos no total) e, geralmente, de pequeno porte, sendo este padrão também encontrado por outros trabalhos em Floresta Pluvial Atlântica (p. ex. MORENO et al., 2003; JOLY et al. 2012; SANCHEZ et al., 2013).

Apesar da Arecaceae não sobressair em número de espécies (4 espécies), destaca-se pela importância na estruturação da comunidade por apresentarem altos valores de densidade (SCUDELLER et al., 2001; MORENO et al., 2003; JOLY et al., 2012), principalmente de *Euterpe edulis* (99 indivíduos). Resultados como o encontrado neste trabalho têm se confirmado como um padrão para os levantamentos na Floresta Pluvial Atlântica (BORÉM; OLIVEIRA-FILHO, 2002; MORENO et al., 2003; PADGURSCHI, et al., 2011; SCUDELLER et al., 2001). A grande densidade de *E. edulis* é atribuída ao sucesso no recrutamento dos indivíduos espacialmente próximos entre si, provavelmente associados à proximidade com a planta mãe e à chuva de sementes local (RAUPP et al., 2009; PRATA et al., 2011).

*Meriania calyprata* (Melastomataceae), a segunda espécie em valor de importância e de indivíduos (IVI = 11,46%, 148 indivíduos), indicada como típica de altitudes elevadas (OLIVEIRA; FONTES, 2000), apresentou ocorrência em levantamentos realizados entre 80 a 800 m de altitude (OLIVEIRA et al., 2001; RAMOS et al., 2011, ROCHELLE et al.; CAMPOS et al., 2011, SOUZA, 2013; SANCHEZ et al., 2013), não sendo constatada em faixas de altitude superiores a 800 m (p. ex. SANCHEZ et al., 2013; PADGURSCHI et al., 2011; KOEHLER et al., 2002, SCHEER et al., 2011). Neste sentido, além de restrições relacionadas à altitude, condições locais como as verificadas neste estudo (ver item 4.2), e no trabalho de Souza et al. (2013) indicam a influência da declividade na distribuição desta espécie.

Outras espécies presentes neste trabalho como *Guapira oposita*, *Rudgea jasminoides* e *Hyeronima alchorneoides* são amplamente distribuídas para Floresta Pluvial Atlântica (SCUDELLER et al., 2001), o que podem indicar maior plasticidade destas espécies às condições diferenciadas ao longo do gradiente de altitude.

O número de espécies registradas (154) está entre os intervalos apresentado por Joly et al. (2012) em parcelas de um hectare e com o mesmo critério de inclusão, nos quais os números de espécies variaram de 104 a 206 espécies. Além disso, o número de espécies também está entre os intervalos de trabalhos realizados com diferentes métodos, diferentes áreas amostrais e critérios de amostragem, como os citados por Tabarelli e Mantovani (1999) (89 a 157 espécies) e Rochelle et al. (2011) (105 a 203 espécies). O elevado valor de riqueza deste trabalho parece contribuir com o padrão apresentado por Joly et al. (2012) e Sanchez et al. (2013) para encosta da Floresta Pluvial Atlântica no estado de São Paulo, que indicam os maiores valores de riqueza de espécies a partir de 400 m de altitude. Contudo, vale ressaltar sobre a dificuldade nas comparações com outros levantamentos devido à falta de padronização dos critérios de inclusão e métodos amostrais (LIMA et al., 2015).

Uma característica da comunidade estudada é alta riqueza e dominância restrita a poucas espécies. A contribuição de espécies com apenas 1 indivíduo (48 espécies– 33%) são superiores aos valores encontrados por Scudeller et al. (2001) para Floresta Atlântica (19%). Por outro lado, está dentro do intervalo proposto por Martins (1991) que estabelece intervalo de raridade entre 9 a 39% para Floresta Pluvial Atlântica. O conceito de espécie rara deve restringir-se à escala local de análise e também ao esforço amostral, visto que, devido à heterogeneidade de condições para as Florestas Tropicais, muitas espécies podem apresentar variações consideráveis em suas densidades em diferentes levantamentos (NEGRELLE, 2001). Os valores de diversidade foram influenciados pelas elevadas riquezas de espécies e número de espécies consideradas raras, além das relações positivas entre abundâncias e riquezas de espécies (MAGURRAN, 1988).

#### **4.2 A comunidade arbórea e relações com variáveis topográficas e edáficas**

As variáveis topográficas e edáficas não estiveram relacionadas com os parâmetros estruturais da comunidade arbórea e, outras variáveis além das investigadas estariam influenciando o padrão desta floresta em escala local. A exposição da encosta à luminosidade, por exemplo, pode limitar, em parte, a estrutura da comunidade arbórea por intensas competições entre os indivíduos (JOLY et al., 2012). Verificar se estes resultados ocorrem em outras altitudes seria importante para compreensão das características estruturais da Floresta Pluvial Atlântica, pois nossos resultados divergem do trabalho de Souza (2013), realizado em um trecho de floresta próximo, que aponta correlações moderadas entre as variáveis topográficas e edáficas como a densidade, altura e área basal (SOUZA, 2013).

A variação explicada pelo modelo da CCA (50%) contribuiu com a expectativa de que a distribuições das espécies ocorrem em resposta às variações das condições topográficas e edáficas. Diante disso, *Meriania calyprata*, apresentou a distribuição de suas abundâncias

correlacionadas positivamente com declividade e matéria orgânica. O maior valor de abundância encontrada na parcela com maior amplitude de declividade permite sugerir que esta variável favorece o adensamento desta espécie, uma vez que o mesmo padrão também foi verificado por Souza (2013) aos 800 m de altitude na mesma floresta.

Já *Ocotea dispersa* foi influenciada de forma negativa por cobertura de rocha. Esta espécie é bem distribuída no gradiente da Floresta Pluvial Atlântica (KAMIMURA, 2014), e segundo Campos et al. (2011) apresenta como estratégia para ocupação de ambiente rochosos o lançamento de raízes superficiais, eficientes na fixação em ambientes rochosos. A cobertura de rocha também influenciou de forma negativa na distribuição das espécies, pois poucas espécies estiveram associadas a estes ambientes. Locais rochosos possuem solos com baixa umidade (PUIG, 2008; CAMPOS et al., 2011; BHATTARAI et al., 2014) e apresentam relação negativa com a riqueza, pois obviamente, diminuem área de ocupação das espécies arbóreas (CAMPOS et al., 2011; BHATTARAI et al., 2014).

Variações na topografia e no solo são importantes para distribuição das espécies, e provavelmente, a baixa similaridade florística entre as parcelas está relacionada às condições heterogêneas destas variáveis que podem influenciar na distribuição das espécies, e favorecer a riqueza local. Mudanças espaciais das condições ambientais são importantes para a diversificação dos habitats, e aumentam a possibilidade de processos de divergências de habitats e coexistência das espécies (WRIGHT, 2002; CHANG et al., 2012).

O modelo composto somente pelas variáveis topográficas e cobertura de rocha foi o mais preditivo para riqueza local, do que aqueles que incluíram variáveis edáficas. A baixa similaridade florística entre as pedoformas côncavas e convexas, e as maiores estimativas de riqueza para as parcelas com maiores amplitudes de declividade, reforçam o modelo apresentado. Variações acentuadas nas condições topográficas como as encontradas na área de estudo, aparentemente são mais limitantes para distribuição da riqueza local em relação às

variáveis edáficas, pois a topografia influencia diretamente a comunidade arbórea e as condições do solo, conforme verificado nas diferenças de algumas variáveis edáficas entre as pedoformas (ITOH et al., 2003; LIU et al., 2014). A topografia afeta a drenagem e as concentrações de nutrientes no solo, proporcionando diferentes condições de habitats que favorecem a riqueza local (TSUI et al., 2003; DUFOUR et al., 2006; ZHAO et al., 2015), assim, diferenças nas estimativas de riquezas estão associados a heterogeneidade das condições da topografia.

Algumas espécies não apresentaram a distribuição de suas abundâncias explicadas pelas variáveis estudadas. Características funcionais associadas com solo e topografia podem contribuir para entendimento das variações não capturadas em nossas análises (HÉRAULT et al., 2011; LIU et al., 2014). A distribuição de algumas espécies em gradientes topográficos e edáficos são moldadas em parte por filtros de habitat através de uma variedade de estratégias e características funcionais (LIU et al., 2014), que podem ser foco de futuros estudos.

Nossos resultados indicam diferenças na composição florística e riqueza em pequena escala local e, que essas mudanças estão relacionadas às variáveis topográficas e edáficas que variam a curtas distâncias sendo importantes para distribuição das espécies e riqueza local. Condições topográficas heterogêneas ocasionam substituição de espécies e o aumento da riqueza local. O efeito mais preditivo das variáveis topográficas, conforme o modelo apresentado, pode ser atribuído ao fato de influenciarem tanto comunidade arbórea, quanto as características edáficas. Sugerimos que os estudos envolvam ambas variáveis, topográficas e edáficas, para proposição de modelos mais explicativos para os padrões florísticos da riqueza local.

## 5 REFERÊNCIAS

- AIBA, S.; KITAYAMA, K.; TAKYU, M. Habitat associations with topography and canopy structure of tree species of a montane forest on Mount Kinabalu, Borneo. **Plant Ecology** 174:147-161. 2004.
- AKAIKE, H. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: **Breakthroughs in statisticsb Impress**. Springer, New York. pp. 610-624. 1992.
- ALVES, L. F.; VIEIRA, S. A.; SCARANELLO, M. A.; CAMARGO, P. B.; SANTOS, F. A.; JOLY, C. A.; MARTINELLI, L. A. Forest structure and live aboveground biomass variation along an elevational gradient of tropical Atlantic moist forest (Brazil). **Forest Ecology and Management**, 260(5): 679-691. 2010.
- ANGIOSPERM PHILOGENY GROUP - APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical Journal of the Linnean Society** 116(2): 105-121. 2009.
- ASSIS, M.A. **Florística e caracterização das comunidades vegetais da Planície Costeira de Picinguaba, Ubatuba/SP**. 1999. 248 p. Tese de doutorado, Universidade de Campinas, São Paulo.
- BHATTARAI, P.; BHATTA, K.P.; CHHETRI, R.; CHAUDHARY, R.P. Vascular Plant Species Richness Along Elevation Gradient Of The Karnali River Valley, Nepal Himalaya. **International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences** 4(3): 114-126. 2014.
- BORÉM, R.A.T; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Phytosociology of the wood stratum of a modified atlantic Forest toposequence in Silva Jardim-RJ, Brazil. **Revista Arvore** 26(6):727-742. 2002.
- CALLEGARI-JACQUES, S.M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 255p. 2003.
- CAMPOS, M.C.R.; TAMASHIRO, J.Y.; ASSIS, M.A.; JOLY, C.A. Florística e fitossociologia do componente arbóreo da transição Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas - Floresta Ombrófila Densa Submontana do Núcleo Picinguaba/PESM, Ubatuba, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica** 11(2), 1-12p. 2011.
- CHANG, L.; CHIU, S.; YANG, K., WANG, H.; HWONG, J., HSIEH, C. Changes of Plant Communities Classification and Species Composition along the Micro-topography at the Lienhuachih Forest Dynamics Plot in the Central Taiwan. **Taiwania** 57(4): 359–371. 2012.
- CHEN, Z.S.; HSIEH, C.F.; JIANG, F.Y.; HSIEH, T.H.; SUN, I.F. Relations of soil properties to topography and vegetation in a subtropical rain forest in southern Taiwan. **Plant Ecology** 132(2): 229-241. 1997.
- CHRISTENHUSZ, M. J. M.; ZHANG; X.; SCHNEIDER, H. A linear sequence of extant families and genera of lycophytes and ferns. **Phytotaxa** 19: 7–54. 2011.

CLARK, D.B.; CLARK, D.A., Landscape-scale variation in forest structure and biomass in a tropical rain forest. **Forest Ecology Management**. 137, 185–198 2000.

COLWELL, R. K. **EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples (9th edn)**. URL: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>. 2013.

DUFOUR, A.; GADALLAH, F.; WAGNER, H. H.; GUISAN, A.; BUTTLER, A. Plant species richness and environmental heterogeneity in a mountain landscape: effects of variability and spatial configuration. **Ecography** 29: 573-584. 2006.

EISENLOHR, P. V.; ALVES, L. F.; BERNACCI, L. C.; PADGURSCHI, M. C. G.; TORRES, R. B.; PRATA, E. M. B.; SANTOS, F. A. M. A.; RAMOS, E.; ROCHELLE, A. L. C.; MARTINS, R. M.; CAMPOS, M. C. R.; PEDRONI, F.; SANCHEZ, M.; PEREIRA, L. P.; VIEIRA, S. A.; ATALIBA, J. M.; TAMASHIRO, J. Y.; SCARANELLO, M. A. S.; CARON, C. J.; JOLY, C. A. Disturbances, Elevation, Topography And Spatial Proximity Drive Vegetation Patterns Along An Altitudinal Gradient Of A Top Biodiversity Hotspot. **Biodiversity and Conservation**. DOI 10.1007/s10531-013-0553-x. 2013.

FELFILI, J.M.; EISENLOHR, P.V.; MELO, M. M. R.F.; ANDRADE, L. A.; NETO, J.A.M. **Fitossociologia no Brasil—Métodos e estudos de casos**. Ed. UFV, vol. I, Viçosa, MG, 556p. 2011.

FIDALGO, O.; BENONI, V.L.R. **Técnicas de coletas, preservação de Unidade de Paisagem e Herborização de Material Botânico**. São Paulo: Instituto de Botânica, 62p. 1989.

GENTRY, A.H.. Neotropical floristic diversity: phytogeographical connections between Central and South America, pleistocene climatic fluctuations, or an accident of the andean orogeny? **Ann. Missouri Bot. Gard.** 69:557-593. <http://dx.doi.org/10.2307/2399084>. 1982.

GIRARDINA, C.A.J.; FARFAN-RIOSB, W.; GARCIAB, K.; FEELEYC, K.J.; JØRGENSEND, P.M.; MURAKAMIE, A.A.; PÉREZD, L.C.; SEIDELF, R.; PANIAGUAG, N.; CLAROSD, A.F.F.; MALDONADOF, C.; SILMANB, M.; SALINASA, N.; REYNELH, C.; NEILLD, D.A.; MARTHA, S.; CABALLEROE, C.J.; CUADROSH, M.A.T.; MACÍAJ, M.J.; KILLEENK, T.J.; MALHIA, Y. Spatial patterns of above-ground structure, biomass and composition in a network of six Andean elevation transects. **Plant Ecology & Diversity**. <http://dx.doi.org/10.1080/17550874.2013.820806b>. 2014.

GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**. 4: 379–391. 2001.

GUREVITCH, J.; SCHEINER, S.M.; FOX, G.A. **Ecologia Vegetal** . 2nd. Editora Artmed, ISBN 978-853-6319-18-6, Porto Alegre, Brazil. 2009.

HÉRAULT, B.; BACHELOT, B.; POORTER, L.; ROSSI, V.; BONGERS, F.; CHAVE, J.; PAINE, C. E. T.; WAGNER, F.; BARALOTO, C. Functional traits shape ontogenetic growth trajectories of rain forest tree species. **Journal of Ecology** 99, 1431–1440. doi: 10.1111/j.1365-2745.2011.01883.x. 2011.

HOUGHTON, R. A. Aboveground Forest Biomass and the Global Carbon Balance. **Global Change Biology** 11, 945–958, doi: 10.1111/j.1365-2486.2005.00955.x. 2005.

ITOH, A; YAMAKURA, T; OHKUBO, T; KANZAKI, M; PALMIOTTO, PA; LAFRANKIE, J; ASHTON, PS; LEE, HS. Importance of topography and soil texture in the spatial distribution of two sympatric dipterocarp trees in a Bornean rainforest. **Ecological Research** 18:307-320. 2003.

JOHN, R.; DALLING, J.W.; HARMS, K.E.; YAVITT, J.B.; STALLARD, R.F.; MIRABELLO, M.; HUBBELL, S.P.; VALENCIA, R.; NAVARRETE, H.; VALLEJO, M.; FOSTER, R. B. Soil nutrients influence spatial distributions of tropical tree species. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 104(3): 864-869. 2007.

JOLY, C.A.; ASSIS, M.A.; BERNACCI, L.C.; TAMASHIRO, J.Y.; CAMPOS, M.C.R. DE; GOMES, J.A.M.A LACERDA, M.S.; SANTOS, F.A.M. DOS; PEDRONI, F.; PEREIRA, L. DE S.; PADGURSCHI, M. DE C.G.; PRATA, E.M.B.; RAMOS, E.; TORRES, R.B.; ROCHELLE, A.; MARTINS, F.R; ALVES, L.F; VIEIRA, S.A.; MARTINELLI, L.A.; CAMARGO, P.B. DE; AIDAR, M.P.M.; EISENLOHR, P.V.; SIMÕES, E.; VILLANI, J.P.;BELINELLO, R. Florística e fitossociologia em parcelas permanentes da Mata Atlântica do sudeste do Brasil ao longo de um gradiente altitudinal. **Biota Neotropica** 12(1): 123-145. 2012.

KAMIMURA, V.A. **Estrutura e diversidade da família Lauraceae na Mata Atlântica do Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, Brasil.** 95 f. dissertação de mestrado (Biologia Vegetal), Departamento de Botânica, Universidade estadual Paulista, Rio claro, 2014.

KOEHLER, A; GALVÃO, F.; LONGHI, S. J. Floresta Ombrófila Densa Altomontana: aspectos florísticos e estruturais de diferentes trechos na serra do mar, PR. **Ciência Florestal** 12(2); 27-39. 2002.

LEITÃO-FILHO, H. F. Considerações sobre a florística de florestas tropicais e sub- tropicais do Brasil. **IPEF**, 35,.41-46p. 1987.

LIMA, R.A.F.; MORI, D.P; PITTA, G.; MELITO, M.O.; BELLO, C; MAGNAGO, L.F.; ZWIENER, V.P.; SARAIVA, D.D.; MARQUES, M.C.M.; OLIVEIRA, A.A; PRADO, P.I. How much do we know about the endangered Atlantic Forest? Reviewing nearly 70 years of information on tree community surveys. **Biodiversity and Conservation** 24: 2135–2148. DOI 10.1007/s10531-015-0953. 2015.

Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: Acesso em: 08 Mai. 2014

LIU, J.; YUNHONG ,T.; SLIK, J.W.F. Topography related habitat associations of tree species traits, composition and diversity in a Chinese tropical Forest. **Forest Ecology and Management** 330: 75–81. 2014.

LOVETT , J.C.; MARSHALL, A.R.; CARR, J. Changes in tropical forest vegetation along an altitudinal gradient in the Udzungwa Mountains National Park, Tanzania African. **Journal Ecology** 44: 478–490. 2006.

- MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton University, 179p. 1988.
- MARTINS, F.R. Estrutura de uma floresta mesófila. 1991. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- MCCAIN, C.M.; GRYTNES, J.A. Elevational Gradients in Species Richness In: **Encyclopedia of Life Sciences (ELS)**. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. DOI: 0.1002/9780470015902.a0022548. 2007.
- MCCULLAGH, P.; NELDER, J. **Generalized linear models. Generalized linear models**. Impress. Chapman and Hall McCullagh, London. 1989.
- MEIRELES, L. D.; SHEPHERD, G.J.; KINOSHITA, L.S. Variações na composição florística e na estrutura fitossociológica de uma Floresta Ombrófila densa Alto-Montana na Serra da Mantiqueira, Monte Verde, MG. **Revista Brasileira de Botânica** 31(4): 559-574p. 2008.
- MOESLUND, J.E.; ARGE, L.; BØCHER, P.K., DALGAARD, T.; SVENNING, J.-C. Topography as a driver of local terrestrial vascular plant diversity patterns. **Nordic Journal of Botany** 31: 129–144, 2013.
- MORENO, M.R.; NASCIMENTO, M.T.; KURTZ, B.C. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo em duas zonas altitudinais na mata atlântica de encosta da região do Imbé, RJ. **Acta Bot. Bras.**17(3):371-386. 2003.
- MORI, S.A.; BOOM, B.M.; CARVALHO, A.M.; SANTO, T.S. Ecological importance of Myrtaceae in an Eastern Brazilian Wet Forest. **Biotropica** 15(1):68-70. <http://dx.doi.org/10.2307/2388002>. 1983.
- MÜELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. Aims and methods for vegetation ecology. **J. Wiley & Sons**, New York. 1974.
- MURRAY-SMITH, C.; BRUMMITT, N.A.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; BACHMAN, S.; MOAT, J.; LUGHADHA, E.M.N.; LUCAS, E.J. Plant diversity hotspots in the Atlantic coastal forests of Brazil. **Conservation Biology** 23: 151–163. 2009.
- NEGRELLE, R.R.B. Espécies raras na Floresta Pluvial Atlântica? **Biotemas** 14(2):7-21. 2001.
- OLIVEIRA, R.J.; MANTOVANI, W.; MELO, M.M.R. F. Estrutura do componente arbustivo-arbóreo da Floresta Atlântica de Encosta, Peruíbe, SP. **Acta bot. bras.** 15(3): 391-412. 2001.
- OLIVEIRA FILHO, A T; FONTES, M.A. L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic forests in Southeastern Brazil, and the influence of climate. **Biotropica** 32(4b): 793-810. 2000.

PADGURSCHI, M.C.G., PEREIRA, L.P., TAMASHIRO, J.Y. & JOLY, C.A. 2011. Composição e similaridade florística entre duas áreas de Floresta Atlântica Montana, São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica** 11(2): 139-152. 2011.

PRATA, E.M.B; ASSIS, M.A; JOLY, C.A. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea na transição da Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas-Floresta Ombrófila Densa Submontana do Núcleo Picinguaba/PESM, Ubatuba, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica** 11(2): 285-299. 2011.

PUIG, H. **A floresta tropical úmida**. Editora UNESP: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, 2008, 496p. 2008.

RAMOS, E.; TORRES, R.B.; VEIGA, R.F.A.; JOLY, C.A. Estudo do componente arbóreo de trechos da Floresta Ombrófila Densa Submontana em Ubatuba (SP). **Biota Neotropica** 11(2): 313-335.

RAUPP, S.V.; BRACK, P.; LEITE, S.L.C. Aspectos demográficos de palmitreiro (*Euterpe edulis* Mart.) em uma área da Floresta Atlântica de Encosta, em Maquiné, Rio Grande do Sul. **Iheringia, Série Botânica** 64(1): 57-61. 2009.

ROCHELLE, A.L.C.; CIELO-FILHO, R.; MARTINS, F.R. Florística e estrutura de um trecho de Floresta Ombrófila Densa Atlântica Submontana no Parque Estadual da Serra do Mar, em Ubatuba/SP, Brasil. **Biota Neotropica**. 11(2): 1-10p. 2014.

ROSENFELD, M.F.; SOUZA, A.F. Forest biomass variation in Southernmost Brazil: the impact of Araucaria trees. **Rev. Biol. Trop.** 62 (1): 359-372. 2014

SANCHEZ, M.; PEDRONI, F.; EISENLOHR, P.V.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Changes in tree community composition and structure of Atlantic rain forest on a slope of the Serra do Mar range, southeastern Brazil, from near sea level to 1000 m of altitude. **Flora** 208; 184–196. 2013.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Ed. Viçosa, Viçosa Minas Gerais-MG, 5 ed., 100p. 2005.

SCHEER, M.B.; MOCOCHINSKI, A.Y.; RODERJAN, C.V. Estrutura arbórea da Floresta Ombrófila Densa Altomontana de serras do sul do Brasil. **Acta Bot. Bras.** 25, 735–750. 2011.

SCUDELLER, V. V., MARTINS, F. R.; SHEPHERD, G. J. Distribution and abundance of arboreal species in the atlantic ombrophilous dense forest in Southeastern Brazil. **Plant Ecology** 152: 185–199. 2001.

SOUZA, A. C. O. **Fatores abióticos influenciando a vegetação em Floresta Ombrófila Densa Montana, Parque Estadual da Serra do Mar (Ubatuba - SP, Brasil)**. Dissertação (Mestrado) em Agricultura tropical e Subtropical. 2013. 92 f. Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas.

TABARELLI, M; MANTOVANI, W. A riqueza de espécies arbóreas na floresta atlântica de encosta no estado de São Paulo (Brasil). **Revista Brasileira de Botânica** 22(2): 217-223. 1999

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Ecologia de Indivíduos e Ecossistemas**. 4ªed, Artmed, Porto Alegre, 752p. 2007.

TSUI, C.C; CHENA, Z.S.; HSIEHB, C.F. Relationships between soil properties and slope position in a lowland rain forest of southern Taiwan. **Geoderma** 123:131–142. 2004.

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

WRIGHT, S.J. Plant diversity in tropical forests: a review of mechanisms of species coexistence. **Oecologia** 130: 1-14, 2002.

YAMAKURA T.; KANZAKI, M.; ITOH, A., OHKUBO, T.; OGINO, K.; CHAI, E.O.K; LEE, H.S.; ASHTON, P.S. Topography of a large-scale research plot established within a tropical rain forest at Lambir, Sarawak. **Tropics** 5:41-56. 1995.

YIMER, F.; LEDIN, S.; ABDELKADIR, A. Soil property variations in relation to topographic aspect and vegetation community in the south-eastern highlands of Ethiopia. **Forest Ecology and Management** 232: 90–99. doi:10.1016/j.foreco.2006.05.055. 2006.

ZHAO, C.M.; CHEN, W.L.; TIAN, Z.Q. Altitudinal pattern of plant species diversity in Shennongjia mountains, Central China. *J. Integr. Plant Biol.* 47: 1431–1449. 2005.

## **CAPÍTULO II**

### **MUDANÇAS NA ESTRUTURA, COMPOSIÇÃO E RIQUEZA DA COMUNIDADE ARBÓREA E RELAÇÕES COM SOLO E TOPOGRAFIA EM DOIS TRECHOS DE FLORESTA PLUVIAL ATLÂNTICA**

**MUDANÇAS NA ESTRUTURA, COMPOSIÇÃO E RIQUEZA COMUNIDADE  
ARBÓREA E RELAÇÕES COM SOLO E TOPOGRAFIA EM DOIS TRECHOS DE  
FLORESTA PLUVIAL ATLÂNTICA**

**RESUMO**

Em florestas tropicais a distribuição das espécies e diversidade da comunidade arbórea tem sido relacionada às mudanças de condições climáticas, topográficas e edáficas ao longo do gradiente de altitude. No entanto, para Floresta Pluvial Atlântica, estas relações foram pouco exploradas. Na floresta aos 600 m de altitude verificamos que as variáveis edáficas e topográficas ocasionam baixa similaridade florística e diferenças nas estimativas de riqueza entre as parcelas e entre as pedoformas côncavas e convexas. As variações na riqueza local foram explicadas pelas condições topográficas. Neste contexto, realizamos o levantamento florísticos um trecho de 1 ha de Floresta Pluvial Atlântica no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Cunha – SP, aos 1.100 m de altitude e comparamos com essa área levantada nos 600 m de altitude, e buscamos responder: (1) As comunidades arbóreas em duas cotas de altitude diferem em estrutura, composição e riqueza de espécies? (2) Caso isto ocorra, estas variações são atribuídas à altitude ou às condições edáficas e topográficas locais? (3) Em escala local, as explicações para as variações na estrutura, distribuição das espécies e riqueza encontrada aos 600 m se repetem para cota de altitude aos 1.100 m de altitude? Em cada altitude foram implantadas 4 parcelas de 50 x 50 m, subdivididas em subparcelas de 10 x 10 m. Amostramos os indivíduos com DAP  $\geq 4,8$  cm. Aferimos a declividade, convexidade e profundidade do solo, e realizamos análises físico-químicas do solo para cada subparcela. Verificamos a similaridade florística das parcelas e entre as florestas, e entre as pedoformas côncavas e convexas. Analisamos as diferenças nas variáveis topográficas e edáficas entre as parcelas e pedoformas, e as correlações destas variáveis com matriz de abundância e riqueza. A floresta aos 1.100 m encontra-se em região de transição entre as formações Montana e Altmontana. Os efeitos do solo e da topografia na comunidade se repetem, parcialmente, nas duas cotas de altitudes, uma vez que algumas espécies apresentaram a distribuição influenciadas de formas distintas por estas variáveis nas diferentes altitudes. Estudos com comunidades arbóreas em gradiente de altitude, que agregam as variáveis topográficas e edáficas podem fornecer modelos mais preditivos para os padrões florísticos e de riqueza na Floresta Pluvial Atlântica, uma vez que os efeitos do solo e da topografia podem diferir ao longo do gradiente de altitude.

**Palavras-chave:** Altmontana, Cunha, Modelo linear Generalizados, Convexidade

**CHANGES IN STRUCTURE, COMPOSITION AND RICHNESS OF TREE  
COMMUNITY AND RELATIONS WITH SOIL AND TOPOGRAPHY IN TWO  
AREAS OF ATLANTIC RAIN FOREST**

**ABSTRACT**

In tropical forests species distribution and diversity of tree community has been related to changes in climatic, topographic and edaphic along the altitudinal gradient. However, for Atlantic Rain Forest, these relations have been poorly explored. In the forest at 600 m a.s.l. we verified that edaphic and topographic variables cause low floristic similarity and differences in richness values between plots and between concave and convex landforms. However, changes in the local richness were explained by topographical conditions. In this context, we carried out the floristic survey in 1 ha of Atlantic Rain Forest in the Serra do Mar State Park, Núcleo de Cunha, São Paulo state, at 1.100 m a.s.l., compared this area to 600 m a.s.l., and seek to answer: (1) the tree communities in two altitude quotas differ in structure, composition and species richness? (2) If this occurs, are these variations attributed to altitude or to soil and topographical conditions locations? (3) On a local scale, the explanations for changes in structure, species distribution and diversity found in the studied forest, at 600 m, are recurrent at the altitude of 1,100 m? At each elevation, we implemented four plots of 50 x 50 m, subdivided into plots of 10 x 10 m. and sampled individuals with DBH  $\geq 4,8$  cm., measured declivity, convexity and soil depth. Then, we proceeded physical-chemical analysis of soil for each subplot. We checked the floristic similarity of the plots and between forests, and between the concave and convex landforms. Furthermore, we analyzed the differences in the topographic and soil variables between plots and landforms, and correlations of these variables with matrix abundance and richness. The forest at 1,100 m is in the transition region between Montana and Upper Montana formations. We found differences in the floristic composition between the two quotas of altitude, however, only the number of individuals differed among the studied forests. In both soil altitude quotas and topography influence the distribution of species, however, the topography more heterogeneous the 600m had more pronounced effect on the distribution of richness, as well as influence the tree communities, can act on soil conditions. The effects of soil and topography are repeated in the community, partially in both dimensions altitudes, since some species showed distribution influenced in different ways by these variables in different altitudes.

**Keywords:** Upper Montane, Cunha, Generalized Linear Model, Convexity

## 1 INTRODUÇÃO

Explicar o elevado número de espécies em áreas relativamente pequenas tem sido uma das principais questões das pesquisas em ecologia vegetal em florestas tropicais (GENTRY, 1982; MOESLUND et al., 2013; LIU et al., 2014). Entender como condições ambientais potencialmente importantes estão relacionadas com os padrões de riqueza da comunidade arbórea para estas florestas possibilita a elaboração de bases teóricas para conservação da biodiversidade, úteis para os programas de manejos florestais (EISENLOHR et al., 2013; ZHAO et al., 2015).

Várias teorias tentam explicar a contribuição de fatores ambientais na estruturação e na diversidade da comunidade arbórea observada para as florestas tropicais (COLWELL; HURTT, 1994; GIVNISH, 1999; WRIGHT, 2002; LEIGH et al., 2004). Entre as explicações, a heterogeneidade espacial é reportada como responsável pela diversificação de habitats e importante impulsionadora da riqueza destas florestas (GIVNISH, 1999; WRIGHT, 2002; MCCAIN; GRYTNES, 2010). A heterogeneidade é base do conceito de diferenciação de nichos, e pressupõe o estabelecimento e a substituição das espécies em resposta às variações espaciais ou temporais das condições ambientais (SILVERTOWN, 2004). Os efeitos da heterogeneidade dependem em grande parte do grupo de espécies e da escala de estudo (DUFOUR et al., 2006; GRYTNES; MCCAIN, 2007).

Variações na distribuição das espécies e diversidade da comunidade arbórea têm sido associadas às mudanças de condições climáticas, topográficas e edáficas ao longo do gradiente de altitude, padrão amplamente divulgado para as florestas tropicais (OLIVEIRA-FILHO E FONTES 2000; SOLON et al., 2007; EISENLOHR et al., 2013; GIRARDINA et al., 2014), e em escala local, a distribuição das espécies é atribuída à heterogeneidade das condições topográficas e edáficas (AIBA et al., 2004; ZHAO et al., 2015). O solo é a fonte primária de todos os nutrientes essenciais para a vegetação dessas florestas, e está relacionado

com as condições de umidade, nutrição e aeração das raízes, fatores importantes para o estabelecimento da comunidade arbórea (TSUI et al., 2004; YIMER et al., 2006). Variações nas condições topográficas estão associadas a processos de diversificação de habitat, pois influenciam na drenagem e nas características edáficas das florestas tropicais (WRIGHT, 2002; HOMEIER et al., 2010; SANCHEZ et al., 2013).

Diante disso, na Floresta Pluvial Atlântica, um dos *hotspots* de biodiversidades globais (MYERS et al., 2000), a altitude é uma variável indireta de grande importância para a caracterização da vegetação (OLIVEIRA FILHO; FONTES, 2000; SCUDELLER et al., 2001), e para distribuição da riqueza de espécies ao longo do gradiente altitudinal (SANCHEZ et al., 2013). No entanto, as mudanças na composição florística desta floresta não apresentam um padrão diretamente relacionado com a altitude, e outros fatores estariam influenciando na comunidade arbórea (JOLY et al., 2012; SCUDELLER et al., 2001; SANCHEZ et al., 2013). Fatores locais como a topografia e solo, são importantes na distribuição da comunidade arbórea (MEIRELES et al., 2008; ROCHELLE, 2008; CAMPOS et al., 2011; SOUZA, 2013), e muitas vezes são confundidos com os efeitos da altitude (SANCHEZ et al., 2013). Assim, ainda são necessários estudos que busquem avaliar em escala local, os efeitos do solo e topografia na riqueza a comunidade arbórea, e se esses efeitos se repetem na comunidade arbórea em diferentes cotas de altitude.

No primeiro capítulo desta tese (aos 600 m de altitude) verificamos que as variáveis edáficas e topográficas variaram em pequena escala ocasionando diferentes condições ambientais em escala local. Estas mudanças das condições não influenciaram na estrutura da comunidade arbórea, porém estão relacionados com a distribuição e riqueza das espécies, de forma que encontramos baixas similaridades florísticas e estrutural entre as parcelas, e entre as superfícies côncavas e convexas. Também verificamos que variações nas estimativas de

riquezas foram explicadas somente por variáveis topográficas, das quais parcelas com maiores amplitudes de inclinação apresentaram maior estimativa de riqueza (vide capítulo I).

Neste contexto, analisamos a composição florística e a estrutura do componente arbóreo em um trecho de Floresta Pluvial Atlântica aos 1.100 m de altitude, e comparamos com o levantamento realizado nos 600 m de altitude, e procuramos responder as seguintes perguntas: (1) As comunidades arbóreas nas duas cotas de altitude diferem em estrutura, composição e riqueza de espécies? (2) Caso isto ocorra, estas variações são atribuídas à altitude ou às condições edáficas e topográficas locais? (3) Em escala local, as explicações para as variações na estrutura, distribuição das espécies encontradas para floresta estudada aos 600 m de altitude (vide capítulo I) se repetem para cota de altitude aos 1.100 m?

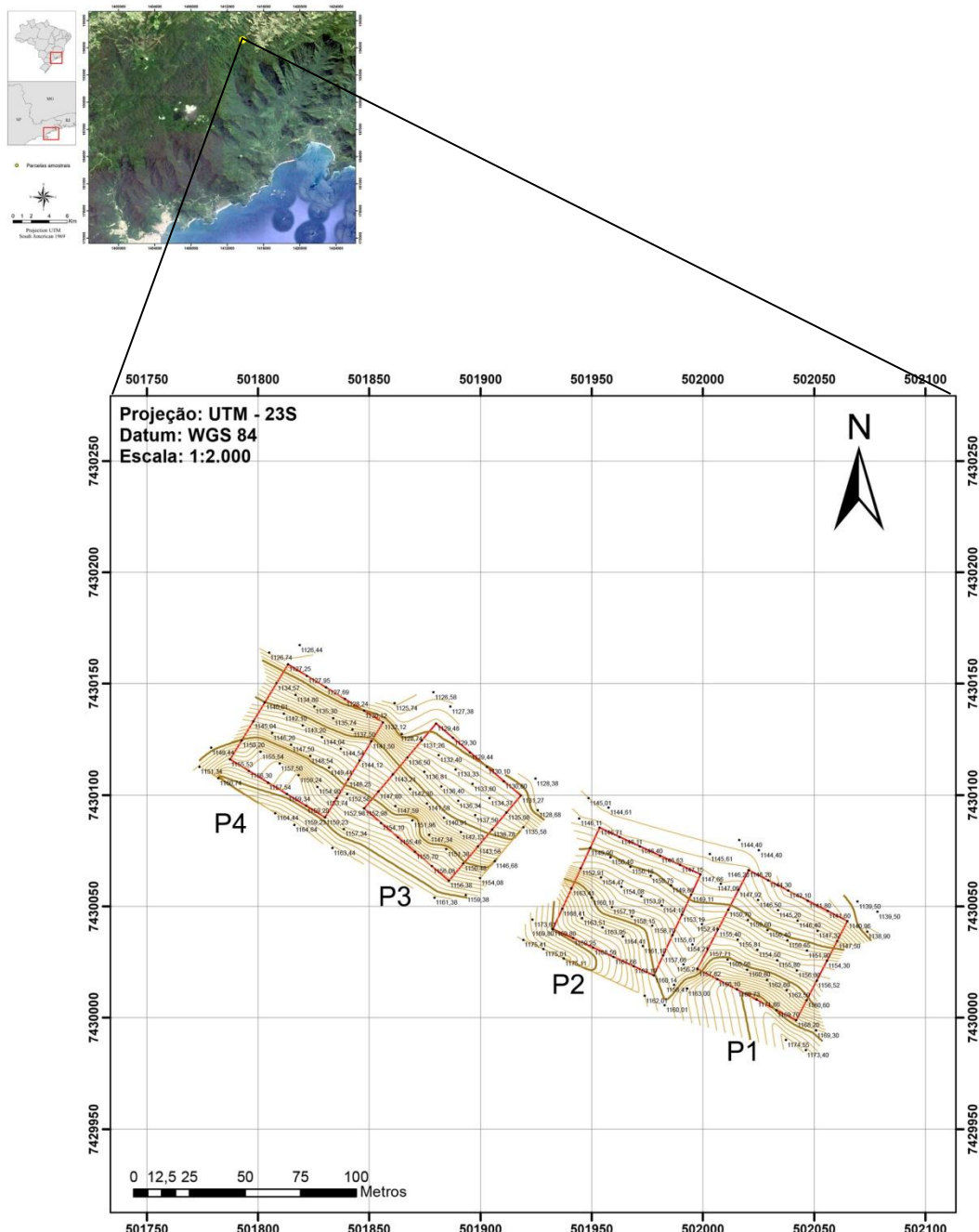
## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo**

O levantamento aos 600m de altitude situa-se no Núcleo Picinguaba está situado no município de Ubatuba, sendo a única porção do Parque Estadual da Serra do Mar que atinge a orla marinha (ASSIS, 1999; JOLY et al., 2012). A área de estudo localiza-se na Serraria Costeira nas coordenadas 23°21'49"S e 45°06'40"W, em um trecho de Floresta Ombrófila Densa Montana (*sensu* VELOSO, 1991), entre as altitudes de 592 a 649 m (ver figura 1 do Capítulo I).

A área de estudo aos 1.100 m de altitude situa-se no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Cunha localiza-se na no município de Cunha, sobre a zona do Planalto de Paraitinga, na província geomorfológica do Planalto Atlântico (ALMEIDA, 1964). O trecho de floresta estudado é caracterizado como Floresta Ombrófila Densa Montana (*sensu* VELOSO, 1991) e situa-se nas coordenadas 23° 19' 31" S e 44° 49' 55" W. Apresenta variação na altitude entre 1.127 a 1.176 m e a inclinação das parcelas variou entre 14 a 39 ° (Figura 1).

O clima segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfb, ou seja, temperado úmido (ALVARES et al., 2013). O período úmido estende-se de outubro a março (estação chuvosa) e o período seco, ou pouco úmido, compreende os meses de abril a setembro (ALVARES et al., 2013). A temperatura média anual do ar é de 17 °C, com média de 10 °C no inverno e de 22 °C no verão. A precipitação média anual é de 2.300, com forte efeito de neblina, provocando importante influência nos totais pluviométricos da região.



## 2.2 Coleta dos dados

Foram demarcadas em cada cota de altitude (600 e 1.110 m) quatro parcelas de 50 x 50 m (0,25 ha), subdivididas em subparcelas de 10 x 10 m. Nestas, foram amostrados todos os indivíduos com PAP  $\geq$  15 cm, incluindo palmeiras e samambaias arbóreas, dos quais foram medidos a altura total e o PAP (JOLY et al., 2012). O material coletado foi identificado por meio de consulta à literatura especializada e comparações com materiais de Herbários (HRCB, IAC e UEC), e os testemunhos foram depositados no herbário HRCB. Os táxons das angiospermas e gimnospermas estão classificados de acordo com a proposta do *Angiosperm Phylogeny Group III* (2009), e para as samambaias a de Christenhusz et al. (2011). A grafia e a validade dos nomes científicos foram aferidas na lista das espécies da Flora do Brasil (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>).

A declividade de cada subparcela foi mensurada com um hipsômetro Digital (HDA-Vertex IV) sendo do vértice superior para o adjacente de cada subparcela. Calculamos o Índice de Convexidade (IC) subtraindo a média das altitudes dos quatro vértices de uma subparcela de interesse, da média das altitudes dos 12 vértices externos das oito subparcelas adjacentes. Valores positivos indicam subparcelas convexas e valores negativos subparcelas côncavas (YAMAKURA et al., 1995).

A coleta de solo em todas as subparcelas na profundidade de 0-20 cm foi com o uso de um trado holandês. Para tanto foram realizadas três sondagens aleatórias em cada subparcela, com a finalidade de compor uma amostragem composta, de cada amostra foi descartada a serrapilheira. As sondagens, também foram utilizadas para obtenção da profundidade média do solo, sendo perfurado até 1 m de profundidade ou impedimento de rochoso. As amostras do solo foram encaminhadas para Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (Campus Araras) para o fornecimento dos valores de pH, Potássio ( $K^+$ ), Fósforo (P), Cálcio ( $Ca^{2+}$ ), Magnésio ( $Mg^{2+}$ ), Alumínio ( $Al^{3+}$ ), acidez potencial

(Al+H), saturação por bases (V%), capacidade de troca catiônica (CTC), matéria orgânica (MO) e percentuais de argila, areia e silte.

### 2.3 Análises dos dados

Calculamos os descritores fitossociológicos densidade, frequência, dominância e valor de importância para área de 0,25 ha e 1 ha para cota de altitude de 1.100m, além dos valores médios de altura, diâmetro e área basal (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974) e os índices de diversidade de Shannon ( $H'$ ) e equabilidade de Pielou ( $J'$ ) (MAGURRAN, 1988) para duas cotas de altitude (600 e 1.100m). A Anova com 1.000 permutações seguidas do teste *post hoc* Tukey foram utilizadas para verificar as diferenças nos parâmetros estruturais entre as parcelas da cota de altitude de 1.100m de altitude, e entre as subparcelas côncavas e convexas e para diferentes altitudes.

Para cota de altitude de 1.100 m a riqueza do componente arbóreo foi analisada considerando, o número de espécies e de indivíduos (MAGURRAN, 1988). A riqueza de espécies foi comparada por meio da rarefação com base no número de indivíduos realizando 1.000 aleatorizações dos dados (GOTELLI; COLWELL, 2001). Comparamos as riquezas estimadas para as parcelas (1.100m) com o uso da Anova seguidas do teste *post hoc* Tukey. A relação entre o número de indivíduos e número de espécies foi avaliada pelos modelos de regressões, considerando os modelos significativos aqueles com  $p \leq 0,05$ .

Para verificar a similaridades entre as parcelas e entre as pedoformas côncavas e convexas para a cota de altitude aos 1.100 m foi utilizada a análise de agrupamento por médias não ponderadas – UPGMA (FELFILE et al., 2011). A matriz de abundância das espécies foi utilizada para calcular o coeficiente de Bray-Curtis, e os resultados foram utilizados para confecção do dendrograma de similaridade. Verificamos a similaridade florística entre as duas cotas de altitude pelo índice de similaridade de Jaccard, e utilizamos os

grupos formados na análise de espécies indicadoras (ISA) (DUFRENE;LEGENDRE, 1997) para extrair as espécies significativamente associadas à cada cota de altitude.

As médias das variáveis edáficas e topográficas entre as parcelas e entre as pedoformas côncavas e convexas aos 1.100m de altitude foram comparadas pela Anova com 1.000 permutações seguidas do teste *post hoc* Tukey. A análise de correlação de Pearson foi utilizada para explorar as relações entre as variáveis topográficas e físico-químicas, e entre as variáveis edáficas e topográficas com os parâmetros estruturais da comunidade arbórea. Os valores de correlação foram interpretados conforme Callegari-Jacques (2003), adotando-se um  $p \leq 0,05$ .

A análise de Componentes Principais (PCA) foi utilizada para eliminar as variáveis topográficas e edáficas redundantes (correlações maiores que 0,7) para compor a matriz abiótica utilizada na Análise Correspondência Canônica (CCA) (FELFILI et al., 2011). A a CCA foi utilizada para explorar as relações entre a matriz de variáveis topográficas e edáficas com a matriz de abundância das espécies. A matriz biótica foi constituída por espécies com no mínimo cinco indivíduos por parcelas de 50 x 50 m. Anova com 1.000 aleatorizações ( $p \leq 0,05$ ) foi utilizado para testar a significância do modelo gerado pela CCA (FELFILI et al., 2011).

Utilizamos Modelos Lineares Generalizados (MLG) para analisar as relações entre a diversidade (rarefação) com os parâmetros edáficos e topográficos para cota de 1.100m (MCCULLAGH; NELDER, 1989). A seleção de modelos foi realizada a partir do Critério de Informação de Akaike (AKAIKE, 1992). Os modelos testados foram gerados a partir de um modelo geral, com todos os parâmetros edáficos e topográficos. Do modelo geral foram extraídos os demais modelos, sendo selecionadas os parâmetros que diferiram significativamente entre as parcelas. O primeiro constituído somente pelos parâmetros físicos-químicos e topográficos, o segundo pelas variáveis físico-químicas e o terceiro pelas variáveis

topográficas. Todos os modelos foram comparados com um modelo nulo. Todas as análises foram conduzidas no software R (R Core Team 2013).

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Comparações da florística e estrutura

Na floresta aos 1.100 m foram amostrados 2.092 indivíduos representados por 134 espécies pertencentes a 38 famílias (anexo I). As famílias mais representativas em número de espécies foram Myrtaceae (25 espécies), Lauraceae (23), Rubiaceae (8), Fabaceae (7) que juntas somaram 63 espécies. Aos 600 m foram amostrados 1.490 indivíduos, 154 espécies pertencentes a 43 famílias. As famílias com maior número de espécies foram Myrtaceae (37), Rubiaceae (14), Fabaceae e Lauraceae (11 cada), que juntas somaram 73 espécies (anexo I).

Verificamos maior número de indivíduos, área basal, diversidade e equabilidade para floresta na altitude de 1.100 m, e para floresta aos 600 m maior número de espécies e estimativas de riqueza. No entanto, a análise de Anova evidenciou que somente o número de indivíduos diferiu significativamente entre as florestas ( $F= 58,71$ ;  $p<0,001$ ) (tabela 1).

**Tabela 01** - Parâmetros quantitativos para as cotas de 600(Q) e 1.100 (T) metros de altitudes amostradas de Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Cunha, sudeste Brasil (Decl – Declividade, Sp – Número de espécies, N – número de indivíduos; diam – diâmetro médio Alt – altura média, AB - área basal, H' - índice de Shannon, J' - equabilidade de Pielou).

Parcelas	Decl	Sp	N	diam	Alt	AB	H'	J'	Jackknife
Q1	6 – 37	97	375	14,5 ± 13	11 ± 5	11,43	3,89	0,85	11 – 137
Q2	6 – 17	77	390	12,9 ± 13	11 ± 5	10,13	3,70	0,85	10 – 108
Q3	17 – 41	88	358	13,7 ± 13	11 ± 5	10,38	3,74	0,83	10 – 126
Q4	11 – 26	66	367	12,9 ± 13	10 ± 5	9,21	3,53	0,84	10 – 86
<b>Total</b>	---	<b>154</b>	<b>1.490</b>	<b>13,5 ± 0,7</b>	<b>10,7 ± 0,5</b>	<b>41,50</b>	<b>4,00</b>	<b>0,80</b>	---
T1	24 – 39	81	472	13,4 ± 12	11 ± 5	12,36	3,64	0,83	13 -108
T2	17 – 39	85	528	12,5 ± 10	11 ± 5	10,41	3,72	0,84	14 – 112
T3	14 – 39	84	560	12,3 ± 10	11 ± 5	12,07	3,87	0,87	15 -108
T4	17 – 39	92	532	12,6 ± 10	10 ± 5	11,32	3,98	0,88	15 -114
<b>Total</b>	---	<b>134</b>	<b>2.092</b>	<b>12,7 ± 0,4</b>	<b>10 ± 0,5</b>	<b>46,2</b>	<b>4,07</b>	<b>0,83</b>	---

A similaridade florística entre duas áreas foi considerada baixa (Jaccard= 0,17). No total, 46 espécies foram comuns entre as duas florestas. Das 154 espécies amostradas aos 600 m, 112 espécies (73%) foram exclusivas para esta altitude, e 92 (69%) para o trecho de floresta aos 1.100 m. Myrtaceae compartilhou 8 espécies das 53 registradas para as duas áreas. Lauraceae 6 de 27 espécies e Rubiaceae apenas uma espécie (*Bathysa australis*). Já para família Fabaceae não houve espécies em comum entre as florestas.

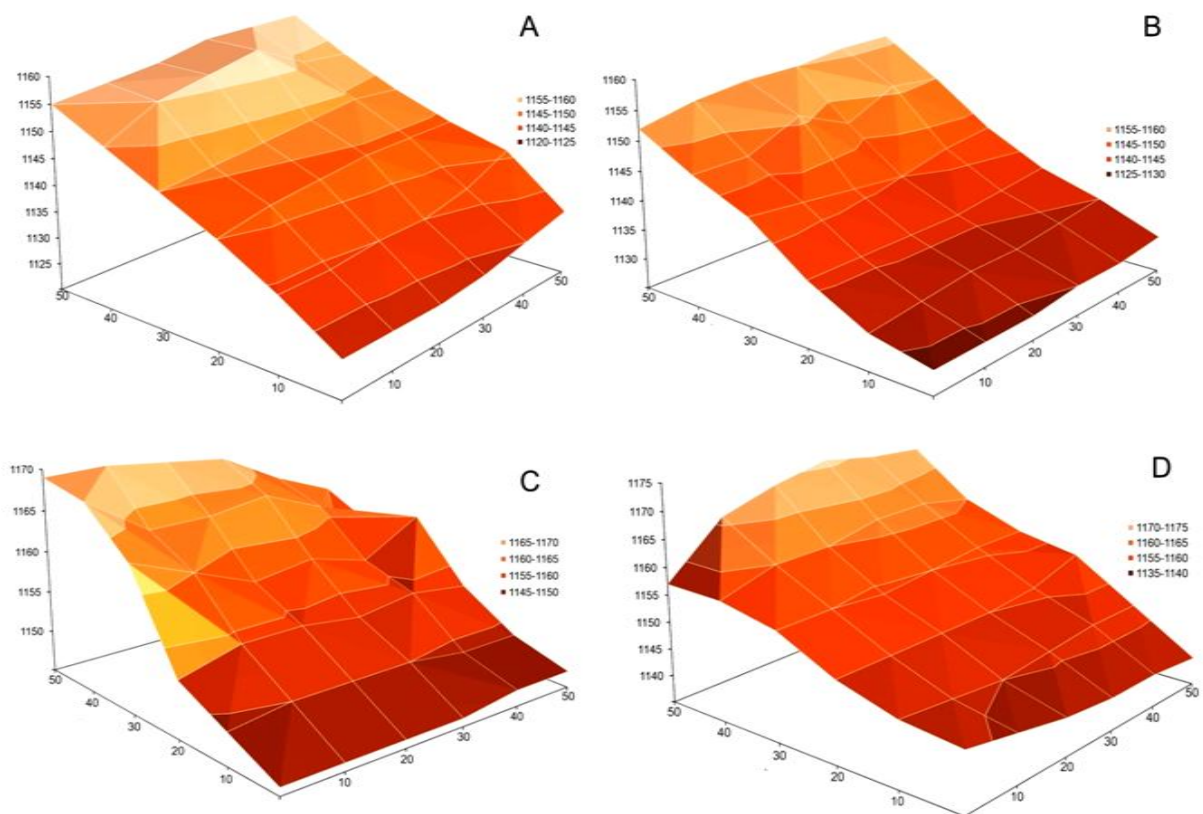
A análise de espécies indicadoras (tabela 2) evidenciou 29 espécies associadas para a cota de 1.100 m, destas 10 da família Lauraceae, e para floresta aos 600 m de altitude foram 15 espécies indicadoras, das quais Rubiaceae apresentou 3 espécies.

**Tabela 2** – Valores da análise de espécies indicadoras (IndVal) para dois trechos de Floresta Pluvial Atlântica, sudeste do Brasil (Probabilidade  $p \leq 0,05$ ) (Grupos 1 - 600 m; Grupo 2 - 1.100 m de altitude).

Espécies	Grupo	P
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	1	0,03
<i>Citronella paniculata</i> (Mart.) R.A.Howard	1	0,03
<i>Coussarea accedens</i> Müll. Arg.	1	0,03
<i>Coussarea meridionalis</i> (Vell.) M • ll.Arg.	1	0,03
<i>Cryptocarya mandioccana</i> Meisn.	1	0,03
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart. Mart.	1	0,03
<i>Dahlstedtia pinnata</i> (Benth.) Malme	1	0,03
<i>Eugenia monosperma</i> Vell.	1	0,03
<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão	1	0,03
<i>Inga capitata</i> Desv.	1	0,03
<i>Meriania calyptrata</i> (Naudin) Triana	1	0,03
<i>Pouteria venosa</i> (Mart.) Baehni	1	0,03
<i>Psychotria nuda</i> (Cham. & Schltld.) Wawra	1	0,02
<i>Stylogyne lhotzkyana</i> (A.DC.) Mez	1	0,03
<i>Syagrus pseudococos</i> (Raddi) Glassman	1	0,02
<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll.Arg.	2	0,04
<i>Amaioua intermedia</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	2	0,04
<i>Aniba firmula</i> (Nees & Mart.) Mez	2	0,03
<i>Aniba viridis</i> Mez	2	0,03
<i>Clethra scabra</i> Pers.	2	0,03
<i>Connarus regnellii</i> G.Schellenb.	2	0,03
<i>Cryptocarya botelhensis</i> P.L.R.Moraes	2	0,03
<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	2	0,03
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	2	0,27
<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek	2	0,03
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	2	0,03
<i>Laplacea fruticosa</i> (Schrad.) Kobuski	2	0,03
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	2	0,02
<i>Matayba intermedia</i> Radlk.	2	0,03
<i>Matayba obovata</i> R. Coelho, Souza & Ferrucci	2	0,03
<i>Mollinedia boracensis</i> Peixoto	2	0,05
<i>Mollinedia oligantha</i> Perkins	2	0,02
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	2	0,03
<i>Neomitranthes glomerata</i> (D.Legrand) D.Legrand	2	0,02
<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees & Mart.) Mez	2	0,03
<i>Ocotea bicolor</i> Vattimo-Gil	2	0,03
<i>Ocotea catharinensis</i> Mez	2	0,03
<i>Ocotea elegans</i> Mez	2	0,03
<i>Ocotea lancifolia</i> (Schott) Mez	2	0,03
<i>Ocotea pulchra</i> Vattimo-Gil	2	0,03
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	2	0,02
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	2	0,03
<i>Quiina glazovii</i> Engl	2	0,02
<i>Sloanea hirsuta</i> (Schott) Planch. ex Benth.	2	0,03

### 3.2 Relações edáficas e topográficas com a comunidade arbórea aos 1.100 m

A variação da altitude das parcelas foi entre 1.127 a 1.175 m, sendo a maior variação verificada para parcela 1 (1.127 a 1.159 m) e a menor para parcela 3 (1146 a 1160 m). A inclinação do terreno foi similar para todas as parcelas (tabela 1), sendo as superfícies das parcelas pouco acidentadas (figura 2). O IC não diferiu entre as parcelas, e a declividade diferiu entre as parcelas 1 e 3 ( $p < 0,05$ ;  $F = 2.808$ ), sendo um indicativo de pouca variações das condições topográficas para área de estudo.



**Figura 2** – Condições topográficas das parcelas em um trecho Floresta Pluviais Atlântica aos 1.100 m de altitude, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Cunha, sudeste Brasil (A – Parcela 1; B Parcela 2; C – Parcela 3; D Parcela 4).

A Anova evidenciou diferenças nas médias das variáveis topográficas e edáficas entre as parcelas, com exceção de magnésio, alumínio e IC que não diferiram significativamente (tabela 1). De modo geral, todas as parcelas apresentaram baixo pH e níveis elevados de Al. A fertilidade do solo expressa pela CTC foi significativamente maior para a parcela 3. No entanto, os valores das variáveis edáficas indicam solos distróficos para todas as parcelas.

**Tabela 3** - Média ( $\pm$  desvio padrão) e análise de variância de variáveis topográficas e físico-químicas para conjuntos amostrais da Floresta Pluvial Atlântica aos 1.100 m de altitude, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Cunha, sudeste Brasil (\* = significativo  $p < 0,05$ ; \*\* = significativo  $p < 0,01$ ; \*\*\* = significativo  $p < 0,001$ ; ns= não significativo).

Variáveis	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	P
P (mg/dm <sup>3</sup> )	4,7 $\pm$ 2,3 <sup>a</sup>	2,4 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>	4,0 $\pm$ 1,9 <sup>ac</sup>	3,5 $\pm$ 0,9 <sup>bc</sup>	***
MO (g/dm <sup>3</sup> )	50,5 $\pm$ 9,7 <sup>b</sup>	43,1 $\pm$ 4,8 <sup>cb</sup>	52,7 $\pm$ 10,9 <sup>ab</sup>	51,9 $\pm$ 10,9 <sup>ab</sup>	**
pH (Ca Cl <sup>2</sup> )	3,5 $\pm$ 0,13 <sup>a</sup>	3,4 $\pm$ 0,15 <sup>ab</sup>	3,3 $\pm$ 0,16 <sup>b</sup>	3,3 $\pm$ 0,16 <sup>b</sup>	***
K (mmolc/dm <sup>3</sup> )	0,8 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	0,8 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	0,7 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	0,4 $\pm$ 0,2 <sup>b</sup>	***
Ca (mmolc/dm <sup>3</sup> )	4,2 $\pm$ 1,9 <sup>a</sup>	3,4 $\pm$ 1,7 <sup>a</sup>	2,1 $\pm$ 1,7 <sup>b</sup>	1,8 $\pm$ 2 <sup>b</sup>	***
Mg (mmolc/dm <sup>3</sup> )	2,1 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>	2,6 $\pm$ 1,4 <sup>a</sup>	2,5 $\pm$ 1,2 <sup>a</sup>	1,9 $\pm$ 0,7 <sup>a</sup>	ns
Al (mmolc/dm <sup>3</sup> )	30,7 $\pm$ 3,4 <sup>a</sup>	30,8 $\pm$ 4,8 <sup>a</sup>	30,6 $\pm$ 4,9 <sup>a</sup>	32,1 $\pm$ 5,5 <sup>a</sup>	ns
H+Al (mmolc/dm <sup>3</sup> )	162,9 $\pm$ 3 <sup>dc</sup>	171,1 $\pm$ 23,6 <sup>cb</sup>	199,2 $\pm$ 46,9 <sup>ba</sup>	205,9 $\pm$ 50,5 <sup>a</sup>	***
SB (mmolc/dm <sup>3</sup> )	7,1 $\pm$ 2,4 <sup>a</sup>	6,7 $\pm$ 2,7 <sup>a</sup>	5,4 $\pm$ 1,8 <sup>ab</sup>	4,2 $\pm$ 2,1 <sup>b</sup>	***
CTC (mmolc/dm <sup>3</sup> )	169,9 $\pm$ 23,3 <sup>dc</sup>	177,8 $\pm$ 24,2 <sup>cb</sup>	204,6 $\pm$ 47,6 <sup>ba</sup>	210,1 $\pm$ 51,1 <sup>a</sup>	***
V %	4,1 $\pm$ 1,3 <sup>a</sup>	3,8 $\pm$ 1,4 <sup>ba</sup>	2,7 $\pm$ 0,9 <sup>c</sup>	2,0 $\pm$ 1,0 <sup>c</sup>	***
Argila %	14,1 $\pm$ 2,6 <sup>d</sup>	16,4 $\pm$ 2,5 <sup>cd</sup>	17,0 $\pm$ 2,5 <sup>cd</sup>	17,7 $\pm$ 4,7 <sup>ad</sup>	**
Areia %	69,6 $\pm$ 6,1 <sup>a</sup>	69,4 $\pm$ 5,5 <sup>a</sup>	73,4 $\pm$ 3,2 <sup>a</sup>	65,8 $\pm$ 5,3 <sup>a</sup>	***
Silte %	16,4 $\pm$ 6,4 <sup>a</sup>	14,1 $\pm$ 5,5 <sup>a</sup>	9,6 $\pm$ 3,1 <sup>b</sup>	16,4 $\pm$ 3,3 <sup>a</sup>	***
Declividade (%)	57,6 $\pm$ 8,4 <sup>a</sup>	50,0 $\pm$ 13,9 <sup>ab</sup>	45,3 $\pm$ 8,4 <sup>b</sup>	49,0 $\pm$ 19,4 <sup>ab</sup>	*
Profundidade (cm)	81 $\pm$ 21 <sup>a</sup>	65 $\pm$ 20 <sup>b</sup>	72 $\pm$ 17 <sup>ab</sup>	69 $\pm$ 22 <sup>ab</sup>	*
Índice de Concavidade	0,7 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	-0,2 $\pm$ 1,3 <sup>a</sup>	-0,3 $\pm$ 1,4 <sup>a</sup>	-0,4 $\pm$ 1,4 <sup>a</sup>	ns

As análises entre as variáveis topográficas e edáficas evidenciaram correlações moderadas entre declividade e silte ( $r = 0,33$ ;  $p < 0,05$ ). As demais correlações foram consideradas fracas ( $r \leq 0,30$ ) ou não significativas ( $p > 0,05$ ). Foram registradas 56 subparcelas convexas e 44 côncavas, e a Anova indicou diferenças significativas somente para os teores de argila entre as pedofomas ( $p < 0,05$  e  $F = 4,31$ ), com maiores médias para as subparcelas côncavas (17%) e menores para as convexas (14%).

As 54 espécies utilizadas na ordenação (tabela 4) somam 1.668 indivíduos (80% da abundância total), e área basal igual a 39,7m<sup>2</sup>/ha. Destas espécies 15 estiveram presentes em todas as parcelas. As somatórias das abundâncias foram superiores a 70% para todas as parcelas (P1=361 indivíduos- 75%, P2= 424 - 80%, P3= 478 - 82% P4= 405 - 77%), as somas das dominâncias relativas superiores a 80% (P1-88%, P2- 87%, P3- 88% e P4 - 80%). As

espécies *Chrysophyllum viride*, *Guapira opposita* e *Ocotea aciphylla* presentes em todas as parcelas estiveram entre as 10 melhores representadas de acordo com o VI.

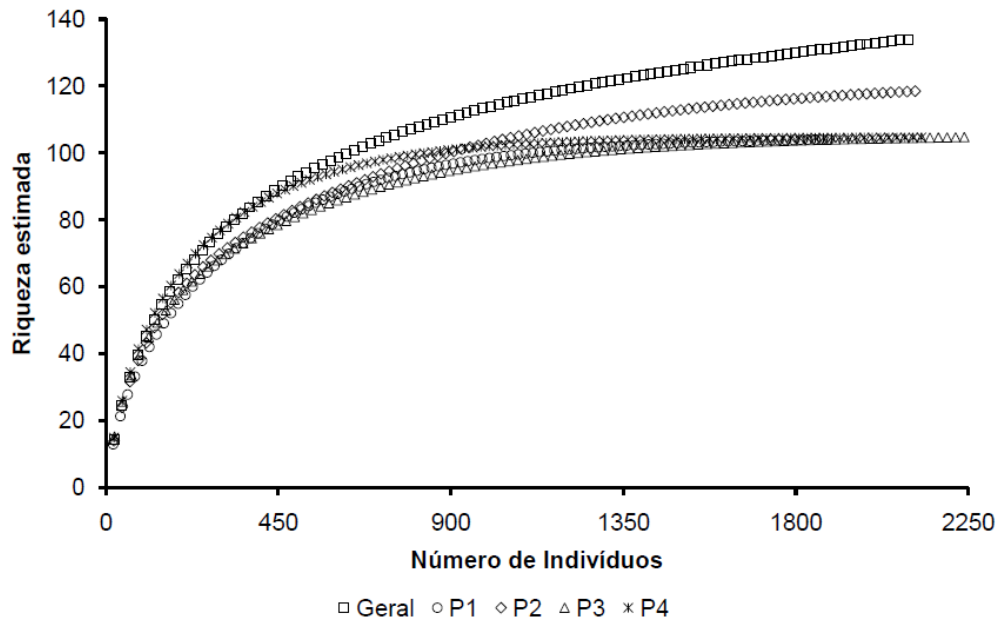


Espécies	Abreviatura	Parcela 1				Parcela 2				Parcela 3				Parcela 4			
		N	Dr	DoR	VI	N	Dr	DoR	VI	N	Dr	DoR	VI	N	Dr	DoR	VI
<i>Marlierea racemosa</i> (Vell.) Kiaersk.	Mar rac					7	1,7	5,1	3,2	6	1,3	1,4	1,4				
<i>Marlierea tomentosa</i> Cambess.	Mar tom	6	1,7	1,5	1,8	5	1,2	0,4	1,1								
<i>Meliosma sellowii</i> Urb.	Mel sel	5	1,4	0,4	1,0	5	1,2	0,5	1,1	12	2,5	1,0	2,1	8	2,0	1,9	1,9
<i>Molinedia</i> sp. 1	Mol sp									12	2,5	2,1	2,3				
<i>Mollinedia boracensis</i> Peixoto *	Mol bor	9	2,5	0,9	2,2	5	1,2	1,0	1,2	20	4,2	3,6	4,0	13	3,2	2,8	3,1
<i>Mollinedia oligantha</i> Perkins *	Mol oli	7	1,9	0,5	1,8	6	1,4	0,9	1,4	13	2,7	1,5	2,5	14	3,5	3,2	3,5
<i>Mollinedia schottiana</i> (Spreng.) Perkins	Mol sch									8	1,7	0,5	1,5				
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Myr spl					5	1,2	0,2	1,0	5	1,1	0,7	1,1	5	1,2	0,2	1,0
<i>Myrciaria floribunda</i> (H.West ex Willd.) O.Berg	Myr Flo									5	1,1	0,4	0,8				
<i>Myrsine lancifolia</i> Mart.	Myr lan	5	1,4	3,2	2,3												
<i>Neomitranthes</i> cf. <i>glomerata</i> (D.Legrand) D.Legrand *	Neo glo	33	9,1	6,4	7,9	11	2,6	1,3	2,5	19	4,0	1,9	3,3	13	3,2	1,0	2,6
<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees & Mart.) Mez *	Oco aci	34	9,4	8,8	8,7	18	4,3	3,2	4,1	14	2,9	2,9	2,8	15	3,7	5,5	4,3
<i>Ocotea bicolor</i> Vattimo-Gil	Oco bic					12	2,8	1,8	3,0	20	4,2	2,3	3,8	17	4,2	1,5	3,3
<i>Ocotea catharinensis</i> Mez	Oco cat	5	1,4	1,0	1,5												
<i>Ocotea daphnifolia</i> (Meisn.) Mez	Oco dap					8	1,9	0,3	1,3	13	2,7	0,8	2,2	8	2,0	0,8	1,6
<i>Ocotea elegans</i> Mez *	Oco ele	13	3,6	2,8	3,5	6	1,4	1,1	1,4	20	4,2	4,6	4,3	19	4,7	6,3	5,3
<i>Ocotea glaziovii</i> Mez	Oco gla					11	2,6	1,1	2,4	7	1,5	2,2	1,8				
<i>Ocotea lancifolia</i> (Schott) Mez	Oco lan					9	2,1	2,3	2,4	7	1,5	2,2	2,0	9	2,2	0,8	2,1
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	Oco pul					5	1,2	0,4	0,8								
<i>Ocotea pulchra</i> Vattimo-Gil	Oco pulc					6	1,4	0,8	1,5	5	1,1	0,8	1,1				
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i> (Gomes) Landrum	Pim pse					7	1,7	2,1	2,0								
<i>Plinia rivularis</i> (Cambess.) Rotman	Pli riv									8	1,7	0,5	1,5	10	2,5	0,8	2,0
<i>Pouteria psammophila</i> (Mart.) Radlk.	Pou psa									8	1,7	4,7	2,8	5	1,2	1,7	1,5
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Pru myr									6	1,3	0,5	1,0				

Continua tabela 4.

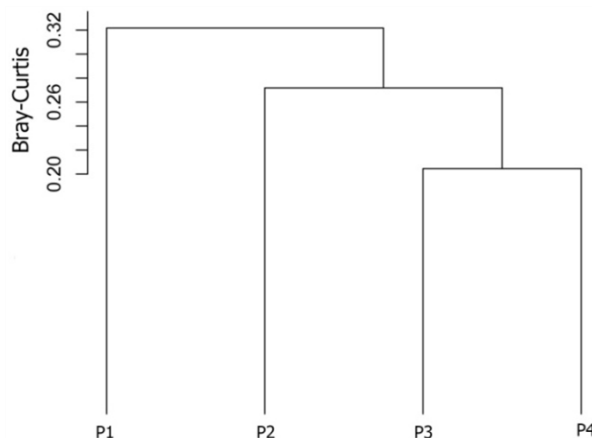
Espécies	Abre	Parcela 1				Parcela 2				Parcela 3				Parcela 4			
		N	Dr	DoR	VI	N	Dr	DoR	VI	N	Dr	DoR	VI	N	Dr	DoR	VI
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth. *	Psy vel	7	1,9	0,2	1,6	9	2,1	3,2	2,7	8	1,7	0,8	1,5	25	6,2	2,0	4,6
<i>Solanum rufescens</i> Dunal	Sol ruf													12	3,0	1,5	2,1
<i>Tetrorchidium parvulum</i> Müll. Arg.	Tet par	7	1,9	0,4	1,7												
<i>Tibouchina arborea</i> (Gardner) Cogn.	Tib arb					5	1,2	2,6	1,9								
<i>Weinmannia pinnata</i> L.	Wei pin					16	3,8	5,1	4,3					9	2,2	3,0	2,7

As rarefações (figura 3), para todas as parcelas, apresentaram tendência à estabilização. Os modelos apresentados pelas rarefações apresentaram fortes relações entre o número de espécies e número de indivíduos (P1  $R^2 = 0,99$ , P2  $R^2 = 0,99$ , P3  $R^2 = 0,99$ , P4  $R^2 = 0,98$ ). Por outro lado, a Anova não indicou diferenças significativas nas estimativas de riquezas entre as parcelas ( $F = 0,807$ ,  $p > 0,05$ ).



**Figura 3** – Curva de rarefação para os conjuntos amostrais da Floresta Pluvial Atlântica aos 1.100 m de altitude, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Cunha, sudeste Brasil (P1 – parcela 1, P2 – parcela 2, P3 – parcela 3, P4 – parcela 4).

O dendrograma da UPGMA (figura 4) indicou baixa similaridade entre as parcelas, e a maior similaridade foi entre as parcelas 3 e 4 (cofenética igual a 0,97).



**Figura 4** – Dendrograma de similaridade com base na matriz de abundância das espécies para os conjuntos amostrais da Floresta Pluvial Atlântica aos 1.100 m de altitude, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Cunha, sudeste Brasil (P1 – parcela 1; P2 – parcela 2; P3 – parcela 3; P4 – parcela 4).

A matriz de correlação das variáveis topográficas e físico-químicas do solo com os parâmetros estruturais evidenciou correlações fracas ( $r \leq 0,30$ ) ou não significativas ( $p > 0,05$ ). As Anovas seguidas do teste *post hoc* Tukey não evidenciaram diferenças significativas nos parâmetros estruturais entre as pedoformas côncavas e convexas, e a similaridade florística entre as pedoformas foi considerada moderada (Bray-Curtis= 0,40).

A CCA indicou que os dois primeiros eixos da ordenação acumularam 52% das variações dos dados (tabela 5). O primeiro eixo acumulou 32% da variação dos dados e apresentou maiores valores de correlações para cálcio, SB, argila e declividade. O segundo eixo explicou 20% da variação total dos dados apresentou maiores valores de correlações para matéria orgânica, pH e CTC. A Anova indicou que o modelo apresentado pela CCA é significativo (F-valor = 1,619,  $p < 0,001$ ).

**Tabela 5** - Resultados das análises de Correspondência Canônica para relação entre as variáveis topográficas com a matriz de estrutural e matriz de abundância para os conjuntos amostrais da Floresta Pluvial Atlântica aos 1.100 m de altitude, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Cunha, sudeste Brasil.

<b>Categorias analisadas</b>	<b>Eixo 1</b>	<b>Eixo 2</b>
<b>Autovalor</b>	0,13	0,08
<b>Proporção explicada</b>	0,32	0,20
<b>Escores para variáveis</b>	<b>Eixo 1</b>	<b>Eixo 2</b>
<b>MO</b> (g/dm <sup>3</sup> )	0,18	<b>0,69</b>
<b>pH</b> (Ca Cl <sup>2</sup> )	0,27	<b>-0,46</b>
<b>Ca</b> (mmolc/dm <sup>3</sup> )	<b>0,60</b>	-0,40
<b>SB</b> (mmolc/dm <sup>3</sup> )	<b>0,45</b>	-0,40
<b>CTC</b> (mmolc/dm <sup>3</sup> )	-0,26	<b>0,65</b>
<b>Argila%</b>	<b>-0,47</b>	0,42
<b>Declividade %</b>	<b>0,72</b>	0,26

No diagrama (figura 5) podemos verificar que a parcela 1 esteve relacionada com declividade e matéria orgânica, que também influenciaram, a parcela 3, porém de forma negativa. A parcela dois esteve relacionada com Ca, SB e pH, e a parcela 4 por Argila e CTC. O diagrama produzido pela ordenação dos dois primeiros eixos da CCA (figura 5), evidenciou que a distribuição das espécies *Eugenia prasina*, *Alsophila setosa* e *Licania hoehnei*



**Tabela 6** - Seleção do Modelo Linear Generalizado - para as estimativas de diversidade e variáveis edáficas e topográficas, segundo o critério de Informação de Akaike, para Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Esadual da Serra do Mar, Núcleo de Cunha, sudeste Brasil.

Modelos	dAICc	DF	Weight
P+MO+pH+K+Ca+HA1+SB+CTC+V%+ar+are+sil+decl+ prof	0	4	0,23
MO+pH+Ca+SB+CTC+Argila+Declividade	0	4	0,24
MO+pH+Ca+SB+CTC+Argila	0	4	0,25
Declividade+IC+profundidade do solo	0	4	0,27
Modelo nulo (y~1)	37,1	1	< 0,001

## 4. DISCUSSÃO

### 4.1 Comparações florísticas e estruturais

Para as duas florestas não verificamos diferenças na estrutura da comunidade arbórea em escala local. Já entre as duas altitudes, somente o número de indivíduos diferiu significativamente, no entanto, as tendências encontradas nos parâmetros estruturais entre as duas florestas, como maior número de espécies e menores valores de densidade e área basal aos 600 m de altitude são descritas para as florestas meia encosta na Floresta Pluvial Atlântica (JOLY et al., 2012; SANCHEZ et al., 2013), já as características estruturais aos 1.100 m (maior número de indivíduos e área basal e menor número de espécies) são típicas de florestas de altitude superiores (SANCHEZ et al., 2013; MARCON et al., 2014). Esse padrão são comumente descritos para Floresta Pluvial Atlântica (JOLY et al., 2012; SANCHEZ et al., 2013) e outras florestas tropicais (LIEBERMAN et al., 1996; VÁZQUEZ; GIVNISH, 1998), e, nossos resultados indicam que mudanças na estrutura da comunidade arbórea, aparentemente estão relacionadas ao gradiente de altitude do que às condições locais.

Entre as famílias mais representativas em número de espécies destacamos para duas florestas Myrtaceae pela elevada contribuição em número de espécies, e Lauraceae que além da contribuição florística é indicadora de altitude (KAMIMURA, 2014), principalmente para floresta aos 1.100 m, onde encontramos o maior número de espécies desta família. Essas famílias, juntamente com Rubiaceae e Fabaceae são constantemente as mais ricas nos

levantamentos para Floresta Pluvial Atlântica (OLIVEIRA-FILHO;FONTES, 2000; SCHEER et al., 2011; MORENO et al., 2003; JOLY et al., 2012; BOSA et al., 2015), e são destacadas pela importância na constituição florística e como indicadoras de alta diversidade desta floresta (MURRAY-SMITH et al., 2008).

A maior riqueza da família Myrtaceae para as duas cotas de altitude ressalta a importância da família na caracterização florística e ecológica (MORI et al., 1983; OLIVEIRA FILHO; FONTES, 2000; MURRAY-SMITH et al., 2008), uma vez que esta floresta é considerada um centro de diversidade desta família (GENTRY, 1982). A maior contribuição do gênero *Eugenia* em número de espécies para os 600 m (15) e 1.100 m (7) as de altitude, tem se confirmado na maioria dos levantamentos desta floresta (OLIVEIRA FILHO; FONTES, 2000; SCUDELLER et al., 2001; JOLY et al., 2012), no entanto, a diminuição em número de espécies em elevadas altitudes como aos 1.100 m, é uma característica descrita para a família (KAMIMURA, 2014), assim como a elevada substituição das espécies entre as duas cotas, o que reforça a importância da família para composição florística e riqueza.

Lauraceae apresentou alta substituição de espécies entre as duas altitudes e aumento considerável em número de espécies dos 600 m (11) para os 1.100 m (23), sendo este o padrão descrito para Floresta Pluvial Atlântica, que atribui maiores riquezas da família para regiões de altitudes elevadas (KAMIMURA, 2014). O gênero *Ocotea* destaca-se pela contribuição florística tanto nos 600 m (5) quanto aos 1.100 m (14), e também pelo elevado número de espécies indicadoras aos 1.100 (7 espécies), reforçam a importância do gênero para contribuição florística e como indicadora de altitude (OLIVEIRA FILHO; FONTES, 2000; JOLY et al., 2012; KAMIMURA, 2014).

A baixa similaridade florística entre as duas florestas segue o padrão típico da Floresta Pluvial Atlântica, que prevê substituição das espécies em gradiente de altitude (OLIVEIRA-

FILHO; FONTES, 2000; JOLY et al., 2012; SHANCHEZ et al., 2013). Essas mudanças na composição florística são atribuídas às condições de altitude (BERTONCELLO et al., 2011; JOLY et al., 2012), à distância entre as áreas (EISENLOHR et al., 2013), e variações das condições edáficas locais ao longo do gradiente de altitude (SANCHEZ et al., 2013). No entanto, embora não medido, acreditamos que a frequente ocorrência de neblina, mais constantes para os 1.100 m, associadas com as condições de solo e topografia são fatores potenciais que limitam a distribuição das espécies entre as florestas.

Entres as 65 espécies apontadas por Oliveira-Filho e Fontes (2000) como indicadoras de Florestas Atlânticas Altomontanas, 25 ocorreram aos 1.100 m. Alguns gêneros como *Drymis*, *Weinmannia*, *Clethra*, *Podocarpus*, *Meliosma*, *Ilex*, *Clusia*, *Myrsine*, *Miconia*, *Prunus* e *Roupala* são considerados típicos de florestas Altomontana e apresentaram importante contribuição para riqueza desta floresta (16% da riqueza) (OLIVEIRA FILHO;FONTES, 2000; SCUDELLER et al., 2001; BERTONCELLO et al., 2011). Entre as espécies apontadas como indicadoras para o levantamento aos 1.100 m *Drymis brasiliensis*, *Cletra scabra*, *Weinmannia paullinifolia* e *Podocarpus sellowii* são consideradas típicas da floresta Altomontana (OLIVEIRA-FILHO; FONTES 2000; BERTONCELLO et al., 2011; EISENLOHR, OLIVEIRA-FILHO, 2015), e comumente encontradas nos levantamentos dessas florestas (KOEHLER et al., 2002; CARVALHO et al., 2005; BERTONCELLO et al., 2011). Para a floresta aos 600 m de altitude, das 87 espécies indicadoras de florestas de altitudes inferiores (OLIVEIRA FILHO; FONTES, 2000), 25 (28%) ocorreram nesta altitude, e entre as espécies apontadas como típicas para áreas de baixa altitude, por exemplo, *Inga captata*, *Pouteria venosa* e *Stylogyne lhotzkyana* e *Citronella paniculata* foram consideradas espécies indicadoras para a floresta aos 600 m de altitude.

Assim, as diferenças florísticas entre as duas florestas e as tendências apresentadas pelos parâmetros estruturais entre elas, sugerem que a floresta aos 1.100 m de altitude

apresenta características tanto de Florestas Ombrófila Densa Montana, quanto de Floresta Ombrófila Densa Altomontana por ser encontrar numa região de transição entre as duas Formações.

#### **4.2 Comparações das relações topográficas e edáficas com a comunidade arbórea para as duas cotas de altitude**

Nas duas florestas, as variáveis topográficas e edáficas não estiveram relacionadas com os parâmetros estruturais da comunidade arbórea, de forma que fatores alheios aos estudados, estariam atuando na estruturação destas florestas. Segundo Joly et al. (2012) a existência de um forte gradiente vertical de luz que pode limitar a altura média do dossel por intensa competição entre os indivíduos e, provavelmente, poucos indivíduos ou espécies são capazes de atingir uma alta estatura e grande porte nestas florestas o que levaria à uma estrutura florestal homogênea. Para Zhao et al. (2015), as espécies são afetadas por vários fatores ambientais limitantes em todas as fases da vida, e apenas alguns indivíduos poderiam acessar a camada superior, e sugerem que filtros nos habitats atuam sobre a estrutura das florestas.

As variáveis topográficas e edáficas propiciam condições diferenciadas entre as parcelas de ambas as florestas, no entanto, aos 1.100 m as amplitudes de declividade foram similares entre as parcelas, e a superfície pouco acidentada, ocasionaram diferenças somente para os teores de argilas entre as pedoformas côncavas e convexas, resultando em alta similaridade florística entre essas pedoformas. Essas condições divergem da floresta aos 600 m, nas quais as variações da declividade e a superfície acidentada propiciaram diferenças para algumas variáveis edáficas entre as pedoformas côncavas e convexas, resultando em baixa similaridade florística entre as pedoformas. Variações na declividade afetam a convexidade, a drenagem e as concentrações de nutrientes no solo, proporcionando condições diferenciadas e

adequadas para diferentes espécies (TSUIA et al., 2003; YIMER et al., 2005; ZHAO et al., 2015). Assim, aparentemente a topografia exerce maior influência na distribuição das espécies e na riqueza, pois, além de influenciarem nas comunidades arbóreas, também podem atuar nas condições do solo, sendo seus efeitos mais pronunciados em ambientes com maiores variações da declividade.

As condições mais homogêneas da topografia aos 1.100 m propiciaram menor limitação para distribuição das espécies e para riqueza, de modo que encontramos maior similaridade na composição florística e nas estimativas de riqueza entre as parcelas aos 1.100 m, quando comparado à cota de altitude inferior, que apresentou maior heterogeneidade das condições topográficas, resultando em menor similaridade florística e diferenças nas riquezas de espécies entre as parcelas. As estimativas de riquezas aos 1.100 m, explicadas pelos modelos constituídos por variáveis topográficas e edáficas, divergem das encontradas para a floresta aos 600 m que indicam as variáveis topográficas como as mais preditivas para as variações das riquezas locais. Áreas com maiores variações nas condições topográficas e edáficas proporcionam diversificação de habitats, sendo a heterogeneidade considerada a base do mecanismo de diferenciação de nicho e coexistência (WRIGHT, 2002; SILVERTOWN, 2004; BHATTARAI et al., 2014; ZHAO et al., 2015), por proporcionarem a proximidade de diferentes espécies favorecendo o aumento da riqueza (LEIGH, 2004).

Nossos resultados indicam que algumas espécies apresentaram a distribuição de suas abundâncias influenciadas de formas distintas por solo e topografia nas diferentes florestas, como por exemplo, aos 1.100 m de altitude *Alshophila setosa* foi influenciada por pH e cobertura de rocha e *Marlieria racemosa* por Mg, CTC e IC, já aos 600 m, matéria orgânica e declividade influenciaram de forma positiva *A. setosa* e negativamente *M. racemosa*. Solo e topografia são indicados como importantes fatores para divergência de habitat e coexistência das espécies (ITOH et al., 2003), e diferentes respostas das espécies às condições edáficas e

topográficas podem ser atribuídas a maior plasticidade destas espécies diante dessas condições, sendo uma estratégia para coexistência em escala local (ZHAO et al. 2015).

Assim, topografia e solo influenciam na distribuição das espécies, no entanto, algumas espécies apresentaram a distribuição de suas abundâncias influenciadas de formas distintas por estas variáveis nas diferentes altitudes. Os efeitos da topografia na distribuição da riqueza são mais pronunciados em ambientes com maiores variações da declividade e amplitude de elevação, pois além de influenciarem nas comunidades arbóreas, podem atuar nas condições do solo.

Por fim, verificamos diferenças na composição florísticas entre as duas cotas de altitude, no entanto, somente número de indivíduos diferiu entre as florestas estudadas. Em ambas as cotas de altitude, solo e topografia influenciaram na distribuição das espécies, no entanto, a topografia mais heterogênea aos 600m apresentou efeito mais pronunciado na distribuição da riqueza, pois além de influenciarem nas comunidades arbóreas, podem atuar nas condições do solo. Os efeitos do solo e da topografia na comunidade se repetem, parcialmente, nas duas cotas de altitudes, uma vez que algumas espécies apresentaram a distribuição influenciadas de formas distintas por estas variáveis nas diferentes altitudes. Estudos com comunidades arbóreas em gradiente de altitude, que agregam as variáveis topográficas e edáficas podem fornecer modelos mais preditivos para os padrões florísticos e de riqueza na Floresta Pluvial Atlântica, uma vez que os efeitos do solo e da topografia podem diferir ao longo do gradiente de altitude.

## 5. REFERÊNCIAS

AIBA, S.; KITAYAMA, K.; TAKYU, M. Habitat associations with topography and canopy structure of tree species of a montane forest on Mount Kinabalu, Borneo. **Plant Ecology** 174:147-161. 2004.

AKAIKE, H. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: **Breakthroughs in statistics Impress**. Springer, New York. pp. 610-624. 1992.

ALMEIDA, F.F.M. **Fundamentos geológicos do relevo paulista. Boletim Instituto de Geografia e Geologia-IGG-USP -São Paulo** 41: 169-263. 1964.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J. L.M.; SPAROVE, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** 22( 6): 711–728. 2013.

ALVES, L. F.; VIEIRA, S. A.; SCARANELLO, M. A.; CAMARGO, P. B.; SANTOS, F. A.; JOLY, C. A.; MARTINELLI, L. A. Forest structure and live aboveground biomass variation along an elevational gradient of tropical Atlantic moist forest (Brazil). **Forest Ecology and Management**, 260(5): 679-691. 2010.

ANGIOSPERM PHILOGENY GROUP - APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical Journal of the Linnean Society** 116(2): 105-121. 2009.

BERTONCELLO, R; YAMAMOTO, K; MEIRELES, L.D.; SHEPHERD, G.J.A  
phytogeographic analysis of cloud forests and other forest subtypes amidst the Atlantic forests in south and southeast Brazil. **Biodiversity and Conservation** 20:3413–3433.  
doi:10.1007/s10531-011-0129-6. 2011.

BHATTARAI, P.; BHATTA, K.P.; CHHETRI, R.; CHAUDHARY, R.P. Vascular Plant Species Richness Along Elevation Gradient Of The Karnali River Valley, Nepal Himalaya. **International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences** 4(3): 114-126. 2014.

BOSA, D.M.; PACHECO, D.; PASETTO, M.R.; SANTOS, R. Florística e estrutura do componente arbóreo de uma Floresta Ombrófila Densa Montana em Santa Catarina, Brasil. **Revista Árvore** 39(1): 49-58. 2015

CALLEGARI-JACQUES, S.M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre: Artmed, 255p. 2003.

CAMPOS, M.C.R.; TAMASHIRO, J.Y.; ASSIS, M.A.; JOLY, C.A. Florística e fitossociologia do componente arbóreo da transição Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas - Floresta Ombrófila Densa Submontana do Núcleo Picinguaba/PESM, Ubatuba, sudeste do Brasil. **Biota Neotropica** 11(2), 1-12p. 2011.

CARVALHO, D.A., OLIVEIRA-FILHO, A.T., BERG, E.; FONTES, M.A.L.; VILELA, E.A.; MARQUES, J.J.G.S.M.; CARVALHO, W.A.C. Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta ombrófila alto-montana às margens do rio Grande, Bocaina de Minas, MG, Brasil. **Acta bot. Brás.** 19(1): 91-109. 2005.

CHRISTENHUSZ, M. J. M.; ZHANG, X.; SCHNEIDER, H. A linear sequence of extant families and genera of lycophytes and ferns. **Phytotaxa** 19: 7–54. 2011.

COLWELL, R. K.; HURTT, G. C. Nonbiological gradients in species richness and a spurious Rapoport effect. **American Naturalist** 144: 570-595. 1994.

DUFOUR, A.; GADALLAH, F.; WAGNER, H. H.; GUISAN, A.; BUTTLER, A. Plant species richness and environmental heterogeneity in a mountain landscape: effects of variability and spatial configuration. **Ecography** 29: 573-584. 2006.

DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological monographs** 67(3): 345-366. 1997.

EISENLOHR, P. V.; ALVES, L. F.; BERNACCI, L. C.; PADGURSCHI, M. C. G.; TORRES, R. B.; PRATA, E. M. B.; SANTOS, F. A. M. A.; RAMOS, E.; ROCHELLE, A. L. C.; MARTINS, R. M.; CAMPOS, M. C. R.; PEDRONI, F.; SANCHEZ, M.; PEREIRA, L. P.; VIEIRA, S. A.; ATALIBA, J. M.; TAMASHIRO, J. Y.; SCARANELLO, M. A. S.; CARON, C. J.; JOLY, C. A. Disturbances, Elevation, Topography And Spatial Proximity Drive Vegetation Patterns Along An Altitudinal Gradient Of A Top Biodiversity Hotspot. **Biodiversity and Conservation**. DOI 10.1007/s10531-013-0553-x. 2013.

EISENLOHR, P.V.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Revisiting Patterns of Tree Species Composition and their Driving Forces in the Atlantic Forests of Southeastern Brazil. **Biotropica** 0(0): 1–13. 2015.

FELFILI, J.M.; EISENLOHR, P.V.; MELO, M. M. R.F.; ANDRADE, L. A.; NETO, J.A.M. **Fitosociologia no Brasil—Métodos e estudos de casos**. Ed. UFV, vol. I, Viçosa, MG, 556p. 2011.

GENTRY, A.H.. Neotropical floristic diversity: phytogeographical connections between Central and South America, pleistocene climatic fluctuations, or an accident of the andean orogeny? **Ann. Missouri Bot. Gard.** 69:557-593. <http://dx.doi.org/10.2307/2399084>. 1982.

GIRARDINA, C.A.J.; FARFAN-RIOSB, W.; GARCIAB, K.; FEELEYC, K.J.; JØRGENSEND, P.M.; MURAKAMIE, A.A.; PÉREZD, L.C.; SEIDELF, R.; PANIAGUAG, N.; CLAROSD, A.F.F.; MALDONADOF, C.; SILMANB, M.; SALINASA, N.; REYNELH, C.; NEILLD, D.A.; MARTHA, S.; CABALLEROE, C.J.; CUADROSH, M.A.T.; MACÍAJ, M.J.; KILLEENK, T.J.; MALHIA, Y. Spatial patterns of above-ground structure, biomass and composition in a network of six Andean elevation transects. **Plant Ecology & Diversity**. <http://dx.doi.org/10.1080/17550874.2013.820806b>. 2014.

GIVNISH, T.J. On the causes of gradients in tropical tree diversity. **Journal of Ecology** 87: 193–210. 1999.

GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**. 4: 379–391. 2001.

GRYTNES, J.A; MCCAIN, C.M. Elevational trends in Biodiversity. **Encyclopedia of Biodiversity** 1-8. 2007.

HOMEIER, J.; BRECKLE, S.W.; GÜNTER, S.; ROLLENBECK, R.T.; LEUSCHNER, C. Tree diversity, forest structure and productivity along altitudinal and topographical gradients in a species-rich Ecuadorian montane rain forest. **Biotropica** 42: 140–148. 2010.

ITOH, A; YAMAKURA, T; OHKUBO, T; KANZAKI, M; PALMIOTTO, PA; LAFRANKIE, J; ASHTON, PS; LEE, HS. Importance of topography and soil texture in the

spatial distribution of two sympatric dipterocarp trees in a Bornean rainforest. **Ecological Research** 18:307-320. 2003.

JOLY, C.A.; ASSIS, M.A.; BERNACCI, L.C.; TAMASHIRO, J.Y.; CAMPOS, M.C.R. DE; GOMES, J.A.M.A LACERDA, M.S.; SANTOS, F.A.M. DOS; PEDRONI, F.; PEREIRA, L. DE S.; PADGURSCHI, M. DE C.G.; PRATA, E.M.B.; RAMOS, E.; TORRES, R.B.; ROCHELLE, A.; MARTINS, F.R; ALVES, L.F; VIEIRA, S.A.; MARTINELLI, L.A.; CAMARGO, P.B. DE; AIDAR, M.P.M.; EISENLOHR, P.V.; SIMÕES, E.; VILLANI, J.P.;BELINELLO, R. Florística e fitossociologia em parcelas permanentes da Mata Atlântica do sudeste do Brasil ao longo de um gradiente altitudinal. **Biota Neotropica** 12(1): 123-145. 2012.

KAMIMURA, V.A. **Estrutura e diversidade da família Lauraceae na Mata Atlântica do Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, Brasil**. 95 f. dissertação de mestrado (Biologia Vegetal), Departamento de Botânica, Universidade Estadual Paulista, Rio claro, 2014.

KOEHLER, A; GALVÃO, F.; LONGHI, S. J. Floresta Ombrófila Densa Altomontana: aspectos florísticos e estruturais de diferentes trechos na serra do mar, PR. **Ciência Florestal** 12(2); 27-39. 2002.

KÖRNER, C.. The use of ‘altitude’ in ecological research. **TRENDS in Ecology and Evolution**.Vol. 22(11): 569-574. 2007.

LEIGH, EG JR; DAVIDAR, P; DICK, C.W; PUYRAVAUD, J-P; TERBORGH, J; STEEGE, H. T.; WRIGHT, S.J. Why do some Tropical Forests have so many species of trees? **Biotropica** 36: 447-473. 2004.

Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: Acesso em: 08 Mai. 2014.

LIEBERMAN, D., LIEBERMAN, M., PERALTA, R., HARTSHORN, G.S. Tropical forest structure and composition on large scale altitudinal gradient in Costa Rica. **Journal of Ecology** 84: 137–152. 1996.

LIU, J.; YUNHONG ,T.; SLIK, J.W.F. Topography related habitat associations of tree species traits, composition and diversity in a Chinese tropical Forest. **Forest Ecology and Management** 330: 75–81. 2014.

MARGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton University, 179p. 1988.

MARCON, A.K.; SILVA, A.C.; HIGUCHI, P.; MISSIO, F.F.; FERREIRA, T.S.; SALAMI, B.; ROSA, A.D.; BENTO, M.A.; BUZZI JÚNIOR, F. Similaridade Florística das Florestas Superomontanas do Domínio Atlântico, Brasil. **Revista Árvore** 38(5): 787-797. 2014.

MCCAIN, C.M.; GRYTNES, J.A. Elevational Gradients in Species Richness In: **Encyclopedia of Life Sciences (ELS)**. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. DOI: 0.1002/9780470015902.a0022548. 2007.

MCCULLAGH, P.; NELDER, J. **Generalized linear models. Generalized linear models.** Impress. Chapman and Hall McCullagh, London. 1989.

MEIRELES, L. D.; SHEPHERD, G.J.; KINOSHITA, L.S. Variações na composição florística e na estrutura fitossociológica de uma Floresta Ombrófila densa Alto-Montana na Serra da Mantiqueira, Monte Verde, MG. **Revista Brasileira de Botânica** 31(4): 559-574p. 2008.

MOESLUND, J.E.; ARGE, L.; BØCHER, P.K., DALGAARD, T.; SVENNING, J.-C. Topography as a driver of local terrestrial vascular plant diversity patterns. **Nordic Journal of Botany** 31: 129–144, 2013.

MORENO, M.R.; NASCIMENTO, M.T.; KURTZ, B.C. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo em duas zonas altitudinais na mata atlântica de encosta da região do Imbé, RJ. **Acta Bot. Bras.** 17(3):371-386. 2003.

MORI, S.A.; BOOM, B.M.; CARVALHO, A.M.; SANTO, T.S. Ecological importance of Myrtaceae in an Eastern Brazilian Wet Forest. **Biotropica** 15(1):68-70. <http://dx.doi.org/10.2307/2388002>. 1983.

MÜELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. Aims and methods for vegetation ecology. **J. Wiley & Sons**, New York. 1974.

MURRAY-SMITH, C.; BRUMMITT, N.A.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; BACHMAN, S.; MOAT, J.; LUGHADHA, E.M.N.; LUCAS, E.J. Plant diversity hotspots in the Atlantic coastal forests of Brazil. **Conservation Biology** 23: 151–163. 2009.

MYERS, N; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403:852-858. 2000.

OLIVEIRA FILHO, A T; FONTES, M.A. L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic forests in Southeastern Brazil, and the influence of climate. **Biotropica** 32(4b): 793-810. 2000.

ROCHELLE, A.L.C. **Heterogeneidade Ambiental, Diversidade e Estrutura da Comunidade Arbórea de um trecho da Floresta Ombrófila Densa Atlântica.** 2008. 126 f. Dissertação de Mestrado Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SANCHEZ, M.; PEDRONI, F.; EISENLOHR, P.V.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Changes in tree community composition and structure of Atlantic rain forest on a slope of the Serra do Mar range, southeastern Brazil, from near sea level to 1000 m of altitude. **Flora** 208; 184–196. 2013.

SCHEER, M.B.; MOCOCHINSKI, A.Y.; RODERJAN, C.V. Estrutura arbórea da Floresta Ombrófila Densa Altomontana de serras do sul do Brasil. **Acta Bot. Bras.** 25, 735–750. 2011.

SCUDELLER, V. V., MARTINS, F. R.; SHEPHERD, G. J. Distribution and abundance of arboreal species in the atlantic ombrophilous dense forest in Southeastern Brazil. **Plant Ecology** 152: 185–199. 2001.

SILVERTOWN, J. Plant coexistence and the niche. **Trends in Ecology and Evolution** 19: 605-611. 2004.

SOLON, J.; ROO-ZIELIŃSKA, Ewa; DEGÓRSKI, Marek. Landscape scale of topography-soil-vegetation relationship: influence of land use and land form. **Polish Journal of Ecology**. 60:(1), 3-17. 2007

SOUZA, A. C. O. **Fatores abióticos influenciando a vegetação em Floresta Ombrófila Densa Montana, Parque Estadual da Serra do Mar (Ubatuba - SP, Brasil)**. Dissertação (Mestrado) em Agricultura tropical e Subtropical. 2013. 92 f. Instituto Agronômico de Campinas, Campinas.

TSUIA, C.C; CHENA, Z.S.; HSIEHB, C.F. Relationships between soil properties and slope position in a lowland rain forest of southern Taiwan. **Geoderma** 123:131–142. 2004.

VÁZQUEZ, G.J.A.; GIVNISH, T.J. Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantlán. **Journal of ecology** 86, 999–1020. 1998.

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

WRIGHT, S.J. Plant diversity in tropical forests: a review of mechanisms of species coexistence. **Oecologia** 130: 1-14, 2002.

YAMAKURA T.; KANZAKI, M.; ITOH, A., OHKUBO, T.; OGINO, K.; CHAI, E.O.K; LEE, H.S.; ASHTON, P.S. Topography of a large-scale research plot established within a tropical rain forest at Lambir, Sarawak. **Tropics** 5:41-56. 1995.

YIMER, F.; LEDIN, S.; ABDELKADIR, A. Soil property variations in relation to topographic aspect and vegetation community in the south-eastern highlands of Ethiopia. **Forest Ecology and Management** 232: 90–99. doi:10.1016/j.foreco.2006.05.055. 2006.

ZHAO, LIJUAN; XIANG, WENHUA; LI, JIAXIANG; LEI, PIFENG; DENG, XIANGWEN; FANG, XI E PENG, CHANGHUI. Effects of Topographic and Soil Factors on Woody Species Assembly in a Chinese Subtropical Evergreen Broadleaved Forest. **Forests** 6: 650-669. doi:10.3390/f6030650. 2015.

### **CAPITULO III**

## **RELAÇÕES EDÁFICAS COM A ESTRUTURA, RIQUEZA E DIVERSIDADE DA COMUNIDADE ARBÓREA EM UM GRADIENTE DE ALTITUDE NA FLORESTA PLUVIAL ATLÂNTICA**

# RELAÇÕES EDÁFICAS COM A ESTRUTURA, RIQUEZA E DIVERSIDADE DA COMUNIDADE ARBÓREA EM UM GRADIENTE DE ALTITUDE NA FLORESTA PLUVIAL ATLÂNTICA

## RESUMO

Mudanças nas condições ambientais em gradiente de altitude influenciam fortemente na comunidade arbórea e são importantes para compreender as mudanças na composição de espécies e o padrão de diversidade. O estudo foi realizado no Parque Estadual da Serra do Mar, nos Núcleos Pinciguaba, Santa Virgínia e Cunha no estado de São Paulo, Sudeste do Brasil. O objetivo foi responder as seguintes questões: (1) A estrutura e composição florística da comunidade arbórea apresentam diferenças na distribuição em um gradiente de altitude? (2) A diversidade *Beta* (*turnover*) está positivamente correlacionada com o incremento da altitude? (3) Em gradiente de altitude variáveis físico-químicas do solo são importantes para explicar as variações na composição e diversidade da comunidade arbórea? 4) Há um modelo que explique as relações entre composição e diversidade com as variáveis físico-químicas do solo? Em quatro cotas de altitude (600, 800, 1.000 e 1.100 m) foram estabelecidas quatro parcelas de 50 x 50m, subdivididas em subparcelas de 10 x10 m. Nestas parcelas foram amostrados os indivíduos com PAP  $\geq 15$  cm e o solo para análise físico-química. A variação da diversidade foi analisada sob a influência do efeito do domínio médio, e a diversidade beta pela dissimilaridade média entre os pares de parcelas. A similaridade florística foi analisada pela Twinspan e pelo índice de Sorensen. Utilizamos a Análise de Correspondência Canônica para analisar as relações entre a composição florística e as variáveis edáficas, e a análise de Modelos Lineares Generalizados para selecionar o conjunto de variáveis edáficas que melhor explicam as relações entre a diversidade e composição de espécies. Verificamos diferenças na composição florística e alta substituição de espécies no gradiente estudado, o que contribuiu para a diversidade beta. Os menores valores de riquezas e diversidade foram verificados nos extremos do gradiente. As distintas composições florísticas estiveram relacionadas às condições edáficas, e a diversidade foi influenciada por fatores alheios às características edáficas. A alta substituição de espécies contribui para diversidade beta. Aparentemente, os pressupostos do MDE se aplicam no curto gradiente estudado, uma vez que observamos menores riquezas e diversidade nos extremos do gradiente. As composições florísticas foram distintas em resposta às condições edáficas. Por outro lado, a riqueza é influenciada por fatores alheios às características edáficas.

**Palavras-chave:** Modelo linear generalizado, Twinspan, diversidade beta

**RELATIONS BETWEEN SOIL AND THE STRUCTURE, RICHNESS AND  
DIVERSITY TREE COMMUNITY IN AN ALTITUDE GRADIENT IN ATLANTIC  
RAIN FOREST**

**ABSTRACT**

Changes in environmental conditions at altitude gradient strongly influence the tree community and are important for understanding the changes in species composition and pattern of diversity. The study was conducted at the State Park of Serra do Mar, in Núcleo de Picinguaba, Núcleo de Santa Virginia and Núcleo de Cunha in the state of São Paulo, southeastern Brazil. The objective was to answer the following questions: (1) The structure and composition of the tree community differs in the distribution in a gradient of altitude? (2) The Beta diversity (turnover) is positively correlated with increment of altitude? (3) In the gradient of altitude, are physical and chemical variables of soil important in explaining the variations in the composition and diversity of tree community? 4) Is there a model to explain the relationship between composition and diversity with the physical and chemical variables of the soil? In four altitude levels (600, 800, 1.000 and 1.100 m), four plots of 50 x 50 m were established and divided into subplots of 10 x 10 m. In these plots, we sampled individuals with PAP  $\geq$  15 cm and soil for physical and chemical analysis. The diversity variation range was examined under the influence of the average domain effect, and beta diversity by the mean dissimilarity between pairs of plots. The floristic similarity was analyzed using Twinspan and the Sorensen index. We used the Canonical Correspondence Analysis to analyze the relationship between floristic composition and edaphic variables, and Generalized Linear Models analysis to select the set of soil variables that best explain the relationship between diversity and species composition. We found differences in the floristic composition and high species turnover in the studied gradient, what contributed to the beta diversity. The lowest richness and diversity values were observed in the gradient extremes. The distinct floristic composition was related to soil conditions, and diversity have been influenced by factors unrelated to these soil characteristics. The high species turnover contributes to beta diversity. Apparently, the assumptions of MDE applies in the short gradient studied, since we observed lower richness and diversity gradient in the extreme. The distinct floristic composition in response to the associated soil conditions. On the other hand, richness is influenced by factors unrelated to the soil characteristics.

**Keywords:** Generalized linear model, Twinspan, beta diversity

## 1 INTRODUÇÃO

Nas florestas tropicais os complexos fatores ambientais responsáveis pelos padrões de distribuição espacial da vegetação são temas de grande interesse de pesquisas em ecologia vegetal (WRIGHT, 2000). Essas florestas exibem padrões marcantes de riqueza de espécies em resposta aos vários gradientes ecológicos (GIVNISH, 1999; JOHN et al., 2007; BALDECK et al., 2015). Um dos padrões amplamente relatados para vegetação das florestas tropicais é a variação na distribuição das espécies e da riqueza ao longo de gradiente de altitude (GENTRY, 1982; OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000; JOLY et al., 2012). No entanto, outros fatores, como os edáficos, associados com a altitude fornecem modelos mais realísticos para explicações dos padrões florísticos e de diversidade para estas florestas (LESCURE;BOULET, 1985; CLARK et al., 1999; JOHN, et al., 2007). Assim, compreender as relações entre os fatores ambientais e as comunidades arbóreas é de grande importância para os estudos de ecologia vegetal para o fornecimento de bases teóricas para estudos de conservação (METZ et al. 2012; EISENLOHR et al., 2013).

Diante disso, mudanças nas condições ambientais em gradiente de altitude influenciam fortemente na comunidade arbórea, e são importantes para compreender as mudanças na composição de espécies arbóreas e o padrão de diversidade (WRIGHT, 2000; GRYTNES; MCCAIN, 2010). Geralmente dois padrões são propostos para a variação da diversidade da comunidade arbórea em gradiente de altitude. O primeiro refere-se ao declínio da riqueza de espécies com o incremento da altitude, contudo, este declínio pode ocorrer de forma não monotônica, em que a riqueza pode variar de forma não linear com o gradiente de altitude (RAHBECK, 1995; GRYTNES; MCCAIN, 2010). O segundo propõe a variação da riqueza em um padrão de variação unimodal-parabólico em resposta ao gradiente de elevação, que prevê um pico em biodiversidade em altitudes intermediárias (COLWELL;HURT 1994; GRYTNES; MCCAIN, 2010). Essas mudanças ocorrem em função de vários fatores

ambientais que podem ou não variar com a altitude como a precipitação, temperatura e características edáficas (GIVNISH, 1999; LOVETT et al., 2006; KÖRNER, 2007; SLIK et al., 2009). Assim, a altitude não é vista como o principal promotor da diversidade, mas em conjunto com outros fatores ambientais desempenham um papel fundamental nos padrões de diversidade Beta (GRYTNES; MCCAIN, 2007; SANCHEZ et al., 2013; EISENLOHR et al., 2013).

Neste sentido, a altitude esta fortemente correlacionada com a diferenciação florística da Floresta Atlântica *lato sensu* do sudeste do Brasil (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000; SCUDELLER et al., 2001; OLIVEIRA-FILHO; EISENLOHR 2015). Na Floresta Pluvial Mata Atlântica há evidências que a composição florística apresenta variações não diretamente relacionadas com o gradiente de altitude (JOLY et al., 2012). No entanto, mudanças nos padrões florísticos na Floresta Pluvial Atlântica também são atribuídas a distúrbios, condições topográficas em escala local, bem como às mudanças nas condições edáficas ao longo do gradiente de altitude (EISENLOHR et al., 2013; SANCHEZ et al., 2013). Compreender como os fatores atuam sobre as alterações da estrutura, composição florística e padrões de riqueza é essencial para preencher lacunas do ponto de vista da conservação, uma vez que a Floresta Pluvial Atlântica é um dos *hotspots* global para conservação da biodiversidade (MYERS et al., 2000; EISENLOHR et al., 2013).

Diante do exposto, realizamos o levantamento do componente arbóreo e das variáveis físico-químicas do solo em quatro trechos de Floresta Pluvial Atlântica em diferentes altitudes e avaliamos as variações na composição das espécies, diversidade e estrutura do componente arbóreo, com o objetivo de responder as seguintes questões: (1) A estrutura e composição florística da comunidade arbórea apresentam diferenças na distribuição em um gradiente de altitude? (2) A diversidade *Beta (turnover)* está positivamente correlacionada com o incremento da altitude? (3) Em gradiente de altitude variáveis físico-químicas do solo são

importantes para explicar as variações na composição e diversidade da comunidade arbórea?

4) Há um modelo que explique as relações entre composição e diversidade com as variáveis físico-químicas do solo?

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

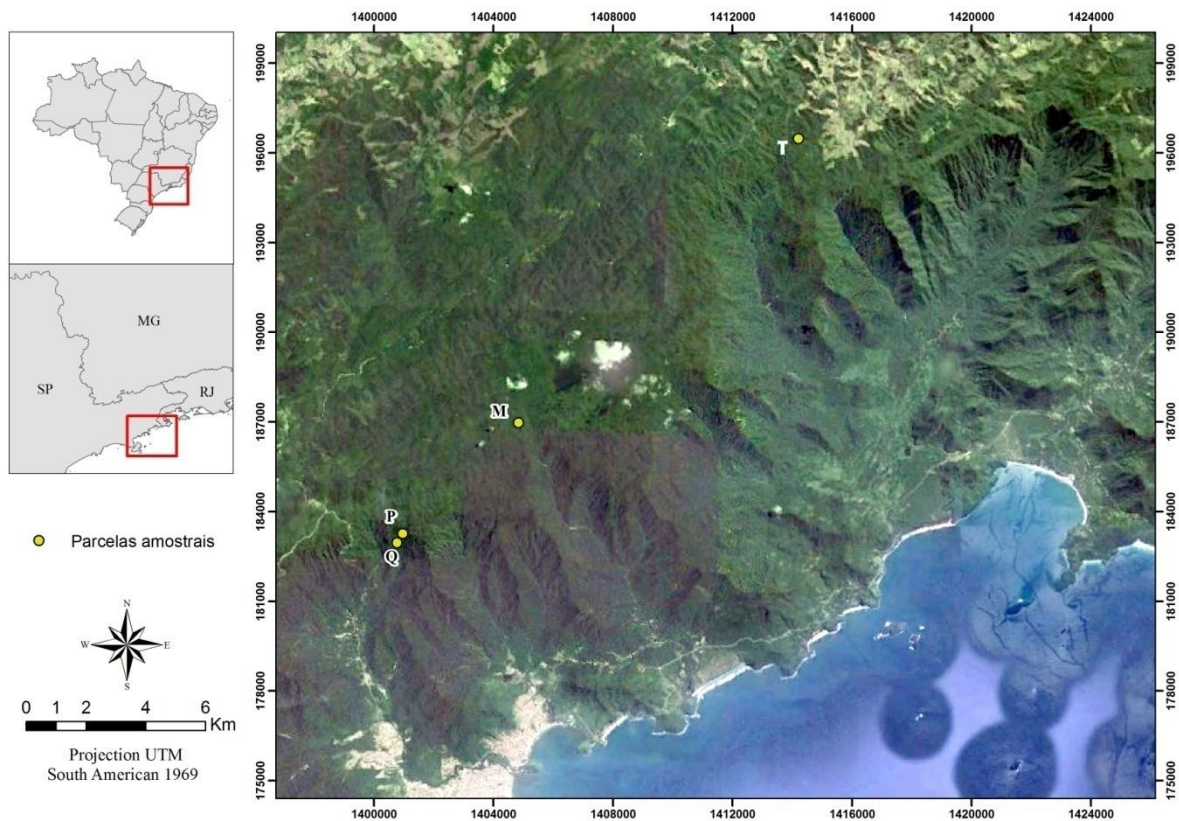
### 2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no Parque Estadual da Serra do Mar entre as coordenadas 23°19'31"-23°22'52"S e 44°49'55"- 45°05'02"O, nos Núcleos Pinciguaba, Santa Virgínia e Cunha do Parque Estadual da Serra do Mar, no estado de São Paulo, Sudeste do Brasil. Esta região situa-se na Floresta Pluvial Atlântica, e a formação florestal ocorrente nessa região é a Floresta Ombrófila Densa (*sensu* VELOSO, 1991).

Geologicamente a Serra do Mar é uma cadeia montanhosa com cerca de 1.000 km que se estende ao longo de parte da costa Sul e Sudeste do Brasil (ALMEIDA; CARNEIRO, 1998). As áreas de estudo situam-se sobre a Província Costeira, na zona da Serrania Costeira e no Planalto Atlântico, na zona do Planalto do Paraitinga (ALMEIDA, 1964).

O clima regional, segundo a classificação de Köppen, é predominantemente Cfa, com média anual de temperatura de 17 °C e pluviosidade acima de 1.780 mm, com as chuvas bem distribuídas ao longo do ano (ALVARES et al. 2013). Acima dos 600 m de altitude ocorrem frequentes neblinas, menores temperaturas e pluviosidade (JOLY et al. 2012; SANCHEZ et al. 2013; ALVARES et al. 2013).

Foram amostradas 16 parcelas de 0,25 hectares, distribuídas em quatro cotas altitudinais, (600, 800, 1.000 e 1.100 m de altitude), contabilizando um hectare por cota de altitude, e na latitude estudada, segundo IBGE (2012), a formação é de Floresta Ombrófila Densa Montana (*sensu* VELOSO, 1991).



**Figura 1** – Localização das parcelas ao longo do gradiente de altitude da Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil (Q – 600 m; P - 800 m; M – 1.000; e T – 1.100 m de altitude).

## 2.2 Compilação dos dados e preparação das matrizes

Foram compilados os registros de um banco de dados dos levantamentos florísticos-fitossociológicos realizados para as faixas de altitudes de 800 (SOUZA 2013) e 1.000 m (PADGURSCHI et al., 2011; PEREIRA, 2011), obtidos diretamente com os pesquisadores que efetuaram os respectivos levantamentos das parcelas. Também foram compilados os dados das variáveis edáficas da cota de altitude de 800 m. Os demais dados foram levantados no âmbito deste estudo, nas altitudes de 600 e 1.100 m, nas quais foram realizados os levantamentos florísticos e fitossociológicos e, também foram realizadas amostragens do solo e medições topográficas.

Para realização das análises foi construída uma matriz de número de indivíduos das espécies para cada comunidade (parcela), e outra com as médias dos parâmetros edáficos de cada parcela. Foi feita uma matriz com as coordenadas geográficas de todas as parcelas para

as análises de correlações espaciais, e outra planilha com as médias e amplitudes da altitude de ocorrência de cada espécie para análise do Mid-Domain Effect (MDE).

### 2.3 Coleta dos dados

Para cada cota de altitude foram estabelecidas quatro parcelas de 50 x 50 m (0,25ha cada), subdivididas em subparcelas de 10 x 10 m. A alocação das parcelas e das subparcelas foram realizadas conforme proposto por Joly et al. (2012). A amostragem da comunidade arbórea envolveu todos os indivíduos arborescentes, incluindo palmeiras e samambaias com  $DAP \geq 4,8$  cm. De cada indivíduo foi obtido o PAP e a altura total, e foram amostrados para identificação *a posteriori*. Os táxons das angiospermas estão classificados de acordo com a proposta do *Angiosperm Phylogeny Group III* (2009), e para as samambaias a de Christenhusz et al. (2011). A validade dos nomes científicos foi verificada no site da Lista das Espécies da Flora do Brasil (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>). O material testemunho foi depositado no herbário HRCB.

Coletamos o solo de cada subparcela, para tanto, foram feitas três sondagens aleatórias com trado holandês na profundidade de 0-20 cm, sendo descartada a serrapilheira, para compor uma amostra composta. As amostras foram analisadas no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos (Campus Araras) e foram obtidos os valores de pH, Potássio ( $K^+$ ), Fósforo (P), Cálcio ( $Ca^{2+}$ ), Magnésio ( $Mg^{2+}$ ), Alumínio ( $Al^{3+}$ ), acidez potencial (Al+H), saturação por bases (V%), capacidade de troca catiônica (CTC), matéria orgânica (MO) e níveis de argila, areia e silte.

### 2.4 Análises dos dados

Os descritores fitossociológicos calculados foram densidade total, valores médios de altura, diâmetro e área basal total (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974), e os índices de diversidade de Shannon e equabilidade de Pielou (MAGURRAN, 1988).

O efeito da autocorrelação espacial foi testado por meio de um correlograma de Moran e teste de Mantel, com 1.000 aleatorizações dos dados. Quando verificada a autocorrelação utilizamos a partição da variância, inserindo filtros espaciais (EISENLORH et al., 2013).

Comparamos a diversidade  $\alpha$  entre as comunidades levantadas (parcelas) por meio do algoritmo de rarefação baseado no número de indivíduos (GOTELLI; COLWELL, 2001), realizando 1000 aleatorizações dos dados. A variação da diversidade arbórea foi analisada sob a influência do Mid-Domain Effect (MDE) com base nas previsões dos modelos nulos implementados no software Range Model v.5 (COLWELL, 2006). Utilizamos as faixas de alcance empíricas no domínio das espécies das comunidades (parcelas), distribuídos no gradiente altitudinal estudado (592-1.175 m). As riquezas médias esperadas sob o MDE e seus intervalos de confiança de 95% foram obtidas a partir de 1.000 simulações dos dados. Os modelos nulos (MDE) foram comparados com os modelos encontrados a partir da diversidade observada (rarefação) utilizando o teste de Mantel. As análises foram conduzidas nos softwares EstimateS 9.0.0 (COLWELL, 2013) e R (R Core Team 2015). A diversidade beta (*turnover*) foi analisada pela medida da dissimilaridade média entre os pares de parcelas, utilizando os índices de Sorensen (LEGENDRE; DECÁCERES, 2013).

Os padrões de agrupamento das comunidades (parcelas) foram avaliados por meio de duas análises. A fim de compreender as relações de similaridade florística utilizamos uma análise de agrupamento a partir do método de classificação *TWINSPAN* (Two Way Indicator Species Analysis) (GAUCH; WHITTAKER, 1981). Utilizamos o nível de corte das “pseudo-espécies” para grupos com no mínimo cinco indivíduos. Por fim, empregamos os grupos formados na análise de espécies indicadoras ISA (DUFRÊNE; LEGENDRE, 1997), para

extrair as espécies significativamente associadas à cada faixa de altitude. Estas análises foram processadas nos *softwares* PC-ORD versão 5.10 (MCCUNE;MEFFORD, 2006) e R (R core team 2014).

Ademais, verificamos o padrão de agrupamento das comunidades analisando as relações entre a composição florística e a composição edáfica de cada parcela. Para tanto foi realizada uma Análise de Correspondência Canônica (CCA). A seleção dos parâmetros edáficos ocorreu a partir de Análises de Variância (*one-way ANOVA*) baseadas em teste de permutação, com 1.000 aleatorizações dos dados, seguidos do teste *post hoc* de Tukey. Selecionamos os parâmetros que variaram significativamente, e aplicamos uma Análise de Componentes Principais (PCA) para eliminar redundâncias entre as variáveis (correlações maiores que 0,7).

Por fim, utilizamos Modelos Lineares Generalizados (MLG) (MCCULLAGH; NELDER, 1989) para analisar as relações entre a diversidade (rarefação) e composição de espécies (dissimilaridade média) com os parâmetros edáficos. A seleção de modelos foi realizada a partir do Critério de Informação de Akaike (AKAIKE, 1992), utilizando o modelo com o menor valor para o critério adotado, e maior valor do parâmetro  $\beta$  (*weight*). Os modelos testados foram gerados a partir de um modelo geral, com todos os parâmetros edáficos. Deste modelo foram retirados os parâmetros que não apresentaram relações significativas, utilizando o teste de Qui-quadrado. Todos os modelos foram comparados com um modelo nulo. As análises foram conduzidas no software R (R core team 2014). Para todas as análises estatísticas foi adotado o nível de significância de 5%.

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Variações florísticas e estruturais

No total foram amostrados 6.809 indivíduos, 410 espécies de árvores, palmeiras e samambaias, distribuídas em 58 famílias. Das espécies, 20 estiveram presentes em todo gradiente (anexo IV). Os menores valores de riquezas de espécies foram registrados para os dois extremos do gradiente (600 e 1.100 m de altitude). Verificamos o aumento no número de indivíduos e área basal, bem como, no número de espécies exclusivas com o incremento da altitude (tabela 1). No entanto, verificamos que entre os parâmetros estruturais da comunidade arbore somente altura, número de indivíduos e área basal diferiram significativamente entre as altitudes, sendo as maiores médias para cota de altitude de 1.100m (tabela 2).

**Tabela 1** – Parâmetros quantitativos para as parcelas no gradiente de altitude na Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil (Altm – Altitude média; SpE – espécies exclusivas para cada altitude; N – número de indivíduos; diam – diâmetro médio (cm); altm – altura média (m); AB - área basal (m<sup>2</sup>/ha); H' - índice de Shannon; J' - equabilidade de Pielou; altitudes – Q =600 m; P = 800 m, M =1.000 m e T = 1.100 m.)

Parcela	Altm	Riqueza	SpE	N	Diam	altm	AB	H'	J'
Q1	598	97	---	375	14,5 ± 13	11 ± 5	11,43	3,89	0,85
Q2	619	77	---	390	12,9 ± 13	11 ± 5	10,13	3,70	0,85
Q3	642	88	---	358	13,7 ± 13	11 ± 5	10,38	3,74	0,83
Q4	620	66	---	367	12,9 ± 13	10 ± 5	9,21	3,53	0,84
<b>Total</b>	---	<b>154</b>	<b>39 (25%)</b>	<b>1.490</b>	<b>13,4 ± 13</b>	<b>10 ± 5</b>	<b>41,15</b>	<b>4,00</b>	<b>0,79</b>
P1	769	112	---	406	13,2 ± 5	10 ± 2	9,67	4,05	0,86
P2	794	112	---	466	14,1 ± 3	10 ± 2	11,33	4,04	0,85
P3	831	90	---	399	13,4 ± 3	9 ± 1	8,89	3,61	0,80
P4	874	96	---	457	14,3 ± 3	10 ± 2	11,62	3,85	0,84
<b>Total</b>	---	<b>196</b>	<b>65 (33%)</b>	<b>1.728</b>	<b>13,6 ± 11</b>	<b>10 ± 5</b>	<b>41,51</b>	<b>4,29</b>	<b>0,81</b>
M1	1037	85	---	434	13,5 ± 11	9 ± 5	10,9	3,31	0,74
M2	1020	93	---	444	13,8 ± 10	9 ± 4	9,94	3,62	0,79
M3	1024	98	---	510	12,8 ± 11	10 ± 4	12,31	3,66	0,80
M4	1019	80	---	409	13,4 ± 11	8 ± 4	9,78	3,69	0,84
<b>Total</b>	---	<b>197</b>	<b>80 (40%)</b>	<b>1.797</b>	<b>13,2 ± 11</b>	<b>9 ± 4</b>	<b>42,99</b>	<b>4,03</b>	<b>0,75</b>
T1	1144	81	---	472	13,4 ± 12	11 ± 5	12,36	3,64	0,83
T2	1140	85	---	528	12,5 ± 10	11 ± 5	10,41	3,72	0,84
T3	1156	84	---	560	12,3 ± 10	11 ± 5	12,07	3,87	0,87
T4	1153	92	---	532	12,6 ± 10	10 ± 5	11,32	3,98	0,88
<b>Total</b>	---	<b>134</b>	<b>56 (42%)</b>	<b>2.096</b>	<b>12,8 ± 11</b>	<b>11 ± 5</b>	<b>46,16</b>	<b>4,07</b>	<b>0,83</b>

**Tabela 2** - Média ( $\pm$  desvio padrão) e análise de variância de variáveis estruturais da comunidade arborea entre as diferentes cotas no gradiente de altitude de Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil (\* = significativo  $p < 0,05$ ; \*\* = significativo  $p < 0,01$ ; \*\*\* = significativo  $p < 0,001$ ; ns = não significativo).

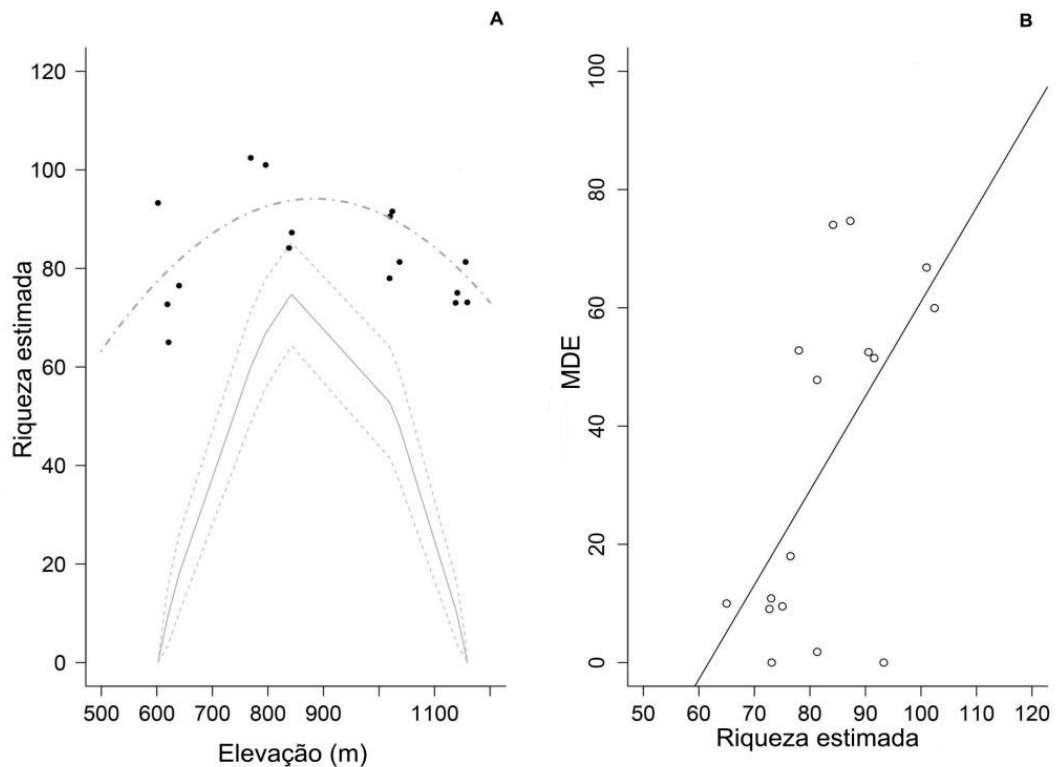
Variáveis	600	800	1.000	1.100	P
Número de indivíduos	372 <sup>b</sup>	432 <sup>b</sup>	395 <sup>b</sup>	523 <sup>a</sup>	***
Altura (m)	9 <sup>b</sup>	10 <sup>b</sup>	9 <sup>b</sup>	11 <sup>a</sup>	**
Área Basal (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	41 <sup>ab</sup>	42 <sup>ab</sup>	36 <sup>b</sup>	46 <sup>a</sup>	*
Diâmetro (cm)	13 <sup>a</sup>	14 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>	ns
Número de espécies	82 <sup>a</sup>	103 <sup>a</sup>	90 <sup>a</sup>	86 <sup>a</sup>	ns

Verificamos que, com exceção de número de espécies, os demais parâmetros estruturais da comunidade arborea apresentaram correlação significativa com altitude (tabela 3). A correlação entre os parâmetros estruturais evidenciou que área basal apresentou relação positiva com número de indivíduos e altura média, por outro lado apresentou relação negativa com riqueza e diâmetro médio e número de indivíduos com riqueza e relação positiva com altura média (tabela 3).

**Tabela 3** – Matriz de correlação entre os parâmetros estruturais e florísticos com a altitude em um gradiente altitudinal da Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil (em negrito as relações com  $P < 0,05$ ).

Variáveis	Altitude	Riqueza	Espécies exclusivas	Número de indivíduos	Diâmetro Médio	Altura média
Riqueza	-0,24					
Espécies exclusivas	<b>0,50</b>	<b>0,71</b>				
Número de indivíduos	<b>0,98</b>	<b>-0,32</b>	<b>0,38</b>			
Diâmetro médio (cm)	<b>-0,80</b>	<b>0,59</b>	-0,11	<b>-0,73</b>		
Altura média (m)	<b>0,32</b>	<b>-0,82</b>	<b>-0,57</b>	<b>0,49</b>	<b>-0,32</b>	
Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)	<b>0,93</b>	<b>-0,57</b>	0,16	<b>0,94</b>	<b>-0,89</b>	<b>0,57</b>

A curva de rarefação apresentou tendência de padrão de variação unimodal-parabólico ( $R^2=0,13$ ;  $p=0,02$ ) (figura 2A). A comparação da diversidade (rarefação) observada com o modelo nulo (MDE) indicou uma relação positiva forte ( $R^2 = 0,60$  e  $p=0,01$ ) (figura 2B).



**Figura 2** – (A) Modelo nulo (MDE) e riqueza estimada na rarefação, (B) Correlação entre o modelo nulo (linha contínua) e a riqueza estimada (linha pontilhada) no gradiente de altitude de Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil.

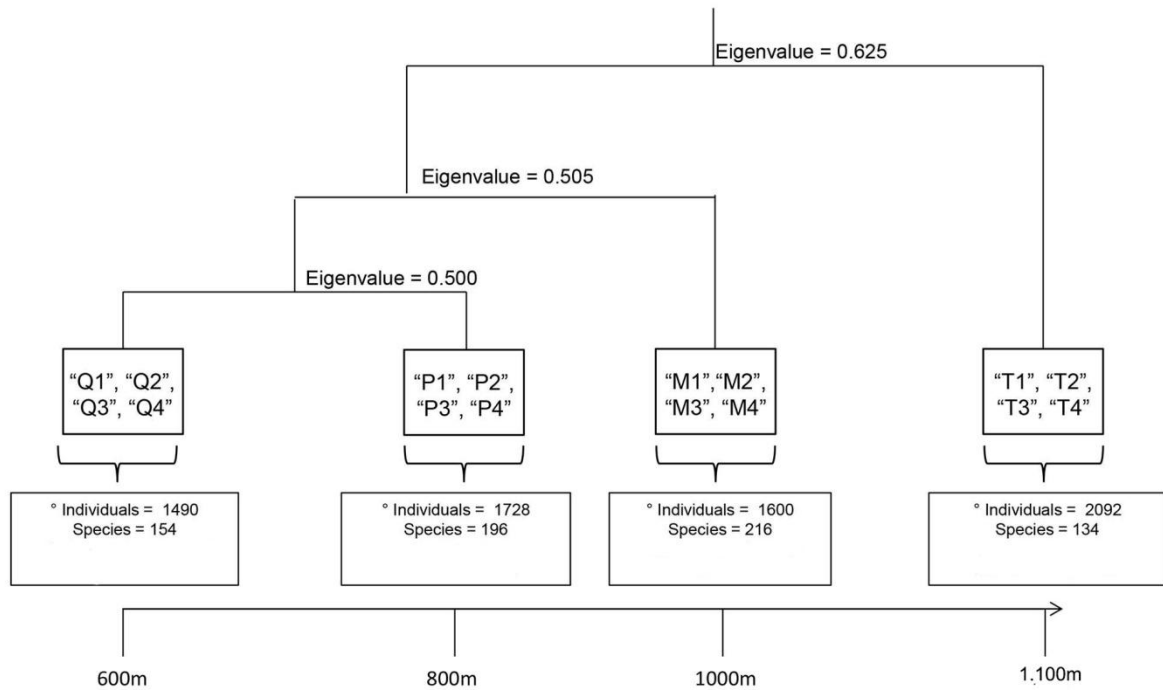
O valor de diversidade beta total (*turnover*) apresentou dissimilaridade média igual 0,65. As parcelas que mais contribuíram para diversidade beta foram as localizadas nas altitudes de 1.000 e 1.100 m, sendo estas as que mais incrementaram em número de espécies exclusivas (tabela 1), além de apresentaram os menores valores de similaridade (tabela 4).

**Tabela 4** – Similaridade florística no gradiente de altitude de Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil (índice de Sorensen).

Altitude	600 m	800 m	1.000 m	1.100m
800 m	0,47	---	---	---
1.000m	0,35	0,36	---	---
1.100 m	0,32	0,24	0,30	---

A análise TWINSpan (figura 3) evidenciou que as cota de altitude de 600 e 800 m são as mais próximas em composição florística, enquanto as cotas 1.000 e 1.100 m de altitude apresentaram composições florísticas mais distintas, sobretudo esta última que não se agrupou com nenhuma das três cotas no dendograma. A consistência dos três grupos apresentado no

diagrama da Twinspan também foi confirmada pelas tendências apresentadas pela matriz de similaridade Sørensen.



**Figura 3** - Dendrograma segundo a análise de Twinspan para os dados de número de indivíduos das espécies no gradiente de altitude de Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil (Espécies indicadoras são apresentadas na tabela 4).

As espécies com valores máximos de indicadoras (Indval = 1) para cada cota de altitude (tabela 5), indicam que estas espécies são restritas a um determinado grupo, e ocorrem em todas as unidades amostrais de uma única cota de altitude, sendo consideradas indicadoras perfeitas.

**Tabela 5** - Valores da análise de espécies indicadoras (IndVal) para o gradiente de altitude da Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil (Probabilidade  $p \leq 0,05$ ) (Grupos 1 - 600 m; Grupo 2 – 800; Grupo 3 – 1.000; Grupo 4 - 1.100 m de altitude).

<b>Espécies</b>	<b>Grupo</b>	<b>Indival</b>	<b>Pvalue</b>
<i>Stylogyne lhotzkyana</i> (A.DC.) Mez	1	1	0,002
<i>Psychotria nuda</i> (Cham. & Schtdl.) Wawra	1	1	0,003
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	1	1	0,003
<i>Eugenia monosperma</i> Vell.	1	1	0,002
<i>Sloanea hirsuta</i> (Schott) Planch. ex Benth.	2	1	0,003
<i>Ardisia martiana</i> Miq	2	1	0,002
<i>Mollinedia triflora</i> (Spreng.) Tul	2	1	0,003
<i>Quiina magalano</i> Schwacke	2	1	0,004
<i>Licania kunthiana</i> Hook.f.	2	1	0,004
<i>Alibertia myrciifolia</i> Sprunge Ex. Schum	2	1	0,002
<i>Psychotria suterella</i> Müll.Arg.	2	1	0,006
<i>Marlierea obscura</i> O.Berg	3	1	0,002
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	3	1	0,01
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	3	1	0,004
<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil.	3	1	0,05
<i>Clethra scabra</i> Pers.	4	1	0,002
<i>Cryptocarya botelhensis</i> P.L.R.Moraes	4	1	0,002
<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	4	1	0,002
<i>Aniba firmula</i> (Nees & Mart.) Mez	4	1	0,004
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	4	1	0,002
<i>Weinmannia pinnata</i> L.	4	1	0,004
<i>Ocotea bicolor</i> Vattimo Gil	4	1	0,007
<i>Quiina glazovii</i> Engl	4	1	0,005
<i>Ocotea pulchella</i> Nees Mart Mez	4	1	0,005
<i>Connarus regnellii</i> G.Schellenb.	4	1	0,005
<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek	4	1	0,005
<i>Matayba obovata</i> R. Coelho, Souza & Ferrucci	4	1	0,006
<i>Laplacea fruticosa</i> Schrad Kobuski	4	1	0,003
<i>Matayba intermedia</i> Radlk	4	1	0,005
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	4	1	0,001
<i>Ocotea pulchra</i> Vattimo Gil	4	1	0,005
<i>Ocotea lancifolia</i> Schott Mez	4	1	0,007

### 3.2 Relações entre as variáveis edáficas e entre estrutura e distribuição das espécies

O teste de Mantel evidenciou que não houve correlação significativa entre a matriz edáfica e a localização das parcelas nas diferentes cotas de altitude ( $r=0,20$ ;  $p<0,05$ ), por outro

lado, os valores de autocorrelação espacial para a matriz florística foram considerados significativos ( $r=0,77$ ;  $p>0,001$ ).

A Anova indicou que as variáveis físicas e químicas do solo variaram entre as parcelas ( $p<0,001$ ,  $F=55,88$ ). De modo geral, todas as altitudes apresentaram baixos valores de pH, níveis elevados de Al e matéria orgânica (tabela 6). A CTC (capacidade de troca catiônica) foi significativamente maior para as maiores cotas de altitude (1.000 e 1.100 m). No geral, as diferenças nas variáveis edáficas são menos acentuadas entre as parcelas das altitudes de 1.000 e 1.100 m.

**Tabela 6** - Média ( $\pm$  desvio padrão) e análise de variância de variáveis físico-químicas entre as diferentes cotas no gradiente de altitude de Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil (\* = significativo  $p < 0,05$ ; \*\* = significativo  $p < 0,01$ ; \*\*\* = significativo  $p < 0,001$ ; ns = não significativo).

Variáveis	600 m	800 m	1.000 m	1.100 m	P	F
Argila %	24,1 $\pm$ 3,4 <sup>b</sup>	20,5 $\pm$ 4,5 <sup>bc</sup>	28,1 $\pm$ 9,6 <sup>a</sup>	16,4 $\pm$ 3,5 <sup>c</sup>	**	6,964
Areia %	65,3 $\pm$ 5,8 <sup>a</sup>	63,2 $\pm$ 4,0 <sup>a</sup>	54,3 $\pm$ 15,8 <sup>a</sup>	69,8 $\pm$ 5,7 <sup>ab</sup>	Ns	2,279
Silte %	10,4 $\pm$ 3,3 <sup>b</sup>	16,4 $\pm$ 3,3 <sup>ab</sup>	17,8 $\pm$ 7,4 <sup>a</sup>	13,0 $\pm$ 5,5 <sup>ab</sup>	*	704,90
P (mg/dm <sup>3</sup> )	19,0 $\pm$ 16,1 <sup>a</sup>	3,9 $\pm$ 2,0 <sup>b</sup>	8,0 $\pm$ 2,1 <sup>ba</sup>	3,8 $\pm$ 1,8 <sup>b</sup>	***	13,47
MO (g/dm <sup>3</sup> )	34,1 $\pm$ 6,7 <sup>b</sup>	38,2 $\pm$ 8,3 <sup>b</sup>	59,2 $\pm$ 21,0 <sup>a</sup>	50,1 $\pm$ 9,9 <sup>a</sup>	***	14,65
pH (mg/dm <sup>3</sup> )	3,7 $\pm$ 0,1 <sup>b</sup>	4,5 $\pm$ 0,2 <sup>a</sup>	3,4 $\pm$ 0,2 <sup>c</sup>	3,4 $\pm$ 0,2 <sup>c</sup>	***	72,97
K (mmolc/dm <sup>3</sup> )	1,5 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	1,6 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>	1,6 $\pm$ 0,3 <sup>ab</sup>	0,7 $\pm$ 0,3 <sup>b</sup>	***	26,4
Ca (mmolc/dm <sup>3</sup> )	3,2 $\pm$ 1,5 <sup>a</sup>	2,4 $\pm$ 3,2 <sup>a</sup>	3,9 $\pm$ 2,0 <sup>a</sup>	2,8 $\pm$ 2,0 <sup>a</sup>	Ns	1,305
Mg (mmolc/dm <sup>3</sup> )	2,1 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>	2,2 $\pm$ 1,1 <sup>b</sup>	2,4 $\pm$ 0,8 <sup>a</sup>	2,3 $\pm$ 1,0 <sup>a</sup>	**	0,349
H+Al (mmolc/dm <sup>3</sup> )	133 $\pm$ 24,7 <sup>b</sup>	71 $\pm$ 11,1 <sup>c</sup>	198 $\pm$ 89,8 <sup>a</sup>	186 $\pm$ 41,7 <sup>a</sup>	***	89,99
Al (mmolc/dm <sup>3</sup> )	27,4 $\pm$ 4,4 <sup>b</sup>	23,2 $\pm$ 3,9 <sup>c</sup>	32,3 $\pm$ 6,6 <sup>a</sup>	31,1 $\pm$ 4,7 <sup>a</sup>	***	21,32
SB (mmolc/dm <sup>3</sup> )	6,8 $\pm$ 2 <sup>a</sup>	6,2 $\pm$ 4,6 <sup>a</sup>	7,9 $\pm$ 2,2 <sup>a</sup>	5,8 $\pm$ 2,5 <sup>a</sup>	Ns	1,242
CTC (mmolc/dm <sup>3</sup> )	140 $\pm$ 24,5 <sup>b</sup>	78 $\pm$ 12 <sup>c</sup>	205 $\pm$ 89,6 <sup>a</sup>	192 $\pm$ 41,9 <sup>a</sup>	***	104,1
V%	5,0 $\pm$ 1,8 <sup>ab</sup>	8,9 $\pm$ 7,6 <sup>a</sup>	4,2 $\pm$ 1,5 <sup>b</sup>	3,1 $\pm$ 1,4 <sup>b</sup>	*	5,79

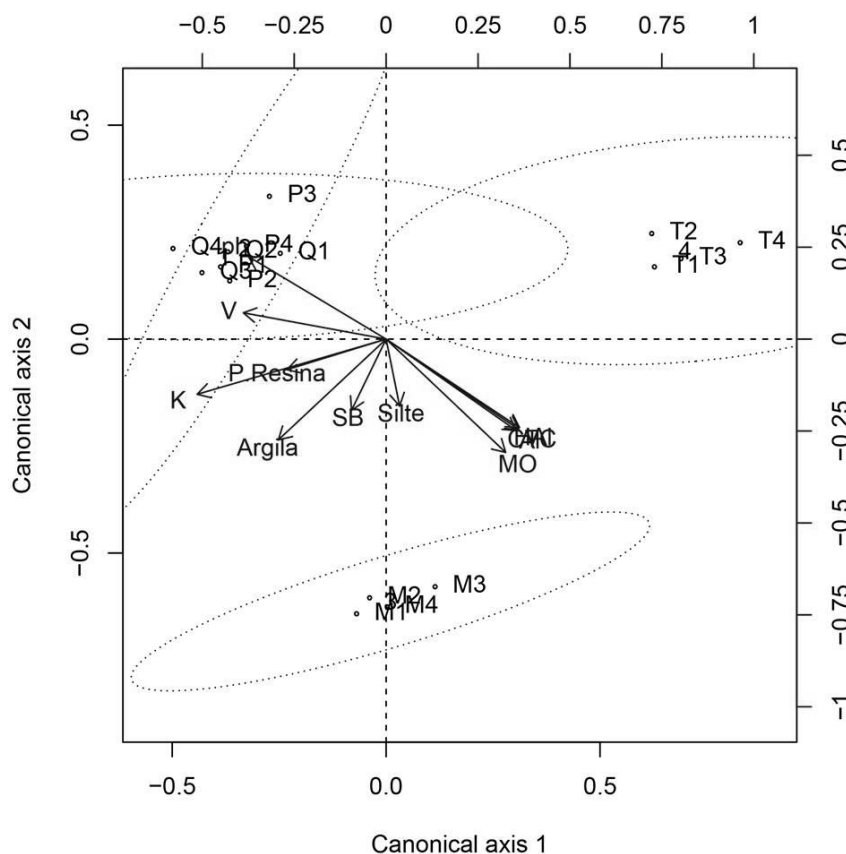
Os dois primeiros eixos da CCA acumularam 55 % das variações dos dados (tabela 7).

Os maiores valores de correção para o primeiro eixo foram para fósforo, pH, potássio, acidez potencial, alumínio, CTC e V%, e para o segundo argila, silte, matéria orgânica e SB. A Anova revelou uma elevada significância do modelo apresentado ( $p < 0,001$ ;  $F = 3,684$ ).

**Tabela 7** - Resultados das análises de Correspondência Canônica para relação entre as matriz de variáveis edáficas e estrutural e matriz de abundância, no gradiente de altitude de Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil.

Eigenvalue	0,20	0,14
Explicação	0,33	0,22
Variáveis	CCA1	CCA2
Argila %	-0,51	<b>-0,58</b>
Silte %	0,06	<b>-0,39</b>
P(mg/dm <sup>3</sup> )	<b>-0,47</b>	-0,18
MO (mg/dm <sup>3</sup> )	0,57	<b>-0,66</b>
pH (mg/dm <sup>3</sup> )	<b>-0,65</b>	0,48
K (mmolc/dm <sup>3</sup> )	<b>-0,89</b>	-0,32
H+al (mmolc/dm <sup>3</sup> )	<b>0,63</b>	-0,51
Al (mmolc/dm <sup>3</sup> )	<b>0,62</b>	-0,53
SB (mmolc/dm <sup>3</sup> )	-0,16	<b>-0,41</b>
CTC (mmolc/dm <sup>3</sup> )	<b>0,63</b>	-0,52
V % (mmolc/dm <sup>3</sup> )	<b>-0,67</b>	0,15

O diagrama da CCA revelou um arranjo das parcelas semelhante ao encontrado na análise de Twinspan, onde as parcelas com composições florísticas mais semelhantes se agruparam (600 e 800 m). As parcelas das cotas de 600 e 800 m de altitude foram relacionadas negativamente com pH e V%. As parcelas da cota de 1.000 m apresentaram relação com matéria orgânica, CTC, H+Al e Al.



**Figura 4** - Diagrama gerado pela Análise de Correspondência Canônica para relação das variáveis físicas e químicas com a matriz de abundância das espécies no gradiente de altitude de Floresta Pluvial Atlântica no Parque Estadual da Serra do Mar, Sudeste do Brasil (Q = 800m; P = 600m; M = 1.000 m; T = 1.100m).

Dentre os modelos da MGL (tabela 8) o que melhor explicou a relação da diversidade com os parâmetros edáficos foi o modelo nulo (WAICc = 0,97), e o que melhor explicou as diferenças da composição florística foi o modelo composto por argila, fósforo, Al+H, potássio, CTC e V% (WAICc = 0,91).

**Tabela 8** - Seleção do Modelo Linear Generalizado para as estimativas de diversidade e variáveis edáficas e topográficas, segundo o critério de Informação de Akaike (AIC), para no gradiente de altitude de Floresta Pluvial Atlântica, no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil. **Negrito** – modelos escolhidos.

<b>ANÁLISES</b>				
<b><u>MGL (Modelos Lineares Gerais)</u></b>	<b>Diversidade</b>		<b>Composição</b>	
<b>Parâmetros edáficos</b>	<i>Weight</i>	<i>dAICc</i>	<i>Weight</i>	<i>dAICc</i>
Argila+ Silte+P+MO+ Hal+ Al+ K+ CTC + V+ pH	<0,0001	95,4	<0,0001	83,7
MO+ Hal+ Al+ K+ CTC + V+ pH	<0,0001	23,6	-	-
Hal+ Al+ K+ CTC + V+ pH	0,0022	12,2	-	-
Hal+ Al+ K+ CTC + V	0,0242	7,4	-	-
Argila+P+MO+ Hal+ Al+ K+ CTC + V	-	-	0,0042	10,80
Argila+P+ H <sup>+</sup> Al+ Al+ K+ CTC + V	-	-	<b>0,9154</b>	<b>0</b>
Modelo nulo (y~1)	<b>0,9736</b>	<b>0</b>	0,0805	4,9

#### 4 DISCUSSÃO

A comunidade arbórea no gradiente de altitude estudado apresenta as seguintes características: aumento da densidade e área basal com o incremento da altitude; menores números de espécies e diversidade nos extremos do gradiente; mudanças nas composições florísticas e diminuição no número de espécies, sendo estas mudanças mais acentuadas nas altitudes mais elevadas e; diminuição do diâmetro e uma tendência de aumento da altura ao longo do gradiente. Esses resultados evidenciam que as comunidades arbóreas diferem em composição e estrutura no gradiente de altitude. As características encontradas, com exceção da altura, são verificadas em gradientes de altitudinais mais amplos na Mata Atlântica (JOLY et al., 2012; SANCHEZ et al., 2013), e em outras florestas tropicais como na Costa Rica (LIEBERMAN et al., 1996) e no Nepal (GRYTNES; VETAS, 2002). Assim, variações na composição de espécies da comunidade arbórea podem ser entendidas como resposta às condições ambientais associadas ao gradiente de altitude.

No gradiente de altitude, podemos verificar que o aumento da densidade esteve relacionado com diminuição do diâmetro médio conforme o incremento da altitude. Por outro lado, o aumento da densidade nas altitudes elevadas ocasionou maiores valores de área basal. Em gradiente de altitude a relação negativa entre densidade e diâmetro (LIEBERMAN et al. 1996; ALVES et al., 2010), bem como o incremento da área basal para as áreas com altitudes elevadas é um padrão observado para florestas tropicais (LIEBERMAN et al., 1996; VÁZQUEZ; GIVNISH, 1998; PAOLI et al., 2008; SANCHEZ et al., 2013). Assim, fatores locais como condições edáficas, também são reportados como importantes controladores da densidade e da área basal. Em florestas tropicais o aumento da densidade pode estar relacionado à maior fertilidade do solo (STEVENS; CARSON, 1999), e encontramos nas regiões mais elevadas os maiores valores de área basal, CTC e matéria orgânica, o que justificaria os maiores valores de densidade.

A tendência do aumento da altura ao longo do gradiente estudado foi contrária ao encontrado nos estudos em gradientes altitudinais de florestas tropicais, das quais a tendência relatada é o declínio na estatura média da comunidade com o incremento de altitude (LIEBERMAN et al. 1996; HOMEIER, et al., 2010). A maior média de altura da comunidade aos 1.100 m pode estar relacionada à inclinação do terreno. A existência de um forte gradiente vertical de luz ocasionado pela inclinação terreno pode limitar, em parte, a altura média do dossel por intensa competição entre os indivíduos no subosque da floresta, e provavelmente, poucos indivíduos ou espécies são capazes de atingir uma alta estatura (ALVES;SANTOS 2002; FRIDLEY, 2003; JOLY et al., 2012). Por exemplo, em um levantamento próximo à vertente estudada aos 1.100 (aproximadamente 200 m), na mesma faixa de altitude em terreno relativamente plano, a floresta apresenta características típicas de Formações Altomontanas com altura média da comunidade arbórea de  $8 \pm 4$  m e densidade acima de 2.500 ind/ha (comunicação pessoal Roberta M. M. Grillo).

Os menores valores de riqueza nos extremos do gradiente (600 e 1.100 m) demonstram a tendência de um padrão de variação unimodal-parabólico para a riqueza da comunidade arbórea (COLWELL;HURT,1994; COLMELL et al., 2004; GRYTNES; MCCAIN, 2010). Apesar da curva de rarefação não apresentar uma relação pronunciada com a altitude, a relação entre a diversidade observada e o modelo de MDE indicam que as mudanças das condições relacionadas com a altitude podem direcionar os padrões de riqueza e mesmo em curto gradiente, padrão evidenciado pelo modelo nulo selecionado na MGL. Assim, mudanças nas condições relacionadas à altitude, como as diferenças na temperatura e ocorrência de neblina (JOLY et al., 2012), podem resultar numa zonação altitudinal, com reflexos nas diferenças dos níveis de riqueza nas diferentes regiões da encosta (ZHAO et al., 2005. JOLY et al., 2012).

Poucas espécies ocorreram todo gradiente (20 espécies) das quais *Guapira opposita*, *Euterpe edulis* e *Alchornea triplinervia* são consideradas bem distribuídas na Floresta Pluvial Atlântica (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000; SCUDELLER et al., 2001). Por outro lado, à restrição de distribuição no gradiente, alguns gêneros como *Casearia*, *Licania*, *Psychotria* e as espécies *Stylogyne lhotzkyana* e *Pouteria caimito* típicas de baixa altitude (OLIVEIRA-FILHO; FONTES 2000), foram indicadoras da faixa de altitude de 600 a 1.000 m. Já *Drymis brasiliensis*, *Clethra scabra* e os gêneros *Weinmania* e *Ilex* típicas de altitude elevadas (BERTONCELLO et al., 2011; EISENLOHR; OLIVEIRA-FILHO, 2015) foram indicadoras aos 1.100 m de altitude. O número de espécies com distribuição restrita (40% e 42%) foi maior em altitudes mais elevadas (1.000 e 1.100 m), contribuindo para baixa similaridade florística entre as altitudes e para o aumento da diversidade beta, e evidencia que o turnover de espécies possui relação com o incremento da altitude (GRYTNES; MCCAIN, 2007; VÁZQUEZ; GIVNISH, 1998).

A Twisnpan evidencia que áreas geograficamente próximas apresentam composições florísticas mais similares, sugerindo que a diversidade aumenta com a altitude e distância (DAVIDAR et al., 2007). A relação entre os padrões de vegetação e altitude é bem estabelecida na literatura (RAHBK, 1995; GIVNISH, 1999; KORNER, 2007), e os estudos realizados na Mata Atlântica indicam que a altitude é importante para detectar afinidades e mudanças florísticas, devido às mudanças nas condições climáticas ao longo deste gradiente (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000; BERTONCELLO et al., 2011; JOLY et al., 2012; EISENLOHR; OLIVEIRA-FILHO, 2015). No entanto, tais condições não são os principais promotores dos padrões da comunidade arbórea em gradiente de altitude na Mata Atlântica (ALVES et al., 2010; VIEIRA et al., 2011; EISENLOHR et al., 2013; SHANCHEZ et al., 2013), e nossos resultados evidenciam que, além do efeito da altitude, condições edáficas

também são importantes para explicar a distribuição das espécies ao longo do gradiente altitudinal.

O contraste nas propriedades do solo ao longo do gradiente de altitude foi corroborado com as correlações entre algumas variáveis de solo e a distribuição das espécies e suas abundâncias, conforme evidenciado na ordenação da CCA. O padrão florístico apresentado pela RDA é o mesmo verificado nos agrupamentos da Twinspan, reforçando a importância das condições edáficas em gradiente de altitude, para definição dos padrões florísticos. O modelo geral apresentado pela MGL também expressa o poder preditivo das variáveis edáficas para explicar as variações na composição florística no gradiente de altitude estudado. A partir do modelo apresentado pela MGL, as variáveis edáficas apresentam como características diminuição nas frações de argila, fósforo, potássio, V% e pH nas maiores altitudes. Por outro lado, verificamos aumento nos valores de Al, H+Al, CTC com o incremento da altitude.

Diante disso, a menor fração argila na maior altitude (1.100 m), provavelmente está relacionada à perda persistente de sedimentos, muito particularmente das partículas menores e mais leves de argila, que são transportados para altitudes mais baixas, o que justifica os maiores teores de argila nas altitudes inferiores (SANCHEZ et al 2013). A aeração e drenagem do solo são fortemente afetadas pela textura, a areia facilita a drenagem e a aeração do solo, enquanto texturas finas, como a argila, aumentam a capacidade de armazenamento de água e nutrientes dos solos (YIMER et al., 2006), o que pode determinar a distribuição das espécies, por ser indicada como importante fator para divergência habitat (ITOH et al., 2003).

Os maiores valores CTC para áreas de altitude elevadas (1.000 e 1.100 m. de altitude), certamente estão relacionados aos maiores percentuais de matéria orgânica. A matéria orgânica é importante na manutenção da fertilidade do solo, pois influencia na CTC, na disponibilidade de nutrientes e retenção de água no solo (MIRANDA et al., 2007; SOUZA,

2013), no entanto, apesar dos elevados valores de CTC, todos os solos são considerados distróficos (MIRANDA et al., 2007). A maior riqueza de espécies para cota de 800 e 1.100 m de altitude e diferenças florística entre as áreas, podem ser influenciadas pela drenagem do terreno. Segundo Sanchez et al. (2013), uma explicação para limitação da distribuição das espécies em solos distróficos em gradiente de altitudes na Floresta Pluvial Atlântica, está relacionada à capacidade de armazenamento de água e drenagem, sendo que a drenagem excessiva no topo da serra, apresentaria maior restrição para distribuição das espécies. No entanto, mais estudos seriam necessários para verificar estes aspectos.

A degradação da matéria orgânica produz substâncias húmicas, especialmente ácidos fúlvicos e húmicos, responsáveis pela acidificação solo, o que justifica os menores valores de pH nas florestas em altitudes elevadas (SOUZA, 2013). Solos ácidos diminuem a disponibilidade dos nutrientes essenciais Ca, Mg, K e P (YIMER et al., 2006; KERBAUY, 2013) e aumentam a disponibilidade de elementos potencialmente tóxicos. Baixos valores de V% indicam elevada adsorção de  $H^+$  e  $Al^{3+}$  em relação à quantidade de cátions trocáveis ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) (MIRANDA et al., 2007). Para Sanchez et al., (2013), uma explicação da influência do pH para distribuição das espécies arbóreas deve-se a sensibilidade das espécies arbóreas à pequenas variações de pH, sendo que geralmente é tênue a variação do pH entre as diferentes cotas de altitude, assim como neste trabalho.

Podemos concluir que as florestas apresentam diferenças na composição florística e alta substituição de espécies no gradiente estudado, sendo as florestas de altitude elevadas as que mais contribuem para diversidade beta. Aparentemente os pressupostos do MDE se aplicam em curtos gradientes, uma vez que observamos menores riquezas e diversidade nos extremos do gradiente. As cotas de altitude apresentam composições florísticas distintas em resposta às condições edáficas associadas às condições da altitude. Por outro lado, o padrão de distribuição da diversidade é influenciado a fatores alheios às características edáficas.

Trabalhos em gradientes de altitude que associem solo ao gradiente de elevação podem fornecer modelos mais realísticos para os padrões florístico da Floresta Pluvial Atlântica.

## 5 REFERÊNCIAS

- AKAIKE, H. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. **Em: Breakthroughs in statistics** 610-624. Impress. Springer, New York. 1992.
- ALMEIDA, F.F.M. **Fundamentos geológicos do relevo paulista. Boletim Instituto de Geografia e Geologia-IGG-USP -São Paulo** 41: 169-263. 1964.
- ALMEIDA, F. F. M., CARNEIRO, C. DAL RÉ. **Origem e evolução da Serra do Mar. Revista Brasileira de Geociências**, 28(2):135-150. 1998.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J. L.M.; SPAROVE, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift** 22( 6): 711–728. 2013.
- ALVES, L. F.; VIEIRA, S. A.; SCARANELLO, M. A.; CAMARGO, P. B.; SANTOS, F. A.; JOLY, C. A.; MARTINELLI, L. A. Forest structure and live aboveground biomass variation along an elevational gradient of tropical Atlantic moist forest (Brazil). **Forest Ecology and Management**, 260(5): 679-691. 2010.
- ALVES, L.F.; SANTOS, F.A. Tree allometry and crown shape of four tree species in Atlantic rain forest, SE Brazil. **J. Tropical Ecology** 18:245-260. 2002.
- ANGIOSPERM PHILOGENY GROUP - APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical Journal of the Linnean Society** 116(2): 105-121. 2009.
- BALDECK, C.A.; HARMS, K.E.; YAVITT, J.B.; JOHN, R.; TURNER, B.L., VALENCIA, R.; NAVARRETE, H., DAVIES, S.J., CHUYONG, G.B., KENFACK, D.; THOMAS, D.W.; MADAWALA, S.; GUNATILLEKE, N.; GUNATILLEKE, S.; BUNYAVEJCHEWIN, S.; KIRATIPRAYOON, S.; YAACOB, A.; SUPARDI, M.N.N.; DALLING, J.W. Soil resources and topography shape local tree community structure in tropical forests. **Royal Society** 280: 20122532. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2012.2532>. 2012.
- BERTONCELLO, R.; YAMAMOTO, K.; MEIRELES, L.D.; SHEPHERD, G.J.A. phytogeographic analysis of cloud forests and other forest subtypes amidst the Atlantic forests in south and southeast Brazil. **Biodiversity and Conservation** 20:3413–3433. doi:10.1007/s10531-011-0129-6. 2011.
- CHRISTENHUSZ, M. J. M.; ZHANG; X.; SCHNEIDER, H. A linear sequence of extant families and genera of lycophytes and ferns. **Phytotaxa** 19: 7–54. 2011.
- CLARK, D.B., Palmer, M.W. & Clark, D.A. Edaphic factors and the landscape-scale distributions of tropical rain forest trees. **Ecology**, 80: p.2662-2675, 1999.

COLWELL, R.K. **RangeModel 5: A Monte Carlo Simulation Tool for Assessing Geometric Constraints on Species Richness** (Simulation and Analysis Software). *Published as freeware at <http://viceroy.eeb.uconn.edu/rangemodel>*. 2006.

COLWELL, R. K. **EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples** (9th edn). URL: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>. 2013.

COLWELL, R. K.; HURTT, G. C. Nonbiological gradients in species richness and a spurious Rapoport effect. **American Naturalist** 144: 570-595. 1994.

COLWELL, R. K.; RAHBEK, C.; GOTELLI, N. J. The Mid-Domain Effect and Species Richness Patterns: What Have We Learned So Far? **The American Naturalist** 163(3): 1-23. 2004.

DAVIDAR, P.; RAJAGOPAL, B.; MOHANDASS, D.; PUYRAVAUD, J.-P.; CONDIT, R.; WRIGHT, S. J.; LEIGH JR, E.G. The effect of climatic gradients, topographic variation and species traits on the beta diversity of rain forest trees. **Global Ecology and Biogeography** 16: 510–518. 2007.

DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological monographs** 67(3): 345-366. 1997.

EISENLOHR, P. V. Challenges in data analysis: pitfalls and suggestions for a statistical routine in vegetation ecology. **Brazilian Journal of Botany**, 36(1): 83-87. 2013.

EISENLOHR, P. V.; ALVES, L. F.; BERNACCI, L. C.; PADGURSCHI, M. C. G.; TORRES, R. B.; PRATA, E. M. B.; SANTOS, F. A. M. A.; RAMOS, E.; ROCHELLE, A. L. C.; MARTINS, R. M.; CAMPOS, M. C. R.; PEDRONI, F.; SANCHEZ, M.; PEREIRA, L. P.; VIEIRA, S. A.; ATALIBA, J. M.; TAMASHIRO, J. Y.; SCARANELLO, M. A. S.; CARON, C. J.; JOLY, C. A. Disturbances, Elevation, Topography And Spatial Proximity Drive Vegetation Patterns Along An Altitudinal Gradient Of A Top Biodiversity Hotspot. **Biodiversity and Conservation**. DOI 10.1007/s10531-013-0553-x. 2013.

EISENLOHR, P.V.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Revisiting Patterns of Tree Species Composition and their Driving Forces in the Atlantic Forests of Southeastern Brazil. **Biotropica** 0(0): 1–13. 2015.

FRIDLEY, J.D. Diversity effects on production in different light and fertility environments: an experiment with communities of annual plants. **Journal of Ecology** 91.: 396–406. 2003.

GAUCH JR, H.G.; WHITTAKER, R.H. Hierarchical classification of community data. **The Journal of Ecology** 69:537-557. 1981.

GENTRY, A.H.. Neotropical floristic diversity: phytogeographical connections between Central and South America, pleistocene climatic fluctuations, or an accident of the andean orogeny? **Ann. Missouri Bot. Gard.** 69:557-593. <http://dx.doi.org/10.2307/2399084>. 1982.

GIVNISH, T.J. On the causes of gradients in tropical tree diversity. **Journal of Ecology** 87: 193–210. 1999.

GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. **Ecology Letters**. 4: 379–391. 2001.

GRYTNES, J.A; MCCAIN, C.M. Elevational trends in Biodiversity. **Encyclopedia of Biodiversity** 1-8. 2007.

MCCAIN, C. M; GRYTNES, J.A. Elevational Gradients in Species Richness. In: **Encyclopedia of Life Sciences (ELS)**. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester 1-10. Doi 10.1002/9780470015902.a0022548. 2010.

GRYTNES, J.A.; VETAAS, O.R. Species richness and altitude: a comparison between simulation models and interpolated plant species richness along the Himalayan altitudinal gradient, Nepal. **Am.Natur**.159: 294-304. 2002.

HOMEIER, J.; BRECKLE, S.W.; GÜNTNER, S.; ROLLENBECK, R.T.; LEUSCHNER, C. Tree diversity, forest structure and productivity along altitudinal and topographical gradients in a species-rich Ecuadorian montane rain forest. **Biotropica** 42: 140–148. 2010.

ITOH, A; YAMAKURA, T; OHKUBO, T; KANZAKI, M; PALMIOTTO, PA; LAFRANKIE, J; ASHTON, PS; LEE, HS. Importance of topography and soil texture in the spatial distribution of two sympatric dipterocarp trees in a Bornean rainforest. **Ecological Research** 18:307-320. 2003.

JOHN, R.; DALLING, J.W.; HARMS, K.E.; YAVITT, J.B.; STALLARD, R.F.; MIRABELLO, M.; HUBBELL, S.P.; VALENCIA, R.; NAVARRETE, H.; VALLEJO, M.; FOSTER, R. B. Soil nutrients influence spatial distributions of tropical tree species. **Proceedings of the National Academy of Sciences** 104(3): 864-869. 2007.

JOLY, C.A.; ASSIS, M.A.; BERNACCI, L.C.; TAMASHIRO, J.Y.; CAMPOS, M.C.R. DE; GOMES, J.A.M.A LACERDA, M.S.; SANTOS, F.A.M. DOS; PEDRONI, F.; PEREIRA, L. DE S.; PADGURSCHI, M. DE C.G.; PRATA, E.M.B.; RAMOS, E.; TORRES, R.B.; ROCHELLE, A.; MARTINS, F.R; ALVES, L.F; VIEIRA, S.A.; MARTINELLI, L.A.; CAMARGO, P.B. DE; AIDAR, M.P.M.; EISENLOHR, P.V.; SIMÕES, E.; VILLANI, J.P.;BELINELLO, R. Florística e fitossociologia em parcelas permanentes da Mata Atlântica do sudeste do Brasil ao longo de um gradiente altitudinal. **Biota Neotropica** 12(1): 123-145. 2012.

KERBAUY, G.B. Fisiologia Vegetal. 2 Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 431p. 2013

KÖRNER, C.. The use of ‘altitude’ in ecological research. **TRENDS in Ecology and Evolution**.Vol. 22(11): 569-574. 2007.

LEGENDRE, P.; CÁCERES, M. Beta diversity as the variance of community data: dissimilarity coefficients and partitioning. **Ecology letters** 16(8): 951-963. 2013.

LESCURE, J-P.; BOULET, R. Relationships between Soil and Vegetation in a Tropical Rain Forest in French Guiana’. **Biotropica** 17(2): 155-1 64. 1985.

LIEBERMAN, D., LIEBERMAN, M., PERALTA, R., HARTSHORN, G.S. Tropical forest structure and composition on large scale altitudinal gradient in Costa Rica. **Journal of Ecology** 84: 137–152. 1996.

Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em:  
Acesso em: 08 Mai. 2014.

LOVETT , J.C.; MARSHALL, A.R.; CARR, J. Changes in tropical forest vegetation along an altitudinal gradient in the Udzungwa Mountains National Park, Tanzania African. **Journal Ecology** 44: 478–490. 2006.

MARGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton University, 179p. 1988.

MCCULLAGH, P.; NELDER, J. **Generalized linear models. Generalized linear models**. Impress. Chapman; Hall McCullagh, London. 1989

MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. PC-ORD 5.0. **Multivariate analysis of ecological data**. MjM Software, Gleneden Beach. 2006.

METZ, M.R. Does habitat specialization by seedlings contribute to the high diversity of a lowland rain forest? **Journal of Ecology** 100: 969–979. doi: 10.1111/j.1365-2745.2012.01972.x. 2012.

MIRANDA, C.C.; CANELLAS, L.P.; NASCIMENTO, M.T. Caracterização da matéria orgânica do solo em Fragmentos de Mata Atlântica e em plantios abandonados de Eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência de Solo** 31:905-916. 2007.

MÜELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. Aims and methods for vegetation ecology. **J. Wiley & Sons**, New York. 1974.

MYERS, N; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403:852-858. 2000.

OLIVEIRA FILHO, A T; FONTES, M.A. L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic forests in Southeastern Brazil, and the influence of climate. **Biotropica** 32(4b): 793-810. 2000.

PADGURSCHI, M.C.G., PEREIRA, L.P., TAMASHIRO, J.Y. & JOLY, C.A. 2011. Composição e similaridade florística entre duas áreas de Floresta Atlântica Montana, São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica** 11(2): 139-152. 2011.

PAOLI, G.D.; CURRAN, SLIK, L.M.; SLIK, J.W.F. Soil nutrients affect spatial patterns of aboveground biomass and emergent tree density in southwestern Borneo. **Oecologia** 155:287–299. doi 10.1007/s00442-007-0906-9. 2008.

RAHBEK, C. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? **Ecography** 18, 200–205. 1995.

SANCHEZ, M.; PEDRONI, F.; EISENLOHR, P.V.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. Changes in tree community composition and structure of Atlantic rain forest on a slope of the Serra do Mar range, southeastern Brazil, from near sea level to 1000 m of altitude. **Flora** 208; 184–196. 2013.

SCUDELLER, V. V., MARTINS, F. R.; SHEPHERD, G. J. Distribution and abundance of arboreal species in the atlantic ombrophilous dense forest in Southeastern Brazil. *Plant Ecology* 152: 185–199. 2001.

SLIK, J.W.F.; RAES, N.; AIBA, S.I.; BREARLEY, F.Q.; CANNON, C.H.; MEIJAARD, E.; NAGAMASU, H.; NILUS, R.; PAOLI, G.; POULSEN, A.D.; SHEIL, D.; SUZUKI, E.; VALKENBURG, J.L.C.H.; WEBB, C.O.; WILKIE, P.; WULFFRAAT, S. Environmental correlates for tropical tree diversity and distribution patterns in Borneo. *Diversity and Distributions* 15: 523–532. 2009.

SOUZA, A. C. O. **Fatores abióticos influenciando a vegetação em Floresta Ombrófila Densa Montana, Parque Estadual da Serra do Mar (Ubatuba - SP, Brasil)**. Dissertação (Mestrado) em Agricultura tropical e Subtropical. 2013. 92 f. Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas.

STEVENS, M.H.H.; CARSON, W.P. Plant density determines species richness along an experimental fertility gradient. *Ecology* 8: 455–465. 1999.

VÁZQUEZ, G.J.A.; GIVNISH, T.J. Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantlán. *Journal of ecology* 86, 999–1020. 1998.

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

VIEIRA, S.A.; ALVES, L.F.; DUARTE-NETO, P.J.; MARTINS, S.C.; VEIGA, L.G.; SCARANELLO, M.A.; PICOLLO, M.C.; CAMARGO, P.B.; CARMO, J.B.; SOUSA NETO, E.; SANTOS, F.A.M.; JOLY C.A.; MARTINELLI, L.A. Stocks of carbon and nitrogen and partitioning between above- and belowground pools in the Brazilian coastal Atlantic Forest elevation range. *Ecology Evol.* 1(3):421-434. 2011.

WRIGHT, S.J. Plant diversity in tropical forests: a review of mechanisms of species coexistence. *Oecologia* 130: 1-14, 2002.

YIMER, F.; LEDIN, S.; ABDELKADIR, A. Soil property variations in relation to topographic aspect and vegetation community in the south-eastern highlands of Ethiopia. *Forest Ecology and Management* 232: 90–99. doi:10.1016/j.foreco.2006.05.055. 2006.

ZHAO, C.M.; CHEN, W.L.; TIAN, Z.Q. Altitudinal pattern of plant species diversity in Shennongjia mountains, Central China. *J. Integr. Plant Biol.* 47: 1431–1449. 2005.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossos resultados sugerem que as variáveis topográficas e edáficas ocasionam mudanças nas condições ambientais em curtas distâncias, que influenciam na distribuição das espécies e na riqueza local, e são responsáveis pela alta diversidade alfa.

Os efeitos da topografia e do solo na distribuição das espécies e da riqueza podem diferir entre as altitudes. Essas diferenças estão relacionadas às variações nas condições topográficas, uma vez que, a topografia está relacionada com os padrões florístico da comunidade arbórea e podem influenciar nas condições edáficas. Assim, solo e topografia influenciam na distribuição das espécies, porém variações acentuadas das condições topográficas apresentam efeitos mais preditivos para os padrões de riqueza local.

As particularidades estruturais e florísticas verificadas para floresta aos 1.100 m indicam que provavelmente trata-se de uma região com características de Floresta Ombrófila Densa Montana e Altomontana, por estar em uma região de transição das duas formações.

No gradiente de altitude ocorre alta substituição de espécies, sendo as florestas nas altitudes superiores as que mais contribuem para diversidade beta. Variações nas riquezas, mesmo em um curto gradiente, estão relacionadas com as condições relacionadas à altitude, com as menores riquezas nos extremos do gradiente. Porém, as diferenças nas composições florísticas estão associadas às variações das condições edáficas. Trabalhos em gradientes de altitude que associem solo ao gradiente de elevação podem fornecer modelos mais consistentes para os padrões florístico e diversidade para Floresta Pluvial Atlântica.

## ANEXOS

**Anexo I-** Parâmetros fitossociológicos de um trecho de Floresta Pluvial Atlântica aos 600m de altitude, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Picinguaba, sudeste do Brasil (N= número de indivíduos, DR = densidade relativa, Fr= frequência relaDoR= dominância relativa e VI = valor de importância; \* espécies comuns entre as parcelas).

Espécies	N	Dr	Fr	DoR	IVI
<i>Coussarea accedens</i> Müll.Arg.	156	10,5	6,5	3,01	20
<i>Meriania calyptrata</i> (Naudin) Triana	148	9,93	5,7	1,68	17
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	99	6,64	5,3	1,73	14
<i>Bathysa australis</i> (A.St.-Hil.) K.Schum.	58	3,89	3,8	3,04	11
<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	42	2,82	3,2	4,32	10
<i>Mollinedia schottiana</i> (Spreng.) Perkins	60	4,03	3,9	0,9	8,8
<i>Coussarea meridionalis</i> (Vell.) Müll.Arg.	56	3,76	3,1	1,01	7,8
<i>Citronella paniculata</i> (Mart.) R.A.Howard	41	2,75	2,7	1,97	7,4
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	16	1,07	1	5,09	7,2
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	10	0,67	0,9	5,49	7,1
<i>Marlierea tomentosa</i> Cambess.	36	2,42	2,8	1,85	7,1
<i>Ouratea parviflora</i> (A.DC.) Baill.	42	2,82	2,7	0,76	6,3
<i>Pouteria venosa</i> (Mart.) Baehni	8	0,54	0,7	5,05	6,2
<i>Terminalia januariensis</i> DC.	14	0,94	1	4,04	6
<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão	15	1,01	1,1	3,28	5,4
<i>Vernonia puberula</i> Less.	17	1,14	1,1	2,8	5,1
<i>Daphnopsis schwackeana</i> Taub.	31	2,08	2,2	0,59	4,9
<i>Psychotria nuda</i> (Cham. & Schldl.) Wawra	36	2,42	2,2	0,22	4,9
<i>Cecropia glaziovii</i> Snethl.	17	1,14	1,3	2,4	4,8
<i>Stylogyne lhotzkyana</i> (A.DC.) Mez	32	2,15	2,4	0,27	4,8
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	23	1,54	1,8	1,45	4,8
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	11	0,74	0,8	2,99	4,6
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	15	1,01	1,2	2,1	4,3
<i>Inga capitata</i> Desv.	17	1,14	1,6	1,42	4,1
<i>Miconia</i> sp.	26	1,74	2	0,38	4,1
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	7	0,47	0,7	2,66	3,8
<i>Guapira venosa</i> (Choisy) Lundell	9	0,6	0,7	2,22	3,6
<i>Ocotea dispersa</i> (Nees & Mart.) Mez	20	1,34	1,5	0,52	3,4
<i>Alsophila sternbergii</i> (Sternb.) D.S.Conant	11	0,74	0,8	1,74	3,3
<i>Coussapoa microcarpa</i> (Schott) Rizzini	6	0,4	0,5	2,05	2,9
<i>Marlierea racemosa</i> (Vell.) Kiaersk.	8	0,54	0,7	1,54	2,8
<i>Syagrus pseudococos</i> (Raddi) Glassman	13	0,87	1	0,67	2,6
<i>Eugenia brevistyla</i> D.Legrand	11	0,74	1	0,78	2,5
<i>Myrceugenia myrcioides</i> (Cambess.) O.Berg	15	1,01	1,3	0,22	2,5
<i>Neomitranthes glomerata</i> (D.Legrand) D.Legrand	14	0,94	0,9	0,62	2,5
<i>Eugenia subavenia</i> O.Berg	12	0,81	1	0,59	2,4
<i>Cyathea phalerata</i> Mart.	10	0,67	0,7	0,86	2,3
<i>Chrysophyllum viride</i> Mart. & Eichler	12	0,81	0,9	0,54	2,3
<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	5	0,34	0,4	1,38	2,1
<i>Cryptocarya saligna</i> Mez	7	0,47	0,7	0,9	2

Continua anexoI...

<b>Espécies</b>	<b>N</b>	<b>Dr</b>	<b>Fr</b>	<b>DoR</b>	<b>IVI</b>
<i>Rustia formosa</i> (Cham. & Schltld.) Klotzsch	7	0,47	0,5	0,8	1,7
<i>Eriotheca pentaphylla</i> (Vell. & K.Schum.) A.Robyns	1	0,07	0,1	1,54	1,7
<i>Myrciaria floribunda</i> (H.West ex Willd.) O.Berg	7	0,47	0,5	0,75	1,7
<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	10	0,67	0,7	0,36	1,7
<i>Cordia silvestris</i> Fresen.	7	0,47	0,7	0,55	1,7
<i>Guapira nitida</i> (Mart. ex J.A.Schmidt) Lundell	8	0,54	0,6	0,57	1,7
<i>Rudgea jasminoides</i> (Cham.) Müll.Arg.	10	0,67	0,8	0,14	1,7
<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	1	0,07	0,1	1,47	1,6
<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.	2	0,13	0,2	1,27	1,6
<i>Inga marginata</i> Willd.	7	0,47	0,5	0,65	1,6
<i>Marlierea silvatica</i> (O.Berg) Kiaersk.	4	0,27	0,4	0,87	1,5
Indeterminada	3	0,2	0,3	1,01	1,5
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	6	0,4	0,6	0,53	1,5
<i>Cryptocarya mandioccana</i> Meisn.	4	0,27	0,4	0,83	1,5
<i>Cinnamomum glaziovii</i> (Mez) Kosterm.	2	0,13	0,2	1,14	1,5
<i>Calyptranthes rufa</i> O.Berg	7	0,47	0,7	0,33	1,5
<i>Eugenia monosperma</i> Vell.	7	0,47	0,5	0,49	1,4
<i>Solanum rufescens</i> Dunal	8	0,54	0,6	0,23	1,3
<i>Eugenia supraaxillaris</i> Spring	2	0,13	0,2	0,99	1,3
<i>Cupania furfuracea</i> Radlk.	6	0,4	0,5	0,4	1,3
<i>Licania hoehnei</i> Pilg.	4	0,27	0,4	0,59	1,2
<i>Rudgea vellerea</i> Müll.Arg.	7	0,47	0,7	0,09	1,2
<i>Dahlstedtia pinnata</i> (Benth.) Malme	6	0,4	0,6	0,18	1,1
<i>Virola bicuhyba</i> (Schott ex Spreng.) Warb.	5	0,34	0,5	0,29	1,1
<i>Capsicum</i> sp.	6	0,4	0,6	0,06	1
<i>Annona sericea</i> Dunal	4	0,27	0,4	0,37	1
<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schltld.	6	0,4	0,6	0,05	1
<i>Pouteria psammophila</i> (Mart.) Radlk.	2	0,13	0,2	0,68	1
<i>Maytenus gonoclada</i> Mart.	2	0,13	0,2	0,6	0,9
<i>Bathysa mendoncae</i> K.Schum	5	0,34	0,5	0,1	0,9
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	5	0,34	0,4	0,11	0,8
<i>Clusia lanceolata</i> Cambess.	1	0,07	0,1	0,65	0,8
<i>Eugenia burkartiana</i> (D.Legrand) D.Legrand	5	0,34	0,3	0,2	0,8
<i>Cordia taguahyensis</i> Vell.	4	0,27	0,4	0,15	0,8
<i>Posoqueria latifolia</i> (Rudge) Schult.	4	0,27	0,4	0,15	0,8
<i>Zollernia ilicifolia</i> (Brongn.) Vogel	3	0,2	0,3	0,3	0,8
<i>Myrcia pubipetala</i> Miq.	4	0,27	0,4	0,13	0,8
<i>Eugenia oblongata</i> O.Berg	3	0,2	0,3	0,26	0,7
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	3	0,2	0,2	0,25	0,6
<i>Mouriri chamissoana</i> Cogn.	2	0,13	0,2	0,32	0,6
<i>Couepia venosa</i> Prance	3	0,2	0,3	0,15	0,6
<i>Marlierea glazioviana</i> Kiaersk.	3	0,2	0,3	0,11	0,6
<i>Heisteria silvianii</i> Schwacke	2	0,13	0,2	0,25	0,6

Continua anexo I...

<b>Espécies</b>	<b>N</b>	<b>Dr</b>	<b>Fr</b>	<b>DoR</b>	<b>IVI</b>
<i>Eugenia beaurepairiana</i> (Kiaersk.) D.Legrand	3	0,2	0,3	0,09	0,6
<i>Chionanthus crassifolius</i> (Mart.) P.S.Green	3	0,2	0,3	0,08	0,6
<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Schott) Burret	3	0,2	0,3	0,08	0,6
<i>Mollinedia engleriana</i> Perkins	1	0,07	0,1	0,39	0,6
<i>Garcinia gardneriana</i> (Planch. & Triana) Zappi	3	0,2	0,3	0,04	0,5
<i>Neomitranthes</i> sp.2	3	0,2	0,3	0,04	0,5
<i>Schefflera angustissima</i> (Marchal) Frodin	1	0,07	0,1	0,36	0,5
<i>Bactris setosa</i> Mart.	3	0,2	0,3	0,02	0,5
<i>Allophylus petiolulatus</i> Radlk.	3	0,2	0,3	0,02	0,5
<i>Myrcia neoblanchetiana</i> E.Lucas & Sobral	3	0,2	0,3	0,02	0,5
<i>Annona neosericea</i> H.Rainer	2	0,13	0,2	0,18	0,5
<i>Eugenia batingabranca</i> Sobral	2	0,13	0,2	0,13	0,5
<i>Eugenia prasina</i> O.Berg	3	0,2	0,2	0,05	0,4
<i>Ocotea divaricata</i> (Nees) Mez	2	0,13	0,2	0,09	0,4
<i>Mollinedia glabra</i> (Spreng.) Perkins	1	0,07	0,1	0,24	0,4
<i>Marlierea excoriata</i> Mart.	2	0,13	0,2	0,07	0,4
<i>Ocotea daphnifolia</i> (Meisn.) Mez	2	0,13	0,2	0,06	0,4
<i>Chrysophyllum flexuosum</i> Mart.	2	0,13	0,2	0,04	0,4
<i>Macrotorus utriculatus</i> (Mart.) Perkins	2	0,13	0,2	0,03	0,4
<i>Ocotea brachybotrya</i> (Meisn.) Mez	2	0,13	0,2	0,03	0,4
<i>Trichilia elegans</i> A.Juss.	2	0,13	0,2	0,02	0,3
<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil.	2	0,13	0,2	0,02	0,3
<i>Randia</i> sp.	2	0,13	0,2	0,02	0,3
<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	2	0,13	0,2	0,02	0,3
<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	2	0,13	0,2	0,02	0,3
<i>Inga schinifolia</i> Benth.	2	0,13	0,2	0,01	0,3
<i>Psychotria pubigera</i> Schldl.	2	0,13	0,2	0,01	0,3
<i>Eugenia verticillata</i> (Vell.) Angely	2	0,13	0,2	0,01	0,3
<i>Inga edulis</i> Mart.	1	0,07	0,1	0,16	0,3
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	1	0,07	0,1	0,16	0,3
<i>Schefflera calva</i> (Cham.) Frodin & Fiaschi	1	0,07	0,1	0,15	0,3
<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.	1	0,07	0,1	0,13	0,3
<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	1	0,07	0,1	0,12	0,3
<i>Boehmeria caudata</i> Sw.	1	0,07	0,1	0,1	0,3
<i>Meliosma sellowii</i> Urb.	2	0,13	0,1	0,02	0,3
<i>Cecropia pachystachya</i> Trécu	1	0,07	0,1	0,09	0,3
<i>Miconia tristis</i> Spring	1	0,07	0,1	0,07	0,2
<i>Mollinedia argyrogyna</i> Perkins	1	0,07	0,1	0,06	0,2
<i>Eugenia plicata</i> Nied.	1	0,07	0,1	0,06	0,2
<i>Ocotea glaziovii</i> Mez	1	0,07	0,1	0,05	0,2
<i>Eugenia acutata</i> Miq.	1	0,07	0,1	0,05	0,2
<i>Alsophila setosa</i> Kaulf	1	0,07	0,1	0,05	0,2
Myrtaceae	1	0,07	0,1	0,04	0,2

Continua anexo I...

<b>Espécies</b>	<b>N</b>	<b>Dr</b>	<b>Fr</b>	<b>DoR</b>	<b>IVI</b>
<i>Campomanesia laurifolia</i> Gardner	1	0,07	0,1	0,04	0,2
<i>Myrceugenia campestris</i> (DC.) D.Legrand & Kausel	1	0,07	0,1	0,04	0,2
<i>Psychotria</i> sp.	1	0,07	0,1	0,04	0,2
<i>Eugenia cereja</i> D.Legrand	1	0,07	0,1	0,03	0,2
<i>Magnolia ovata</i> (A.St.-Hil.) Spreng.	1	0,07	0,1	0,02	0,2
<i>Eugenia multicostata</i> D.Legrand	1	0,07	0,1	0,02	0,2
Indeterminada 2	1	0,07	0,1	0,02	0,2
<i>Mollinedia uleana</i> Perkins	1	0,07	0,1	0,02	0,2
Ochanaceae	1	0,07	0,1	0,01	0,2
<i>Calyptanthes strigipes</i> O.Berg	1	0,07	0,1	0,01	0,2
<i>Eugenia</i> sp.2	1	0,07	0,1	0,01	0,2
<i>Calyptanthes fusiformis</i> M.L.Kawas.	1	0,07	0,1	0,01	0,2
<i>Swartzia oblata</i> R.S.Cowan	1	0,07	0,1	0,01	0,2
<i>Ocotea teleiandra</i> (Meisn.) Mez	1	0,07	0,1	0,01	0,2
<i>Eugenia</i> sp.1	1	0,07	0,1	0,01	0,2
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	1	0,07	0,1	0,01	0,2
Fabaceae	1	0,07	0,1	0,01	0,2
<i>Licaria armeniaca</i> (Nees) Kosterm.	1	0,07	0,1	0,01	0,2
<i>Tetrorchidium rubrivenium</i> Poepp.	1	0,07	0,1	0,01	0,2
<i>Tetrastylidium grandifolium</i> (Baill.) Sleumer	1	0,07	0,1	0,01	0,2
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	1	0,07	0,1	0,01	0,2
Myrtaceae 2	1	0,07	0,1	0,01	0,2
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	1	0,07	0,1	0,01	0,2
Indeterminada 3	1	0,07	0,1	0,01	0,2
<i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisn.	1	0,07	0,1	0,01	0,2
<i>Plinia rivularis</i> (Cambess.) Rotman	1	0,07	0,1	0	0,2
Rubiaceae	1	0,07	0,1	0	0,2
<i>Copaifera trapezifolia</i> Hayne	1	0,07	0,1	0	0,2

**Anexo II-** Parâmetros fitossociológicos de um trecho de Floresta Pluvial Atlântica aos 1.100m de altitude, no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo de Cunha, sudeste do Brasil (N= número de indivíduos, DR = densidade relativa, Fr= frequência relaDoR= dominância relativa e VI = valor de importância; \* espécies comuns entre as parcelas).

<b>Espécies</b>	<b>N</b>	<b>Dr</b>	<b>Fr</b>	<b>DoR</b>	<b>VI</b>
<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll.Arg.	15	0,72	0,98	0,26	1,96
<i>Aiouea saligna</i> Meisn.	7	0,33	0,35	0,5	1,18
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	17	0,81	0,91	1,37	3,09
<i>Alsophila setosa</i> Kaulf	13	0,62	0,35	0,28	1,25
<i>Amaioua intermedia</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	40	1,91	2,18	1,07	5,15
<i>Aniba firmula</i> (Nees & Mart.) Mez	15	0,72	0,98	0,79	2,49
<i>Aniba viridis</i> Mez	10	0,48	0,7	0,2	1,38
<i>Annona neosericea</i> H.Rainer	1	0,05	0,07	0,01	0,13
<i>Bathysa australis</i> (A.St.-Hil.) K.Schum.	1	0,05	0,07	0,02	0,13
<i>Byrsonima</i> sp.	5	0,24	0,35	0,38	0,97
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	50	2,39	2,46	1,91	6,76
<i>Calyptranthes rufa</i> O.Berg	3	0,14	0,21	0,21	0,56
<i>Calyptranthes</i> sp.1	1	0,05	0,07	0,03	0,14
<i>Calyptranthes strigipes</i> O.Berg	5	0,24	0,35	0,07	0,66
<i>Campomanesia</i> sp.1	1	0,05	0,07	0,05	0,17
<i>Chrysophyllum viride</i> Mart. & Eichler	92	4,4	3,58	30,8	38,8
<i>Cinnamomum montanum</i> (Sw.) Bercht. & J.Presl.	5	0,24	0,21	0,29	0,74
<i>Clethra scabra</i> Pers.	6	0,29	0,42	0,15	0,86
<i>Clusia criuva</i> subsp. <i>parviflora</i> Vesque	4	0,19	0,21	0,45	0,86
<i>Connarus regnellii</i> G.Schellenb.	10	0,48	0,63	0,15	1,26
<i>Cordia silvestris</i> Fresen.	4	0,19	0,28	0,03	0,5
<i>Couepia venosa</i> Prance	14	0,67	0,77	0,2	1,64
<i>Cryptocarya botelhensis</i> P.L.R.Moraes	112	5,35	3,65	5,76	14,8
<i>Cryptocarya saligna</i> Mez	1	0,05	0,07	0,02	0,14
<i>Cyathea dichromatolepis</i> (F,e) Domin	7	0,33	0,49	0,13	0,96
<i>Cyathea phalerata</i> Mart.	14	0,67	0,7	0,13	1,5
<i>Cybianthus brasiliensis</i> (Mez) G.Agostini	117	5,59	3,09	1,78	10,5
<i>Daphnopsis schwackeana</i> Taub.	1	0,05	0,07	0,01	0,13
<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	5	0,24	0,35	0,03	0,62
<i>Eugenia brunneiopubescens</i>	22	1,05	1,4	0,74	3,2
<i>Eugenia cereja</i> D.Legrand	1	0,05	0,07	0,16	0,28
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	8	0,38	0,56	0,12	1,06
<i>Eugenia oblongata</i> O.Berg	17	0,81	1,05	0,24	2,11
<i>Eugenia prasina</i> O.Berg	7	0,33	0,35	0,04	0,73
<i>Eugenia</i> sp.1	23	1,1	0,77	0,15	2,03
<i>Eugenia</i> sp.2	34	1,63	1,61	0,45	3,69
<i>Euplassa incana</i>	3	0,14	0,21	0,04	0,39
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	4	0,19	0,21	0,45	0,85
<i>Gomidesia</i> sp.1	11	0,53	0,7	0,07	1,3
<i>Gomidesia</i> sp.2	2	0,1	0,14	0,09	0,32
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	207	9,89	5,68	5,5	21,1
<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil.	4	0,19	0,28	0,03	0,5
<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek	49	2,34	2,74	1,54	6,62
<i>Ilex dumosa</i> Reissek	15	0,72	0,84	0,67	2,23
<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.	32	1,53	1,82	0,44	3,79
<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	3	0,14	0,21	0,03	0,38
<i>Inga barbata</i> Benth.	1	0,05	0,07	0,01	0,12
<i>Inga ferrugineo</i> Mart.	12	0,57	0,7	0,16	1,44
<i>Inga lenticellata</i> Benth.	1	0,05	0,07	0,01	0,13

Continua anexo II...

Espécies	N	Dr	Fr	DoR	VI
<i>Inga schinifolia</i> Benth.	2	0,1	0,14	0,02	0,25
<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	1	0,05	0,07	0,03	0,15
<i>Inga</i> sp.	6	0,29	0,28	0,13	0,7
<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	4	0,19	0,28	0,14	0,61
<i>Laplacea fruticosa</i> (Schrad.) Kobuski	16	0,76	1,12	0,52	2,41
<i>Licania hoehnei</i> Pilg.	61	2,92	2,67	2,07	7,65
<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	44	2,1	1,89	3,03	7,03
<i>Marlierea racemosa</i> (Vell.) Kiaersk.	19	0,91	1,26	1,66	3,83
<i>Marlierea silvatica</i> (O.Berg) Kiaersk.	3	0,14	0,21	0,17	0,53
<i>Marlierea tomentosa</i> Cambess.	15	0,72	0,91	0,57	2,2
<i>Matayba intermedia</i> Radlk.	7	0,33	0,49	0,22	1,05
<i>Matayba obovata</i> R. Coelho, Souza & Ferrucci	14	0,67	0,91	0,19	1,77
<i>Meliosma sellowii</i> Urb.	30	1,43	1,4	0,8	3,64
<i>Miconia cabucu</i> Hoehne	2	0,1	0,14	0,01	0,25
<i>Miconia chartacea</i> Triana	5	0,24	0,28	0,05	0,57
<i>Miconia</i> sp.1	1	0,05	0,07	0	0,12
<i>Miconia tristis</i> Spring	2	0,1	0,14	0,02	0,26
<i>Mollinedia</i> sp. 1	12	0,57	0,49	0,48	1,54
<i>Mollinedia argyrogyna</i> Perkins	2	0,1	0,14	0,22	0,46
<i>Mollinedia boracensis</i> Peixoto	47	2,25	2,25	1,78	6,27
<i>Mollinedia oligantha</i> Perkins	40	1,91	2,25	1,26	5,41
<i>Mollinedia schottiana</i> (Spreng.) Perkins	8	0,38	0,49	0,12	1
<i>Mollinedia</i> sp. 1	2	0,1	0,14	0,05	0,28
<i>Myrceugenia myrcioides</i> (Cambess.) O.Berg	6	0,29	0,35	0,08	0,71
<i>Myrceugenia ovalifolia</i>	1	0,05	0,07	0,02	0,14
<i>Myrcia dichrophylla</i> D.Legrand	2	0,1	0,14	0,04	0,27
Myrtaceae sp.1	1	0,05	0,07	0,03	0,14
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	3	0,14	0,21	0,12	0,47
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	16	0,76	0,98	0,26	2
<i>Myrciaria delicatula</i> (DC.) O.Berg	3	0,14	0,14	0,04	0,33
<i>Myrciaria floribunda</i> (H.West ex Willd.) O.Berg	7	0,33	0,35	0,11	0,79
<i>Myrciaria tenella</i> (DC.) O.Berg	3	0,14	0,21	0,04	0,39
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	1	0,05	0,07	0,05	0,17
<i>Myrsine gardneriana</i> A.DC.	1	0,05	0,07	0,01	0,12
<i>Myrsine lancifolia</i> Mart.	7	0,33	0,49	0,78	1,6
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	1	0,05	0,07	0,06	0,18
Myrtaceae sp.2	2	0,1	0,07	0,06	0,23
Myrtaceae sp.3	1	0,05	0,07	0,01	0,12
<i>Nectandra nitidula</i> Nees	4	0,19	0,21	0,08	0,48
<i>Neomitranthes glomerata</i> (D.Legrand) D.Legrand	76	3,63	3,37	2,4	9,4
<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees & Mart.) Mez	81	3,87	3,3	4,46	11,6
<i>Ocotea bicolor</i> Vattimo-Gil	53	2,53	2,81	1,26	6,6
<i>Ocotea catharinensis</i> Mez	10	0,48	0,7	1,01	2,19
<i>Ocotea daphnifolia</i> (Meisn.) Mez	30	1,43	1,33	0,4	3,17
<i>Ocotea dispersa</i> (Nees & Mart.) Mez	2	0,1	0,14	0,02	0,25
<i>Ocotea divaricata</i> (Nees) Mez	2	0,1	0,07	0,03	0,19
<i>Ocotea elegans</i> Mez	58	2,77	2,67	3,17	8,61
<i>Ocotea glaziovii</i> Mez	19	0,91	1,05	0,74	2,7
<i>Ocotea lancifolia</i> (Schott) Mez	29	1,39	1,68	1,36	4,43
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	12	0,57	0,56	0,49	1,62
<i>Ocotea pulchra</i> Vattimo-Gil	16	0,76	1,12	0,46	2,35
<i>Ocotea silvestris</i> Vattimo-Gil	1	0,05	0,07	0,02	0,14

Continua anexo II...

<b>Espécies</b>	<b>N</b>	<b>Dr</b>	<b>Fr</b>	<b>DoR</b>	<b>VI</b>
<i>Ocotea</i> sp.1	9	0,43	0,56	0,16	1,15
<i>Ocotea teleiandra</i> (Meisn.) Mez	2	0,1	0,14	0,02	0,25
<i>Ouratea multiflora</i> (Pohl) Engl.	3	0,14	0,21	0,01	0,36
<i>Ouratea parviflora</i> (A.DC.) Baill.	4	0,19	0,28	0,02	0,49
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	2	0,1	0,14	0,11	0,35
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i> (Gomes) Landrum	12	0,57	0,7	0,56	1,84
<i>Plinia rivularis</i> (Cambess.) Rotman	24	1,15	1,4	0,33	2,88
<i>Podocarpus sellowii</i> Klotzsch ex Endl.	1	0,05	0,07	0,02	0,14
<i>Posoqueria acutifolia</i> Mart.	6	0,29	0,35	0,08	0,71
<i>Pouteria psammophila</i> (Mart.) Radlk.	14	0,67	0,77	1,53	2,97
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	8	0,38	0,42	0,14	0,95
<i>Psychotria</i> sp.1	4	0,19	0,28	0,18	0,65
<i>Psychotria suterella</i> M • Il.Arg.	2	0,1	0,14	0,01	0,25
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	49	2,34	2,32	1,27	5,92
<i>Qualea glaziovii</i> Warm.	1	0,05	0,07	0,06	0,18
<i>Quiina glazovii</i> Engl	12	0,57	0,84	0,19	1,6
<i>Rhodostemonodaphne macrocalyx</i> (Meisn.) Rohwer ex Madrin	1	0,05	0,07	0,02	0,14
<i>Roupala montana</i> Aubl.	6	0,29	0,35	0,06	0,7
Rubiaceae sp.1	3	0,14	0,21	0,02	0,37
Rubiaceae sp.2	1	0,05	0,07	0,01	0,13
<i>Schefflera angustissima</i> (Marchal) Frodin	9	0,43	0,63	0,63	1,7
<i>Schefflera calva</i> (Cham.) Frodin & Fiaschi	7	0,33	0,49	0,19	1,02
<i>Sloanea hirsuta</i> (Schott) Planch. ex Benth.	9	0,43	0,56	0,74	1,73
<i>Solanum rufescens</i> Dunal	17	0,81	0,56	0,62	2
<i>Symplocos celastrinea</i> Mart.	5	0,24	0,35	0,1	0,69
<i>Tetrorchidium parvulum</i> M • Il. Arg.	13	0,62	0,84	0,16	1,63
<i>Tibouchina arborea</i> (Gardner) Cogn.	7	0,33	0,49	0,73	1,55
<i>Tibouchina</i> sp.	1	0,05	0,07	0	0,12
<i>Trichilia elegans</i> A.Juss.	3	0,14	0,21	0,23	0,58
<i>Vochysia</i> sp.1	4	0,19	0,28	0,52	0,99
<i>Weinmannia paulliniifolia</i> Pohl ex Ser.	1	0,05	0,07	0,08	0,19
<i>Weinmannia pinnata</i> L.	28	1,34	1,33	1,93	4,61
<i>Xylopia emarginata</i> Mart.	1	0,05	0,07	0,09	0,21

**Anexo III** - Listagem Florística com respectivas abundâncias das espécies para dois trechos (600 e 1.100 m de altitude) de Floresta Pluvial Atlântica. Destacado em cinza espécies comum às duas altitudes.

<b>Familia</b>	<b>Espécies</b>	<b>600</b>	<b>1.100</b>
Annonaceae	<i>Annona neosericea</i> H.Rainer	2	1
	<i>Annona sericea</i> Dunal	4	0
	<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil.	2	4
	<i>Xylopia emarginata</i> Mart.	0	1
Aquifoliaceae	<i>Ilex brevicuspis</i> Reissek	0	49
	<i>Ilex dumosa</i> Reissek	0	15
	<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.	1	32
	<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	0	3
Araliaceae	<i>Schefflera angustissima</i> (Marchal) Frodin	1	9
	<i>Schefflera calva</i> (Cham.) Frodin & Fiaschi	1	7
Arecaceae	<i>Euterpe edulis</i> Mart.	99	11
	<i>Astrocaryum aculeatissimum</i> (Schott) Burret	3	0
	<i>Bactris setosa</i> Mart.	3	0
	<i>Syagrus pseudococos</i> (Raddi) Glassman	13	0
Asteraceae	<i>Vernonia puberula</i> Less.	17	0
Boraginaceae	<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	5	0
	<i>Cordia silvestris</i> Fresen.	7	4
	<i>Cordia taguahyensis</i> Vell.	4	0
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	1	0
Cardiopteridaceae	<i>Citronella paniculata</i> (Mart.) R.A.Howard	41	0
Celastraceae	<i>Maytenus gonoclada</i> Mart.	2	0
Chrysobalanaceae	<i>Licania hoehnei</i> Pilg.	4	61
	<i>Couepia venosa</i> Prance	3	14
Clethraceae	<i>Clethra scabra</i> Pers.	0	6
Clusiaceae	<i>Clusia criuva</i> subsp. <i>parviflora</i> Vesque	0	4
	<i>Clusia lanceolata</i> Cambess.	1	0
Combretaceae	<i>Terminalia januariensis</i> DC.	14	0
Connaraceae	<i>Connarus regnellii</i> G.Schellenb.	0	10
Cunoniaceae	<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	1	4
	<i>Weinmannia paulliniifolia</i> Pohl ex Ser.	0	1
	<i>Weinmannia pinnata</i> L.	0	28
Cyatheaceae	<i>Alsophila setosa</i> Kaulf	1	13
	<i>Alsophila sternbergii</i> (Sternb.) D.S.Conant	11	0
	<i>Cyathea dichromatolepis</i> (F,e) Domin	0	14
	<i>Cyathea phalerata</i> Mart.	10	117
Elaeocarpaceae	<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	5	0
	<i>Sloanea hirsuta</i> (Schott) Planch. ex Benth.	0	9
Ephorbiaceae	<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll.Arg.	0	15
	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	7	0
	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) M • Il.Arg.	16	17
	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	11	0

Continua anexo III

<b>Familia</b>	<b>Espécies</b>	<b>600</b>	<b>1.100</b>
Fabaceae	<i>Tetrorchidium parvulum</i> Müll. Arg.	0	13
	<i>Tetrorchidium rubrivenium</i> Poepp.	1	0
	<i>Andira fraxinifolia</i> Benth.	1	0
	<i>Copaifera trapezifolia</i> Hayne	1	0
	<i>Dahlstedtia pinnata</i> (Benth.) Malme	6	0
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	1	0
	<i>Inga barbata</i> Benth.	0	1
	<i>Inga capitata</i> Desv.	17	0
	<i>Inga edulis</i> Mart.	1	0
	<i>Inga ferrugineo</i> Mart.	0	1
	<i>Inga lenticellata</i> Benth.	0	2
	<i>Inga marginata</i> Willd.	7	0
	<i>Inga schinifolia</i> Benth.	2	12
	<i>Inga sessilis</i> (Vell.) Mart.	0	1
	<i>Inga</i> sp.	0	6
	<i>Machaerium brasiliense</i> Vogel	0	44
	<i>Swartzia oblata</i> R.S.Cowan	1	0
	<i>Zollernia ilicifolia</i> (Brongn.) Vogel	3	0
	Fabaceae sp.1	1	0
Lamiaceae	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	10	0
Lauraceae	<i>Aiouea saligna</i> Meisn.	0	7
	<i>Aniba firmula</i> (Nees & Mart.) Mez	0	15
	<i>Aniba viridis</i> Mez	0	10
	<i>Cinnamomum glaziovii</i> (Mez) Kosterm.	2	0
	<i>Cinnamomum montanum</i> (Sw.) Bercht. & J.Presl.	0	5
	<i>Cryptocarya botelhensis</i> P.L.R.Moraes	0	112
	<i>Nectandra nitidula</i> Nees	0	5
	<i>Cryptocarya mandioccana</i> Meisn.	4	0
	<i>Cryptocarya saligna</i> Mez	7	7
	<i>Licaria armeniaca</i> (Nees) Kosterm.	1	0
	<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.	2	0
	<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees & Mart.) Mez	0	81
	<i>Ocotea bicolor</i> Vattimo-Gil	0	53
	<i>Ocotea brachybotrya</i> (Meisn.) Mez	2	0
	<i>Ocotea catharinensis</i> Mez	0	10
	<i>Ocotea daphnifolia</i> (Meisn.) Mez	2	30
	<i>Ocotea dispersa</i> (Nees & Mart.) Mez	20	2
	<i>Ocotea divaricata</i> (Nees) Mez	2	2
	<i>Ocotea elegans</i> Mez	0	58

		Continua anexo I II	
Familia	Espécies	600	1.100
	<i>Ocotea glaziovii</i> Mez	1	19
	<i>Ocotea lancifolia</i> (Schott) Mez	0	29
	<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	0	12
	<i>Ocotea pulchra</i> Vattimo-Gil	0	16
	<i>Ocotea silvestris</i> Vattimo-Gil	0	1
	<i>Ocotea teleiandra</i> (Meisn.) Mez	1	2
	<i>Rhodostemonodaphne macrocalyx</i> (Meisn.) Rohwer ex Madrin	0	1
	<i>Ocotea</i> sp.1	0	9
Magnoliaceae	<i>Magnolia ovata</i> (A.St.-Hil.) Spreng.	1	0
Malphigiaceae	<i>Byrsonima</i> sp.	0	5
Malvaceae	<i>Eriotheca pentaphylla</i> (Vell. & K.Schum.) A.Robyns	1	0
Melastomataceae	<i>Meriania calyptrata</i> (Naudin) Triana	148	0
	<i>Miconia cabucu</i> Hoehne	0	2
	<i>Miconia chartacea</i> Triana	0	5
	<i>Miconia tristis</i> Spring	1	2
	<i>Mouriri chamissoana</i> Cogn.	2	0
	<i>Tibouchina arborea</i> (Gardner) Cogn.	0	7
	<i>Tibouchina</i> sp.	0	1
	<i>Miconia</i> sp. 1	26	0
	<i>Miconia</i> sp. 2	0	1
Meliaceae	<i>Cabrarea canjerana</i> (Vell.) Mart.	10	50
	<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	6	0
	<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.	2	0
	<i>Trichilia elegans</i> A.Juss.	2	3
Monimiaceae	<i>Macrotorus utriculatus</i> (Mart.) Perkins	2	0
	<i>Mollinedia argyrogyna</i> Perkins	1	2
	<i>Mollinedia boracensis</i> Peixoto	0	47
	<i>Mollinedia engleriana</i> Perkins	1	0
	<i>Mollinedia glabra</i> (Spreng.) Perkins	1	0
	<i>Mollinedia oligantha</i> Perkins	0	40
	<i>Mollinedia schottiana</i> (Spreng.) Perkins	60	8
	<i>Mollinedia uleana</i> Perkins	1	0
	<i>Mollinedia</i> sp. 1	0	12
	<i>Mollinedia</i> sp. 2	0	2
	<i>Garcinia gardneriana</i> (Planch. & Triana) Zappi	3	0
Myristicaceae	<i>Virola bicuhyba</i> (Schott ex Spreng.) Warb.	5	0
Myrtaceae	<i>Calyptranthes fusiformis</i> M.L.Kawas.	1	0
	<i>Calyptranthes rufa</i> O.Berg	7	3
	<i>Calyptranthes</i> sp.1	0	1
	<i>Calyptranthes strigipes</i> O.Berg	1	7

Familia	Espécies	Continua anexo III	
		600	1.100
	<i>Campomanesia laurifolia</i> Gardner	1	0
	<i>Campomanesia</i> sp.1	0	1
	<i>Eugenia acutata</i> Miq.	1	0
	<i>Eugenia batingabranca</i> Sobral	2	0
	<i>Eugenia beaurepairiana</i> (Kiaersk.) D.Legrand	3	0
	<i>Eugenia brevistyla</i> D.Legrand	11	0
	<i>Eugenia brunneiopubescens</i>	0	1
	<i>Eugenia burkartiana</i> (D.Legrand) D.Legrand	5	0
	<i>Eugenia cereja</i> D.Legrand	1	8
	<i>Eugenia involucrata</i> DC.	1	17
	<i>Eugenia monosperma</i> Vell.	7	0
	<i>Eugenia multicostata</i> D.Legrand	1	0
	<i>Eugenia oblongata</i> O.Berg	3	7
	<i>Eugenia plicata</i> Nied.	1	0
	<i>Eugenia prasina</i> O.Berg	3	23
	<i>Eugenia subavenia</i> O.Berg	12	0
	<i>Eugenia supraaxillaris</i> Spring	2	0
	<i>Eugenia verticillata</i> (Vell.) Angely	2	0
	<i>Eugenia</i> sp.1	0	34
	<i>Eugenia</i> sp.2	0	3
	<i>Gomidesia</i> sp.1	0	2
	<i>Marlierea excoriata</i> Mart.	2	0
	<i>Marlierea glazioviana</i> Kiaersk.	3	0
	<i>Marlierea racemosa</i> (Vell.) Kiaersk.	8	19
	<i>Marlierea silvatica</i> (O.Berg) Kiaersk.	4	3
	<i>Marlierea tomentosa</i> Cambess.	36	15
	<i>Myrceugenia campestris</i> (DC.) D.Legrand & Kausel	1	0
	<i>Myrceugenia myrcioides</i> (Cambess.) O.Berg	15	6
	<i>Myrceugenia ovalifolia</i>	0	1
	<i>Myrcia dichrophylla</i> D.Legrand	0	2
	<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	0	4
	<i>Myrcia neoblanchetiana</i> E.Lucas & Sobral	3	0
	<i>Myrcia pubipetala</i> Miq.	4	0
	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	0	16
	<i>Myrciaria delicatula</i> (DC.) O.Berg	0	3
	<i>Myrciaria floribunda</i> (H.West ex Willd.) O.Berg	7	7
	<i>Myrciaria tenella</i> (DC.) O.Berg	0	3
	<i>Neomitranthes glomerata</i> (D.Legrand) D.Legrand	14	76
	<i>Neomitranthes</i> sp.2	3	0
	<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i> (Gomes) Landrum	0	12
	<i>Plinia rivularis</i> (Cambess.) Rotman	1	24
	Myrtaceae sp.1	1	0
	Myrtaceae sp.2	1	0

Continua anexo III

<b>Familia</b>	<b>Espécies</b>	<b>600</b>	<b>1.100</b>
Nictagynaceae	<i>Guapira nitida</i> (Mart. ex J.A.Schmidt) Lundell	8	0
	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	23	207
	<i>Guapira venosa</i> (Choisy) Lundell	9	0
Ochnaceae	<i>Quiina glazovii</i> Engl	0	12
	<i>Ouratea multiflora</i> (Pohl) Engl.	0	3
	<i>Ouratea parviflora</i> (A.DC.) Baill.	42	4
	Ochnaceae sp.1	1	0
Oleaceae	<i>Chionanthus crassifolius</i> (Mart.) P.S.Green	3	0
Olacaceae	<i>Heisteria silvianii</i> Schwacke	2	0
	<i>Tetrastylidium grandifolium</i> (Baill.) Sleumer	1	0
Peraceae	<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	0	2
Phyllanthaceae	<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemão	15	0
Podocarpaceae	<i>Podocarpus sellowii</i> Klotzsch ex Endl.	0	1
Polygonaceae	<i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisn.	18	0
Primulaceae	<i>Cybianthus brasiliensis</i> (Mez) G.Agostini	0	1
	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	0	1
	<i>Myrsine gardneriana</i> A.DC.	0	1
	<i>Myrsine lancifolia</i> Mart.	0	7
	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	0	1
	<i>Stylogyne lhotzkyana</i> (A.DC.) Mez	32	0
	Proteaceae	<i>Euplassa incana</i> (Klotzsch) I.M.Johnst.	0
<i>Roupala montana</i> Aubl.		0	6
Quiinaceae	<i>Quiina glazovii</i> Engl	0	12
Rosaceae	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	0	8
Rubiaceae	<i>Amaioua intermedia</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	0	40
	<i>Bathysa australis</i> (A.St.-Hil.) K.Schum.	58	1
	<i>Bathysa mendoncae</i> K.Schum	5	0
	<i>Coussarea accedens</i> Müll. Arg.	156	0
	<i>Coussarea meridionalis</i> (Vell.) M • Il.Arg.	56	0
	<i>Posoqueria acutifolia</i> Mart.	0	6
	<i>Posoqueria latifolia</i> (Rudge) Schult.	4	0
	<i>Psychotria nuda</i> (Cham. & Schltld.) Wawra	36	0
	<i>Psychotria pubigera</i> Schltld.	2	0
	<i>Psychotria suterella</i> M • Il.Arg.	0	2
	<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	0	49
	<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	3	0
	<i>Rudgea jasminoides</i> (Cham.) Müll.Arg.	10	0
	<i>Rudgea vellerea</i> Müll.Arg.	7	0
	<i>Rustia formosa</i> (Cham. & Schltld.) Klotzsch	7	0
	<i>Randia</i> sp. 1	2	0
	<i>Psychotria</i> sp.1	0	4
	<i>Psychotria</i> sp. 2	1	0
	Rubiaceae sp.1	0	3
	Rubiaceae sp.2	0	1

Continua anexo III

<b>Familia</b>	<b>Espécies</b>	<b>600</b>	<b>1.100</b>
Rubiaceae	Rubiaceae sp.3	1	0
Sabiaceae	<i>Meliosma sellowii</i> Urb.	2	30
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	15	0
Sapindaceae	<i>Allophylus petiolulatus</i> Radlk.	3	0
	<i>Cupania furfuracea</i> Radlk.	6	0
	<i>Cupania oblongifolia</i> Mart.	42	0
	<i>Matayba intermedia</i> Radlk.	0	7
	<i>Matayba obovata</i> R. Coelho, Souza & Ferrucci	0	14
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum flexuosum</i> Mart.	2	0
	<i>Chrysophyllum viride</i> Mart. & Eichler	12	92
	<i>Pouteria caimito</i> (Ruiz & Pav.) Radlk.	2	0
	<i>Pouteria psammophila</i> (Mart.) Radlk.	2	14
	<i>Pouteria venosa</i> (Mart.) Baehni	8	0
Siparunaceae	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	1	0
Solanaceae	<i>Acnistus arborescens</i> (L.) Schltldl.	6	0
	<i>Capsicum</i> sp.	6	0
	<i>Solanum rufescens</i> Dunal	8	17
Symplocaceae	<i>Symplocos celastrinea</i> Mart.	0	5
Theaceae	<i>Laplacea fructicosa</i> (Schrad.) Kobuski	0	16
Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis schwackeana</i> Taub.	31	5
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Tréc	1	0
	<i>Boehmeria caudata</i> Sw.	1	0
	<i>Cecropia glaziovii</i> Sneathl.	17	0
	<i>Coussapoa microcarpa</i> (Schott) Rizzini	6	0
Vochyseaceae	<i>Qualea glaziovii</i> Warm.	0	1
	<i>Vochysia</i> sp.1	0	4
Winteraceae	<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	0	22
Indeterteminada1	Indet. 1	1	0
Indeterteminada2	Indet. 2	3	0
Indeterteminada3	Indet. 3	1	0

**Anexo IV** - Lista de espécies e suas respectivas abundâncias distribuídas em todas as parcelas no gradiente de altitude de Floresta Pluvial Atlântica, Brasil.

<b>Espécie</b>	<b>600 m</b>	<b>800 m</b>	<b>1.000 m</b>	<b>1.100 m</b>
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	16	5	14	17
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	10	11	7	50
<i>Calyptranthes strigipes</i> O.Berg	1	6	6	5
<i>Chrysophyllum viride</i> Mart. & Eichler	12	2	23	92
<i>Couepia venosa</i> Prance	3	5	21	14
<i>Cryptocarya saligna</i> Mez	7	6	14	7
<i>Eugenia oblongata</i> O.Berg	3	4	4	7
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	99	100	423	11
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	23	53	34	207
<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil.	2	1	9	4
<i>Licania hoehnei</i> Pilg.	4	4	47	61
<i>Marlierea racemosa</i> (Vell.) Kiaersk.	8	5	3	19
<i>Marlierea tomentosa</i> Cambess.	36	9	3	15
<i>Mollinedia argyrogyna</i> Perkins	1	26	4	2
<i>Mollinedia schottiana</i> (Spreng.) Perkins	60	18	41	8
<i>Myrceugenia myrcioides</i> (Cambess.) O.Berg	15	4	9	6
<i>Ocotea dispersa</i> (Nees & Mart.) Mez	20	11	27	2
<i>Ocotea teleiandra</i> (Meisn.) Mez	1	4	5	2
<i>Schefflera calva</i> (Cham.) Frodin & Fiaschi	1	2	6	7
<i>Solanum rufescens</i> Dunal	8	9	2	17