

VITOR DE ANDRADE KAMIMURA

**Estrutura e diversidade da família Lauraceae na Mata Atlântica do
Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, Brasil**

Dissertação 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 Mestre em
Ciências Biológicas (Biologia Vegetal).

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio de Assis

Co-orientador: Prof. Dr. Pedro Luís Rodrigues de Moraes

Rio Claro

2014

581.5 Kamimura, Vitor de Andrade
K15e Estrutura e diversidade da família Lauraceae na Mata Atlântica do Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, Brasil / Vitor de Andrade Kamimura. - Rio Claro, 2014
95 f. : il., figs., gráfs., tabs., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Marco Antonio de Assis
Coorientador: Pedro Luís Rodrigues de Moraes

1. Ecologia vegetal. 2. Gradiente altitudinal. 3. Padrões vegetacionais. 4. Florística. 5. Análises multivariadas. 6. Floresta ombrófila densa. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP



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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Estrutura e diversidade da família Lauraceae na Mata Atlântica do Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, Brasil

AUTOR: VITOR DE ANDRADE KAMIMURA

ORIENTADOR: Prof. Dr. MARCO ANTONIO DE ASSIS

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. PEDRO LUIS RODRIGUES DE MORAES

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

Prof. Dr. MARCO ANTONIO DE ASSIS
Departamento de Botânica / Instituto de Biociências de Rio Claro

Profa. Dra. LUCIANA FERREIRA ALVES
Instituto Agrônomo de Campinas, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Recursos Genéticos Vegetais, Unicamp, Campinas/SP

Prof. Dr. FERNANDO ROBERTO MARTINS
Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP

Data da realização: 21 de março de 2014.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que tornaram possível a realização deste trabalho.

Ao professor Marco Antonio de Assis, que aceitou o desafio de orientar, desde 2008, este aluno ansioso e confuso. Agradeço a fabulosa oportunidade que me ofereceu de conhecer a Mata Atlântica, e a sua amizade e confiança ao longo destes anos de trabalho.

Ao professor Pedro L. R. de Moraes por tornar a co-orientação uma nova experiência de orientação, e conseguir me fazer compreender um pouco da taxonomia.

A todos os colegas do projeto Temático BIOTA Gradiente-funcional e seu coordenador, professor Carlos A. Joly, por me cederem à oportunidade de trabalhar com um banco de dados, inigualável, da Floresta mais exuberante que já percorri, e por toda a ajuda nos herbários que visitei.

Ao Departamento de Botânica, pela estrutura oferecida e aos funcionários que sempre foram solícitos e dispostos a me auxiliar, especialmente, a professora Alessandra Fidelis por me apresentar e orientar no campo da estatística, que um dia irei compreender. A FAPESP pela bolsa de mestrado e auxílio financeiro concedido, essenciais para o desenvolvimento deste estudo. Ao programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal) e Instituto Florestal, por todo o suporte concedido para o desenvolvimento deste projeto.

A todos os colegas de campo, Rodrigo, Mió, Matheus (Branca), Carol (Tortuga), Cinthia, Ana Claudia, Iza e Renatão, e aos amigos da Pós-graduação, em especial ao Leo, Diogo, Mangá e Gabriel.

À minha família, em particular aos meus pais e minha irmã, que criaram um alicerce para eu pudesse chegar até aqui. A meu avô e tio-avô que são fontes de inspiração. Aos meus amigos paulistanos do coração, Maurer, Cabeça, Chapla, Giba, Vilas, Sotir, Dirça, Mitri, Gui, Briza, Mari, Lau, Bru e Mandoca, que sabem que mesmo estando longe e ausente, sempre carrego vocês comigo.

A minha segunda família, que não compartilha laços sanguíneos, mas que é um porto-seguro para esta pessoa cheia de dúvidas. São apenas riscos nos papéis, mas ficam os mais sinceros agradecimentos a vocês: Mudinho, um irmão que surgiu da terra da laranja e sempre esteve ao meu lado. Porpz, que com toda sua calma e conhecimento me tornou uma pessoa muito mais sábia. Play, aquele que sempre tem algo para me ensinar,

em qualquer situação e ocasião. Tcherbi, que possui uma alegria inexplicável, capaz de tirar um sorriso, de qualquer um, em qualquer momento. Azeitona, que consegue depositar paixão e amor em tudo e em todos, um equilíbrio para pessoas muito “racionais” como eu. Bacon, que apareceu neste último ano e em um espaço curto de tempo se tornou um grande irmão. Leão, sempre agitando esta família que precisa de um catalisador. Aos outros irmãos que estão distantes, apenas, geograficamente: Couch, Tabu, Cogu, Atum, Pereira, Cumbuca, Fi e Pederneiras, fundamentais na minha vida e na minha construção como um ser crítico e cultural. A toda fauna e flora desta família, Palinha, Mike, Retalho, Tiriça, e outros.

A todos os amigos Unespianos, que sempre me alegraram e estiveram nos momentos mais marcantes desta minha passagem, até aqui, por Rio Claro. Em especial, aos moradores da Tijuana, Fire-house e Vila, e a Pedó, Naty e Carolinas (Jiló, Serelepe, e Potas).

Por fim, agradeço a oportunidade de experimentar este ambiente de pesquisa e amizade que tenho vivido ao longo dos últimos sete anos da minha vida. Espero poder agradecer de uma forma mais verdadeira a todos e a “tudo” durante minha vida.

“As utopias são, muitas vezes, verdades prematuras”.

Alphonse de Lamartine

RESUMO GERAL

A composição florística e a estrutura fitossociológica da família Lauraceae foram analisadas ao longo de um gradiente de altitude (10 a 1.093m) na Floresta Pluvial Atlântica. Buscamos responder como a variação altitudinal influencia os padrões vegetacionais (diversidade e estrutura) de Lauraceae, e como a família contribui na riqueza e estruturação da comunidade arbórea como um todo. Para tanto, compilamos os dados de 15 levantamentos florísticos-fitossociológicos (um hectare cada), realizados em diferentes cotas altitudinais na Floresta Pluvial Atlântica (Floresta Ombrófila Densa) numa zona costeira do sudeste brasileiro, em que foram amostrados todos os indivíduos arbóreos com PAP ≥ 15 centímetros. Especificamente, foi realizada uma revisão, em campo e herbários, dos espécimes coletados de Lauraceae. Consideramos as variações da altitude média e do desnível de cada parcela, como variáveis preditoras para os efeitos da altitude em nossas análises. O levantamento compreendeu 22.895 indivíduos arbóreos vivos no total, distribuídos em 859 espécies de 70 famílias, onde Lauraceae contribuiu com 4,3% da abundância e apresentou a quarta maior riqueza de espécies (6,4% do total). Encontramos as maiores diversidades de Lauraceae para as áreas mais altas, e uma explícita relação ($p < 0,05$) entre o aumento da altitude com o aumento no número de indivíduos e espécies da família. Verificamos uma substituição da família Fabaceae por Lauraceae no gradiente estudado e um padrão uniforme de distribuição espacial dos indivíduos da família estudada, que se alterou apenas nas parcelas com grande amplitude de elevação (> 50 m), despontando uma tendência para uma distribuição aleatória nestas áreas. Para as duas categorias (Lauraceae e comunidade arbórea) houve aumento na altura média dos indivíduos com o incremento da altitude ao longo do gradiente estudado ($p < 0,05$). Mas, para a área basal total, Lauraceae apresentou os maiores valores nas áreas acima dos 1.000m, enquanto que a comunidade arbórea revelou os maiores valores nas áreas de média elevação. Considerando a similaridade florística, como critério de agrupamento das áreas, encontramos diferentes arranjos entre as parcelas para cada categoria avaliada. Por fim, verificamos que o padrão de distribuição (abundância, riqueza e diversidade) da família Lauraceae difere completamente daquele encontrado para a comunidade. A diversidade da comunidade foi maior em áreas de média elevação, enquanto Lauraceae apresentou as maiores diversidades em áreas do topo da serra. Assim, as diferenças encontradas entre as categorias analisadas (família e comunidade), apoiam a ideia que diferentes espécies e famílias podem responder de formas distintas às variações bióticas e abióticas encontradas ao longo de gradientes ambientais.

Palavras-chave: Gradiente altitudinal, Padrões vegetacionais, Diversidade, Composição florística, Análises multivariadas, Floresta Ombrófila Densa.

ABSTRACT

The floristic and structural compositions of Lauraceae were analyzed along a gradient of altitude (10 to 1.093m) in the Atlantic Forest. We aimed to respond how the altitudinal variations influence the vegetation patterns (diversity and structure) of Lauraceae, and how this family contributes to the richness and composition of the tree community as a whole. For this, we compiled data from 15 floristic surveys (1-ha plots), carried at different altitudes in the Atlantic Rainforest of southeastern of Brazil. The surveys included all trees with dbh ≥ 4.8 cm, followed by a review of the collected specimens of Lauraceae. In analyzes, we considered two topographical variables for altitudinal effects, average elevation and elevational range of each plot. We registered a total of 22.895 live trees, 859 species and 70 families. Lauraceae contributed 4.3% of the total individuals, and showed the fourth highest species richness in the area (6.4% of total species). We found the highest diversity of Lauraceae in the mountaintop region, and a positive correlation was found for the variation in number of individuals and family's species with the increment of altitude, supported by models of significant regressions ($p < 0.05$). In the gradient studied, we found a substitution of Fabaceae family by Lauraceae, and the family presented uniform spatial distribution pattern, which was different only in areas with high elevational range (> 50 m), with a tendency to random distribution in these areas. To both categories (family and community), the mean height varied positively along the gradient studied for both Lauraceae and the tree community. However, for total basal area, Lauraceae revealed the highest values in areas above 1.000 m, while the tree community showed the highest values in areas of medium elevation. Considering the floristic similarity as a criterion for grouping of areas, there are different arrays among plots for each category assessed. We found that Lauraceae's distribution pattern (abundance and diversity) is completely different from the community, Lauraceae showed the highest diversity in mountain-top areas, while the community diversity was higher in areas of medium elevation. Thus, the differences found between vegetation patterns of the studied family and the local tree community supports the idea that different families and species can respond differently to biotic and abiotic variations along environmental gradients.

Keywords: Altitudinal gradient. Vegetation patterns. Diversity. Floristic comp
Multivariate analyzes. Atlantic Rainforest.

SUMÁRIO

	Página
1. APRESENTAÇÃO.....	11
CAPÍTULO I. GRADIENTE ALTITUDINAL E PADRÕES FLORÍSTICOS DE LAURACEAE NA FLORESTA PLUVIAL ATLÂNTICA.....	12
2.1 INTRODUÇÃO.....	15
2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
2.2.1 <i>Área de estudo</i>	17
2.2.2 <i>Levantamento florístico e revisão dos espécimes</i>	18
2.2.3 <i>Compilação dos dados e preparação das matrizes</i>	19
2.2.4 <i>Análises dos dados e dos padrões florísticos da família Lauraceae</i>	21
2.3 RESULTADOS	22
2.3.1 <i>Heterogeneidade florística</i>	22
2.3.2 <i>Padrões florísticos ao longo de um gradiente altitudinal</i>	31
2.4 DISCUSSÃO.....	33
2.4.1 <i>Heterogeneidade florística</i>	33
2.4.2 <i>Padrões florísticos ao longo de um gradiente altitudinal</i>	36
2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
CAPÍTULO II. A DISTRIBUIÇÃO DE LAURACEAE NA COMUNIDADE ARBÓREA AO LONGO DE UM GRADIENTE ALTITUDINAL NA FLORESTA PLUVIAL ATLÂNTICA: ESTRUTURA E DIVERSIDADE	49
3.1 INTRODUÇÃO.....	52
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	53
3.2.1 <i>Área de estudo</i>	53
3.2.2 <i>Amostragem e compilação dos dados</i>	54
3.2.3 <i>Composição florística e análises de distribuição espacial</i>	56
3.2.4 <i>Análises de agrupamento</i>	57
3.2.5 <i>Estrutura e padrões vegetacionais</i>	58
3.3 RESULTADOS	59
3.3.1 <i>Diversidade e distribuição espacial ao longo de um gradiente altitudinal</i>	59
3.3.2 <i>Agrupamentos e similaridades florísticas</i>	63
3.3.3 <i>Estrutura arbórea e padrões vegetacionais</i>	65
3.4 DISCUSSÃO	70

3.4.1 <i>Diversidade e distribuição espacial ao longo de um gradiente altitudinal</i>	70
3.4.2 <i>Agrupamentos e similaridades florísticas</i>	72
3.3.3 <i>Estrutura arbórea e padrões vegetacionais</i>	73
3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	76
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
5. ANEXOS	85
5.1 – <i>Análises dos resíduos dos modelos de Regressão do Capítulo I.</i>	85
5.2 – <i>Análises dos resíduos dos modelos de Regressão do Capítulo II.</i>	92

1. APRESENTAÇÃO

Os estudos acerca dos padrões florísticos e estruturais, e as relações de similaridade florísticas apresentadas pelo componente arbóreo foram alvos de diversos trabalhos na Floresta Atlântica. Entretanto, apesar de um grande volume de dados produzidos para essa vegetação, figuram poucas análises mais específicas e aprofundadas da contribuição florística e importância estrutural de suas famílias mais expressivas como Myrtaceae, Fabaceae, Rubiaceae e Lauraceae.

Deste modo, o presente estudo, inserido no contexto de um amplo projeto que visou levantar os aspectos da composição florística, estrutura e funcionamento da Floresta Atlântica dos Núcleos Picinguaba e Santa Virgínia do Parque Estadual da Serra do Mar (FAPESP/Biota 10/50811-7 e 03/12595-7), teve como objetivo principal analisar a participação da família Lauraceae quanto à composição florística e estrutura fitossociológica, na comunidade arbórea como um todo, ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do sudeste brasileiro.

Os resultados apresentados foram gerados a partir, da compilação e revisão, dos dados da composição de espécies e estrutura de quinze parcelas (15 hectares), levantadas para o componente arbóreo da Floresta Pluvial Atlântica, em diferentes cotas de altitudes, no Parque Estadual da Serra do Mar. Avaliamos o efeito da variação altitudinal sobre a riqueza, abundância de indivíduos, diversidade Alpha e Beta, e estrutura de Lauraceae. Ainda, averiguamos suas relações de similaridade florística ao longo desse gradiente altitudinal e seus padrões de distribuição espacial. Posteriormente, confrontamos os resultados da família com aqueles apresentados pela comunidade arbórea.

Esta dissertação foi dividida em dois capítulos, escritos sob a forma de manuscrito. Na primeira parte, procuramos entender como a variação altitudinal influencia a distribuição dos indivíduos e das espécies de Lauraceae na área de Floresta Pluvial Atlântica analisada. No segundo capítulo, comparamos os padrões vegetacionais (diversidade e estrutura) apresentados pela família com aqueles revelados pela comunidade arbórea, e visamos compreender as formas de contribuição de Lauraceae na diversidade e estrutura arbórea ao longo do gradiente avaliado.

CAPÍTULO I

GRADIENTE ALTITUDINAL E PADRÕES FLORÍSTICOS DE LAURACEAE NA FLORESTA PLUVIAL ATLÂNTICA

GRADIENTE ALTITUDINAL E PADRÕES FLORÍSTICOS DE LAURACEAE NA FLORESTA PLUVIAL ATLÂNTICA

RESUMO

Foram investigadas as variações da riqueza e abundância da família Lauraceae ao longo de um gradiente de altitude (10 a 1.093 m) na Floresta Pluvial Atlântica, visando responder: (1) A variação altitudinal influencia na distribuição de espécies e indivíduos de Lauraceae na Floresta Pluvial Atlântica? (2) Variáveis ambientais estão associadas à alteração da diversidade e da composição de espécies da família ao longo do gradiente estudado? O estudo partiu da compilação de dados de 15 levantamentos florístico-fitosociológicos (um hectare cada), realizados em diferentes cotas altitudinais na Floresta Pluvial Atlântica numa região costeira do sudeste brasileiro, em que foram amostrados todos os indivíduos arbóreos com PAP ≥ 15 centímetros. Seguiu-se uma revisão dos espécimes coletados da família estudada. Para verificar o efeito da variação altitudinal, consideramos as influências da altitude média e da amplitude de elevação de cada parcela levantada. Foram compilados 22.895 indivíduos arbóreos vivos no total, dos quais a família Lauraceae contribuiu com 4,3%, e apresentou 55 espécies em 12 gêneros. Encontramos correlações positivas entre o aumento de altitude e o número de indivíduos e espécies de Lauraceae, corroboradas por modelos altamente significativos de regressões ($p < 0,05$). A composição florística da família foi se alterando, gradativamente, de regiões de baixa altitude para os topos da Serra e distinguiu claramente as parcelas segundo suas elevações médias (faixas altitudinais que ocupam). As análises revelaram a altitude média de cada parcela como um fator principal para o arranjo da composição de espécies e variação da diversidade de Lauraceae. Verificamos um padrão florístico consistente ao longo do gradiente estudado, onde as áreas de maiores altitudes apresentaram as maiores diversidades e abundâncias de Lauraceae, contrariando o padrão geral da comunidade arbórea. Os resultados deste trabalho confirmaram a elevada importância da família Lauraceae na composição florística da Floresta Pluvial Atlântica, principalmente em áreas mais elevadas, e demonstraram diferenças entre os padrões florísticos apresentados pela família estudada e a comunidade arbórea local.

Palavras-chave: Composição florística, Diversidade Beta, Análises de regressão, Rarefações, Análises Multivariadas, Regra de Rapoport.

ALTITUDINAL GRADIENT AND FLORISTIC PATTERN OF LAURACEAE IN THE ATLANTIC RAINFOREST

ABSTRACT

It was evaluated variations in the richness and abundance of family Lauraceae along an altitudinal gradient (10 to 1.093 m) in the Atlantic Forest in order to answer the main questions: (1) How altitudinal variation influences specie's the distribution of Lauraceae in the Atlantic Rainforest? (2) Environmental factors are associated to the change of the diversity and species composition of the family along the gradient studied? This study was based on compilation of data from 15 floristic surveys (1-ha plot), performed at different altitudes in the Atlantic Rainforest of southeastern of Brazil. All trees with dbh ≥ 4.8 cm were sampled, followed by a review of the Lauraceae's collected specimens. To verify the effect of altitudinal variation, we consider the influences of average elevation and elevational range of each plot. We sampled 22.894 live trees, where the Lauraceae family accounted for 4.3%, and showed 55 species in 12 genera. We found positive correlations between increasing altitude and the number of individuals and species of Lauraceae, corroborated by highly significant regression models ($p < 0.05$). The Lauraceae's floristic composition has been gradually changing from lowland regions to the tops of the Sierra, and the plots were grouped according to their medium elevations (altitudinal zones occurrence). In our analyzes, the average elevations for each plot appeared as the main factor for the arrangement of Lauraceae's diversity and their species composition. A consistent floristic pattern was shown along the gradient studied, where the areas of higher altitudes showed the greatest diversities and abundances of Lauraceae, differing from the overall pattern of the tree community. Our results confirmed the high importance of the family Lauraceae in the floristic composition of the Atlantic Rainforest, mainly in mountaintop regions, as well as demonstrated a divergence between floristic patterns presented by the studied family and local tree community.

Keywords: Floristic composition. Beta diversity. Regression analysis. Rarefactions. Multivariate analyzes. Rapoport's rule.

2.1 INTRODUÇÃO

As relações entre os gradientes ambientais e a composição de espécies foram investigadas em muitos estudos, que buscaram compreender possíveis padrões de diversidade de acordo com variáveis geográficas (Gentry 1988; Stevens 1992; Liberman et al. 1996; Rohde 1996; Willig et al. 2003; Homeier et al. 2010). Dentre as principais constatações, verificou-se uma tendência de incremento de espécies com o decréscimo latitudinal, que foi amplamente relatada (e.g. Wallace 1878; Dobzhansky 1950; Pianka 1966; Jordan & Murphy 1978; Terborgh 1985) e sintetizada como a regra de Rapoport por Stevens (1989).

Efeito análogo ao descrito para a regra de Rapoport foi proposto para os gradientes altitudinais por Stevens (1992), onde o autor indica que a riqueza de espécies sofreria uma redução de áreas baixas em direção aos topos de montanhas, efeito notado em estudos anteriores sobre gradiente de altitudes (e.g. von Humboldt 1807; Holdridge et al. 1971; Gentry 1988). Entretanto, a generalização dos efeitos da altitude e latitude sobre a diversidade biológica não são amplamente aceitos, uma vez que estes podem apresentar padrões distintos para diferentes locais e grupos biológicos, principalmente em áreas neotropicais (Colwell & Hurtt 1994; Rahbeck 1995; Rohde 1999; Kessler 2000a; Hildebrand 2004).

Os padrões de variação de riqueza podem ser avaliados através de teste de modelos nulos de distribuição das espécies, conhecido por “mid-domain effect”, onde seria previsto uma maior riqueza em regiões intermediárias de gradientes ambientais, relacionando este arco-efeito, na variação do número de espécie, com a produtividade das comunidades (Evans et al. 2005) e à Teoria Metabólica da Ecologia (Brown et al. 2004).

Em florestas tropicais, os estudos indicam que as maiores riquezas de espécies estão em locais de média elevação, revelando um efeito do tipo arco na diversidade vegetal (e.g. Liberman et al. 1996; Vázquez & Givnish 1998; Kessler 2000 b; Oliveira-Filho & Fontes 2000; Kluge et al. 2006; Bendix et al. 2010; Homeier et al. 2010; Fischer et al. 2011; Chain-Guadarrama et al. 2012). Este efeito da altitude também é encontrado na comunidade arbórea da Floresta Pluvial Atlântica (e.g. Joly et al. 2012; Sanchez et al. 2013), contudo, as correlações entre os padrões vegetacionais

(diversidade e estrutura) destas comunidades e a variação altitudinal encontram-se pouco elucidadas (Einselohr et al. 2013).

A Floresta Atlântica *lato sensu*, envolvendo a Floresta Estacional Semidecidual e a Floresta Ombrófila Densa (Morellato & Haddad 2000), ocupava cerca de 150 milhões de hectares, e apresenta, atualmente, entre 11 a 16% da área que ocupava originalmente (Ribeiro et al. 2009). Segundo Stehmann et al. (2009) a Floresta Atlântica possui mais de 14.500 espécies vasculares das quais cerca de 50% são exclusivas desta província fitogeográfica, a qual está enquadrada entre os cinco “hotspots” mundiais (Myers et al. 2000).

Nesse contexto, diversos levantamentos florísticos demonstraram uma elevada importância da família Lauraceae para as florestas tropicais, principalmente na Floresta Atlântica (e.g. Bongers et al. 1988; Ivanauskas et al. 2000; Oliveira-Filho & Fontes 2000; Scudeller et al. 2001; Kessler et al. 2005; Sánchez-Gallen et al. 2010; Armstrong et al. 2011; Assis 2011; Deb et al. 2011; Gautier et al. 2012; Joly et al. 2012). Nessa província, Lauraceae têm figurado, invariavelmente, entre as cinco famílias de maior riqueza nas suas formações florestais, sobretudo naquelas situadas mais próximas à costa do Brasil, como a Floresta Ombrófila Densa (Murray-Smith et al. 2009; Alves et al. 2010; Campos et al. 2011; Ramos et al. 2011; Rochelle et al. 2011; Joly et al. 2012, Sanchez et al. 2013).

Para a família Lauraceae são descritos 50 gêneros e ca. de 2.500-3.500 espécies, com distribuição pantropical, estando bem representada nas Américas, Ásia tropical, Austrália e Madagascar (Rohwer 1993a). Segundo Quinet *et al.* (2010), em território brasileiro a distribuição da família é ampla, com ocorrência do norte ao sul do país, onde são registrados 23 gêneros (três endêmicos) e 418 espécies (211 endêmicas).

Tendo em vista a importância da família Lauraceae nas florestas tropicais e os modelos proposto de variação da diversidade em gradiente de altitude, investigamos os padrões florísticos da família na Floresta Pluvial Atlântica (Floresta Ombrófila Densa), analisando a variação de sua abundância e da composição de espécies ao longo de um gradiente de altitude (10 a 1093 m). Especificamente, visamos responder as seguintes questões: (1) A diversidade, riqueza e abundância da família diferem ao longo de um gradiente de altitude na Floresta Pluvial Atlântica? Caso isto ocorra, estas diferenças estão associadas com variáveis topográficas? (2) Ocorre uma variação na distribuição de espécies da família ao longo do gradiente analisado? Caso isto ocorra, variáveis

ambientais (precipitação, temperatura e topografia) podem determinar diferentes composições florísticas da família?

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Área de estudo

Foram analisados quinze hectares (15 parcelas) da Floresta Pluvial Atlântica, ou Floresta Ombrófila Densa (FOD - Joly et al. 1992) do sudeste brasileiro, distribuídos ao longo de um gradiente altitudinal (Fig. 2.1). Para cada parcela foi determinada uma fisionomia florestal baseada, principalmente, nas observações de campo, segundo a equipe de pesquisa (Joly et al. 2012 - tabela 2.1), e de acordo com a classificação proposta pelo IBGE (2012). As parcelas amostradas para a fisionomia de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas ficaram pouco acima da cota altitudinal proposta pelo sistema do IBGE (*sensu* Veloso et al. 2012), adaptação esta necessária para a escala de detalhamento empregada.

As parcelas estão alocadas nas Unidades de Conservação, Núcleos de conservação Picinguaba (23°31' a 23°34' S e 45°02' a 45°05' W) e Santa Virgínia (23°17' a 23°24' S e 45°03' a 45°11' W), do Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo Brasil. Cada hectare foi denominado com uma letra de A até Q (não se utilizou o O), e envolveu uma área de 100x100 m (um hectare) divididos em 100 subparcelas contíguas de 10x10 m. Apenas as parcelas “P” e “Q” estão distribuídas em quatro amostras de 50x50 m, também compostas por subparcelas de 10x10 m. Ainda, de acordo com moradores locais, há 40 anos a área “F” sofreu um processo de corte seletivo de madeira, onde foram suprimidos, especialmente, os indivíduos de *Hyeronima alchorneoides* Allemão (Ramos et al. 2011).

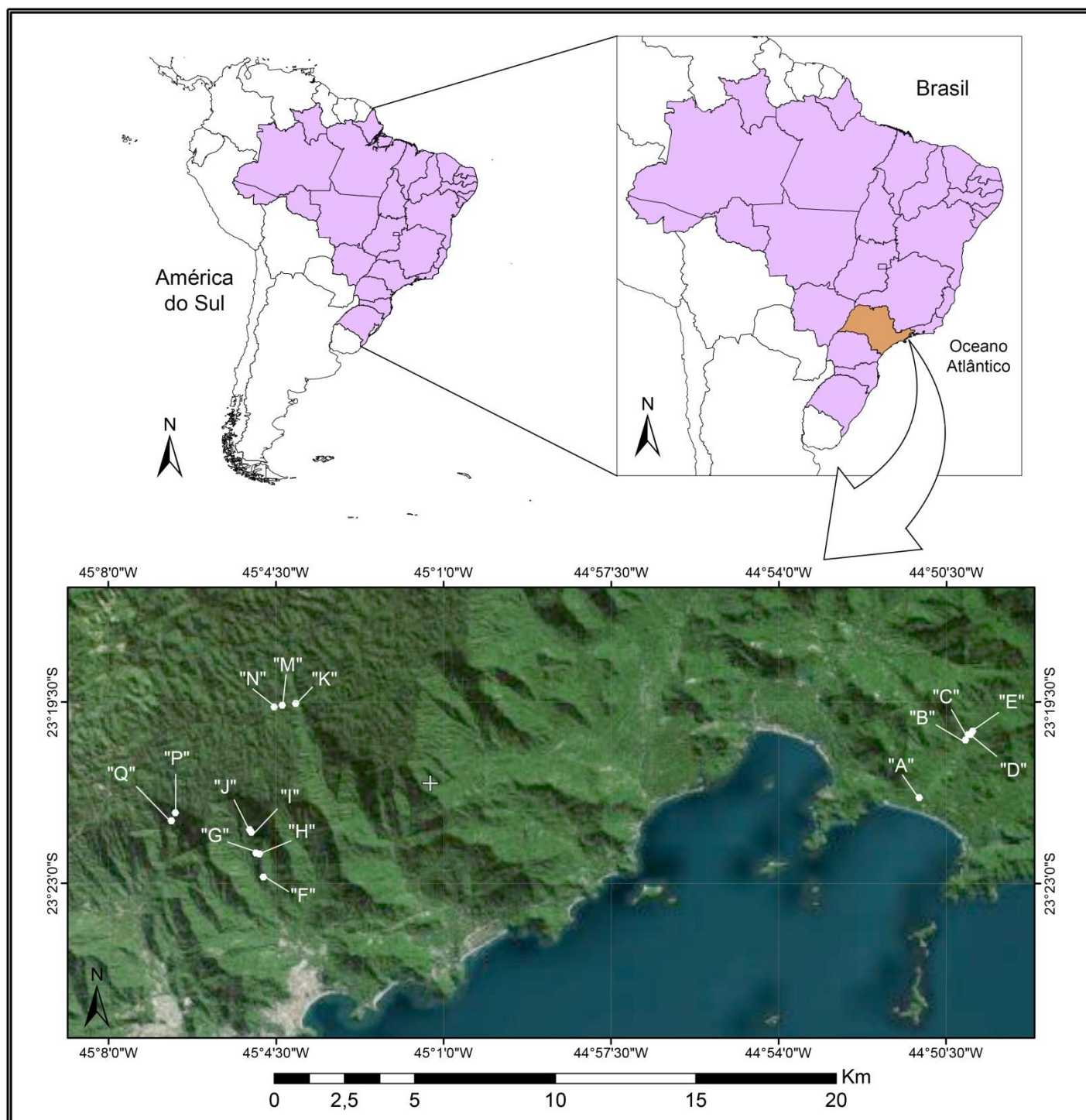


Figura 2.1. Localização das parcelas de estudo no Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, Brasil.

2.2.2 *Levantamento florístico e revisão dos espécimes*

Dentro das parcelas, todos os indivíduos arbóreos com DAP igual ou superior a 4,8 cm (PAP – Perímetro a Altura do Peito $\geq 15,0$ cm), incluindo palmeiras e samambaias arborescentes, foram marcados e numerados com placas de alumínio. Esses

foram prontamente identificados em campo ou coletados para determinação *a posteriori* e incorporação em herbários. A classificação seguiu o sistema de famílias do Angiosperm Phylogeny Group (APG III 2009).

Testemunhos dos materiais coletados encontram-se depositados, em pelo menos uma das coleções dos Herbários UEC, IAC e HRCB, os quais foram consultados para averiguação dos exemplares de Lauraceae amostrados. Realizamos uma revisão dos espécimes da família e, para os indivíduos com problemas de identificação, uma reavaliação foi realizada em campo. As determinações e/ou confirmação dos espécimes ocorreram por meio de literatura específica (Kopp 1966; Kubitzki & Renner 1982; Rohwer 1986, 1988, 1993a, b; Lorea-Hernández 1996; Nishida 1999; Kurz 2000; Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo 2003; Chanderbali 2004; Madriñán 2004; Moraes 2007) e por comparação com outros materiais dos acervos.

2.2.3 Compilação dos dados e preparação das matrizes

Foram compilados os registros de um banco de dados dos 15 levantamentos florísticos-fitossociológicos realizados, os quais foram obtidos diretamente com os pesquisadores que efetuaram os respectivos levantamentos das parcelas e na literatura (e.g. Alves et al. 2010; Assis et al. 2011; Campos et al. 2011; Gomes et al. 2011; Padgurschi et al. 2011; Prata et al. 2011; Ramos et al. 2011; Rochelle et al. 2011; Joly et al. 2012; Eisenlohr et al. 2013; Souza 2013). Ainda, por meio dos bancos de dados de P.L.R. Moraes, Tropicos, Specieslink, e GBIF, foram revistos todos os registros de ocorrência, para cada espécie de Lauraceae identificada neste estudo, ao longo de toda a área de abrangência da Floresta Pluvial Atlântica.

Para avaliar a distribuição e a composição florística da família Lauraceae ao longo do gradiente estudado foram construídas duas matrizes. A primeira, com dados biológicos, foi gerada a partir dos dados de abundância e riqueza de espécies em cada parcela, e uma segunda matriz envolveu os dados ambientais de cada hectare, considerando a elevação média, variação altitudinal, precipitação média anual e temperatura média anual, retirados de Eisenlohr et al. (2013) e comunicação pessoal com os pesquisadores de cada área (tabela 2.1).

Tabela 2. 1. Designações (letras) e informações estruturais e ambientais para os 15 hectares levantados na Floresta Pluvial Atlântica no Parque Estadual da Serra do Mar, sudeste do Brasil. FOD – Floresta Ombrófila Densa.

Parcelas	Tipos florestais*	Coordenadas geográficas (lat, long)	Número de Indivíduos*	Altitude média (m)*	Amplitude de elevação (m)*	Precipitação média anual (mm)*	Temperatura média anual (°C)*
“A”	<i>Restinga</i>	23°21’21”S 44°51’04”W	1669	10	1	2406	22,60
“B”	FOD das Terras Baixas	23°20’14”S 44°50’06”W	1180	46	23	2406	22,60
“C”	FOD das Terras Baixas	23°20’08”S 44°50’04”W	1144	64	22	2406	22,60
“D”	FOD das Terras Baixas	23°20’08”S 44°50’00”W	1347	57	26	2324	22,25
“E”	FOD das Terras Baixas	23°20’04”S 44°49’57”W	1272	73	25	2324	22,25
“F”	FOD das Terras Baixas Exploradas	23°22’53”S 45°04’46”W	1382	105	28	2582	21,90
“G”	FOD Submontana	23°22’26”S 45°04’51”W	1494	188	22	1975	18,31
“H”	FOD Submontana	23°22’25”S 45°04’55”W	1544	208	16	1975	18,31
“I”	FOD Submontana	23°22’01”S 45°05’01”W	1992	350	48	1865	17,46
“J”	FOD Submontana	23°21’58”S 45°05’03”W	1804	375	46	1865	17,46
“Q”	FOD Montana	23°21’48”S 45°06’41”W	1728	625	69	1810	17,10
“P”	FOD Montana	23°21’38”S 45°06’35”W	1644	812	108	1785	16,70
“K”	FOD Montana	23°19’32”S 45°04’05”W	1852	1066	47	1724	16,28
“M”	FOD Montana	23°19’34”S 45°04’22”W	1756	1045	47	1724	16,28
“N”	FOD Montana	23°19’36”S 45°04’32”W	1554	1025	34	1724	16,28

* Retiradas de Eisenlohr et al. 2013 e comunicação pessoal dos pesquisadores.

2.2.4 Análises dos dados e dos padrões florísticos da família Lauraceae

A riqueza de espécies foi levantada para cada trecho investigado (hectare), para cada fisionomia e para todo o gradiente estudado, com enfoque na contribuição da família Lauraceae para a comunidade arbórea. Para comparar a variação de espécies da família foi obtida a estimativa de riqueza para cada parcela avaliada, por meio do algoritmo de rarefação baseado no número de indivíduos (Gotelli & Colwell, 2001), realizando 1.000 aleatorizações dos dados, utilizando o *software* EstimateS 9.0.0 (Colwell 2013).

A diversidade Alfa (α), ou seja, em escala local (*sensu* Whittaker, 1972), foi avaliada em cada hectare levantado, considerando as estimativas de riqueza. A diversidade em escala regional ou Beta (β), foi medida para cada fisionomia florestal, como a dissimilaridade média, utilizando a distância euclidiana das unidades amostrais para o centróide do grupo no espaço multivariado (Anderson et al. 2006), e os modelos gerados foram analisados através do teste de permutação (Oksanen 2011), com 10.000 aleatorizações do conjunto de dados.

Tendo em vista averiguar o efeito da variação altitudinal sobre a composição e abundância da família estudada, utilizamos a elevação e amplitude média de cada parcela como as variáveis preditoras dos modelos testados, excluindo destas análises as variáveis climáticas. Assim, conduzimos uma regressão linear múltipla (RLM) considerando o número de indivíduos, riqueza de espécies em cada parcela, e verificamos, posteriormente, as relações entre cada par de variáveis consideradas por modelos gerais de regressões (GLM). Todos os modelos gerados pelas regressões foram testados por meio de *ANOVA*, com 10.000 aleatorizações do conjunto de dados.

As comparações de modelos de regressão foram feitas pelo Critério de Informação de Akaike (AIC), onde adotamos o modelo que apresentou o menor valor para na análise, e uma vez que a autocorrelação espacial entre as parcelas estudadas poderia inflacionar o erro do tipo I (e.g. Peres- Neto & Legendre 2010), testamos a normalidade dos resíduos de todas as análises de Regressão, excluindo os modelos que foram autocorrelacionados.

A variação no conjunto de dados, considerando o número de indivíduos, espécies da família e altitude média, foi analisada por meio da *PERMANOVA* (Anderson 2001). O teste de *PERMANOVA* foi baseado em 10.000 permutações da matriz de dissimilaridade de Bray-Curtis, geradas a partir da padronização dos dados.

Conduzimos, também, *One-Way ANOVA* (Sokal & Rohlf, 1995) para verificar se havia variação na riqueza e abundância de espécies, segundo cada variável topográfica considerada (elevação média e amplitude de elevação). Uma Análise de Componentes Principais (*PCA*) foi realizada, a partir dos dados originais, para identificar quais variáveis estavam mais relacionadas com os agrupamentos das áreas avaliadas. Posteriormente, para verificar suas correlações, conduzimos uma Análise de Redundância (*RDA*) a partir dos dados de composição florística padronizados por meio da transformação de “*Hellinger*” (Legendre & Gallagher 2001), onde a significância dos modelos gerados foi obtida através do teste de permutação (Oksanen 2011), com 10.000 aleatorizações do conjunto de dados. As análises foram conduzidas no *software* R (R Core Team 2013), com o pacote *vegan* (Oksanen et al. 2013), adotando um $\alpha \leq 0,05$ para todos os testes.

Ainda, foi utilizado o método de classificação *TWINSPAN* (Two Way Indicator Species Analysis) (Gauch & Whittaker 1981), a fim de verificar o agrupamento das parcelas avaliadas, utilizando o nível de corte das “pseudo-espécies” para grupos com no mínimo cinco indivíduos. Estas análises foram processadas através do *software* PC-ORD versão 5.10 (McCune & Mefford 2006). Utilizamos os grupos formados em uma análise de espécies indicadoras, *ISA* (Dufrêne e Legendre 1997), a fim de extrair as espécies significativamente associadas com cada grupo.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 *Heterogeneidade florística*

Os 15 hectares analisados envolveram um total de 23.362 indivíduos arbóreos, dos quais 2,0% estavam mortos. A família Lauraceae foi representada por 1.002 indivíduos distribuídos em 55 espécies e 12 gêneros, permanecendo cinco morfotipos em nível genérico (tabela 2.2). Ainda, registrou-se pela primeira vez a ocorrência da espécie *Licaria guianensis* Aubl. para o estado de São Paulo, e a primeira coleta de *Ocotea nunesiana* (Vattimo-Gil) Baitello para o norte do estado, anteriormente conhecida apenas para o litoral sul. O levantamento revelou, também, uma possível espécie nova do gênero *Ocotea*.

Tabela 2.2. Número de indivíduos para as espécies da família Lauraceae em 15 hectares analisados ao longo do gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do sudeste do Brasil, e distribuição das espécies, para os diferentes tipos florestais, ao longo de toda a extensão da Floresta Pluvial Atlântica. Rs – Restinga; Tb- Terras Baixas; Sub- Submontana; Mon- Montana; Atm- Alto-Montana.

Espécies	Parcelas:	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Q	P	N	M	K	Total	Gradiente	Distribuição na Floresta Pluvial Atlântica
		Rs	Tb	Tb	Tb	Tb	Tb	Sub	Sub	Sub	Sub	Mon	Mon	Mon	Mon	Mon			
<i>Aiouea acarodomatifera</i> Kosterm.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	6	1093 m	Tb, Sub, Mon
<i>Aniba firmula</i> (Nees and Mart.) Mez		-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	2	-	4	350 -1045m	Tb, Sub, Mon
<i>Aniba viridis</i> Mez		-	-	-	-	-	-	-	-	1	8	-	-	2	11	5	27	350-1093m	Tb, Sub, Mon
<i>Beilschmiedia emarginata</i> (Meisn.) Kosterm.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1093 m	Sub, Mon
<i>Cinnamomum glaziovii</i> (Mez) Kosterm.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	-	-	3	800 -1093m	Mon, Atm
<i>Cinnamomum montanum</i> (Sw.) Bercht. and J.Presl		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	4	600-1093m	Tb, Sub, Mon, Atm
<i>Cryptocarya mandioccana</i> Meisn.		-	6	4	2	2	-	32	12	26	16	3	24	18	4	10	159	46-1093m	Tb, Sub, Mon, Atm
<i>Cryptocarya saligna</i> Mez		-	9	7	6	7	6	4	4	3	11	7	6	11	6	14	101	46-1093m	Tb, Sub, Mon, Atm
<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F. Macbr.		4	13	9	3	1	3	-	3	-	2	-	1	-	1	1	41	5-1093m	Tb, Sub, Mon, Atm
<i>Licaria armeniaca</i> (Nees) Kosterm.		-	-	-	-	6	2	1	3	-	3	1	2	16	20	1	55	73-1093m	Tb, Sub, Mon, Atm
<i>Licaria guianensis</i> Aubl.*		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3	1045m	Tb, Sub, Mon
<i>Nectandra grandiflora</i> Nees and Mart.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	375m	Sub, Mon,Atm
<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.		-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	2	-	-	-	2	10	105-1025m	Tb, Sub, Mon, Atm

Espécies	<u>Parcelas:</u>	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Q	P	N	M	K	<u>Total</u>	Gradiente Altitudinal estudado	Distribuição na Floresta Pluvial Atlântica
		Rs	Tb	Tb	Tb	Tb	Tb	Sub	Sub	Sub	Sub	Mon	Mon	Mon	Mon	Mon			
<i>Nectandra nitidula</i> Nees and Mart.		-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	188m	Mon, Atm
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees and Mart.		28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	30	5-1045m	Tb, Sub, Mon
<i>Nectandra psammophila</i> Nees and Mart.		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5m	Tb, Sub, Mon
<i>Nectandra</i> sp.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1045m	-
<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees and Mart.) Mez		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	6	27	1025- 1045m	Tb, Sub, Mon
<i>Ocotea beyrichii</i> (Nees) Mez		-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	188m	Sub, Mon
<i>Ocotea bicolor</i> Vattimo-Gil		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2	5	1025- 1093m	Sub, Mon,Atm
<i>Ocotea brachybotrya</i> (Meisn.) Mez		-	-	-	1	-	5	1	-	-	-	2	-	1	5	-	15	57-1066m	Tb, Sub, Mon
<i>Ocotea catharinensis</i> Mez		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38	28	42	108	1025- 1093m	Sub, Mon,Atm
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	1025- 1093m	Tb, Sub, Mon
<i>Ocotea daphnifolia</i> (Meisn.) Mez		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	14	7	25	800-1093m	Tb, Sub, Mon
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	15	1045m	Tb, Sub, Mon
<i>Ocotea dispersa</i> (Nees and Mart.) Mez		-	8	9	7	5	18	27	15	9	3	17	11	15	22	25	193	45-1093m	Tb, Sub, Mon
<i>Ocotea divaricata</i> (Nees) Mez		-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	10	1	16	45-1093m	Sub, Mon
<i>Ocotea elegans</i> Mez		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	1	12	1025- 1045m	Sub, Mon,Atm
<i>Ocotea glaziovii</i> Mez		-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	3	6	-	11	75-1066m	Tb, Sub, Mon

Espécies	Parcelas:	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Q	P	N	M	K	Total	Gradiente Altitudinal estudado	Distribuição na Floresta Pluvial Atlântica
	Rs	Tb	Tb	Tb	Tb	Tb	Sub	Sub	Sub	Sub	Mon	Mon	Mon	Mon	Mon				
<i>Ocotea indecora</i> (Schott) Mez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5	-	-	-	-	-	6	350-375m	Sub, Mon
<i>Ocotea insignis</i> Mez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	3	350-375m	Sub, Mon
<i>Ocotea lancifolia</i> (Schott) Mez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	1025m	Sub, Mon,Atm
<i>Ocotea laxa</i> (Nees) Mez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	3	1	5	375-1045m	Sub, Mon,Atm
<i>Ocotea leucoxylon</i> (Sw.) Laness.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1025m	Tb, Sub, Mon
<i>Ocotea</i> cf. <i>minarum</i> (Nees and Mart.) Mez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1045m	Sub, Mon
<i>Ocotea</i> cf. <i>montana</i> (Meisn.) Mez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	4	1045m	Tb, Sub, Mon
<i>Ocotea nunesiana</i> (Vattimo-Gil) Baitello*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	800m	Tb, Sub, Mon
<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	-	-	-	6	350-375m	Tb, Sub, Mon
<i>Ocotea paranapiacabensis</i> Coe-Teix.	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	16	75-375m	Tb, Sub, Mon
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	3	5	1025-1093m	Tb, Sub, Mon, Atm
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees and Mart.) Mez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	5	1045m	Tb, Sub, Mon, Atm
<i>Ocotea rariflora</i> (Meisn.) Baitello	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	4	5-1045m	Tb, Sub, Mon
<i>Ocotea silvestris</i> Vattimo-Gil	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	4	1025-1093m	Tb, Sub, Mon
<i>Ocotea</i> sp. 1_N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2	1025m	-
<i>Ocotea</i> sp. nov.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	6	1045m	-

Espécies	Parcelas:	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Q	P	N	M	K	Total	Gradiente Altitudinal estudado	Distribuição na Floresta Pluvial Atlântica
	Rs	Tb	Tb	Tb	Tb	Tb	Sub	Sub	Sub	Sub	Mon	Mon	Mon	Mon	Mon				
Ocotea sp.1_K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	1066m	-
Ocotea sp.1_M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	5	1045m	-
Ocotea sp.2_M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3	1045m	-
Ocotea tabacifolia (Meisn.) Rohwer	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	2	188-208m	Sub, Mon
Ocotea teleiandra (Meisn.) Mez	-	-	1	-	-	-	-	-	2	8	3	1	4	-	3	2	24	64-1093m	Tb, Sub
Ocotea velloziana (Meisn.) Mez	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	1045m	Sub, Mon
Persea venosa Nees and Mart.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	72m	Tb, Sub, Mon
Rhodostemonodaphne macrocalyx (Meisn.) Rohwer ex Madriñán	-	1	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	3	-	6	46-1045m	Sub, Mon
Urbanodendron bahiense (Meisn.) Rohwer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	375m	Tb, Sub
Total	34	38	31	20	27	51	68	40	54	67	51	42	112	224	143	1002			

Entre as espécies, *Ocotea dispersa* foi a mais abundante (20,2% dos indivíduos da família), acompanhada por *Cryptocarya mandioccana* (16,9%) e *Ocotea catharinensis* (11,3%). Por outro lado, 24 espécies ocorreram com menos de cinco indivíduos e *Endlicheria paniculata* foi a única a ocorrer em todas as fisionomias, enquanto outras 42 ocorreram em apenas uma delas. Ainda, a revisão de ocorrências das espécies ao longo de toda a área de Floresta Pluvial Atlântica, revelou que apenas *Cinnamomum glaziovii* e *Nectandra nitidula* tinham registros para apenas uma de suas fitofisionomias.

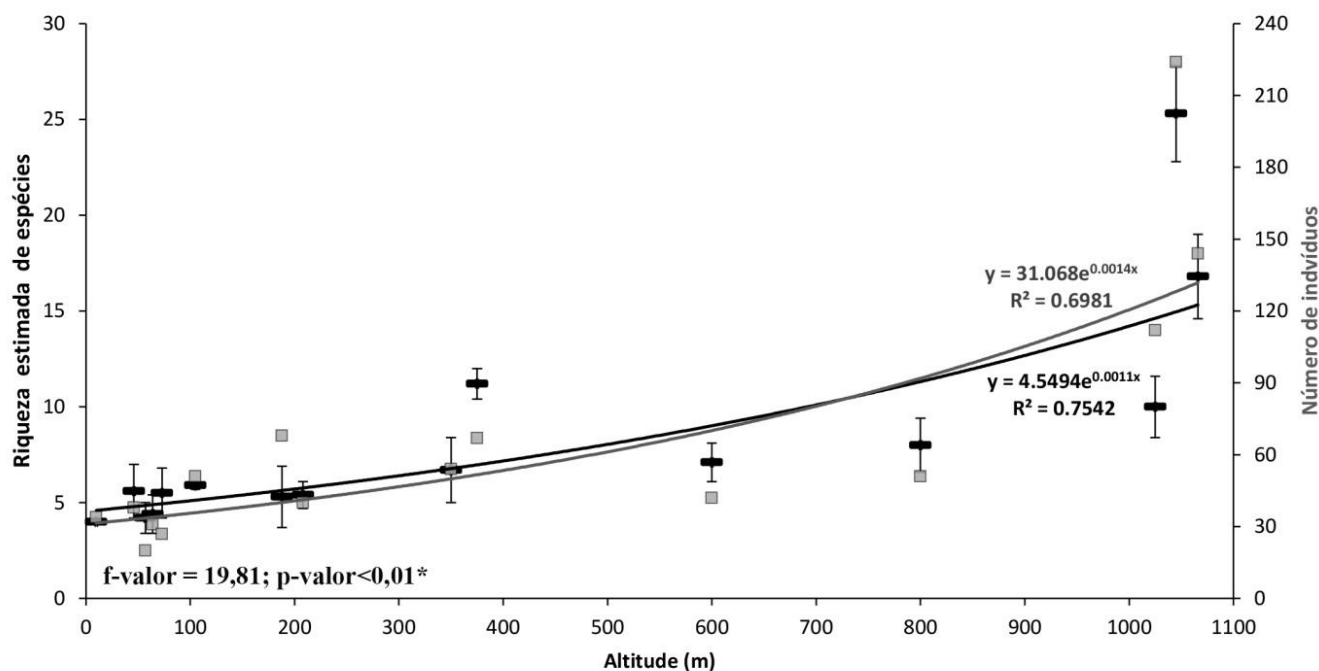


Figura 2.2. Regressão exponencial para os dados de abundância (número de indivíduos) e riqueza média estimada (rarefação de espécies) da família Lauraceae entre os 15 hectares analisados ao longo do gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do sudeste do Brasil. — – riqueza estimada; ■ – Número de indivíduos. Barras verticais – Desvio padrão. AIC= 68,11.

A família apresentou uma relação positiva entre o número de indivíduos e a riqueza estimada de espécies e a variação altitudinal, ou seja, a diversidade *alpha* aumentou conforme houve um incremento na altitude. O melhor ajuste para a análise de rarefação foi revelado por uma curva exponencial (Fig. 2.2 – análise dos resíduos em anexo).

As áreas situadas acima dos 1.000m de altitude (“K”, “M”, “N”) apresentaram as maiores riquezas de espécies e abundância, envolvendo 47,8% do total de indivíduos amostrados da família e 78% das espécies identificadas (tabela 2). Ainda, uma área na meia encosta, a parcela “J”, se destacou entre as demais e envolveu 6,7% indivíduos em 15 espécies (27% da espécies de Lauraceae).

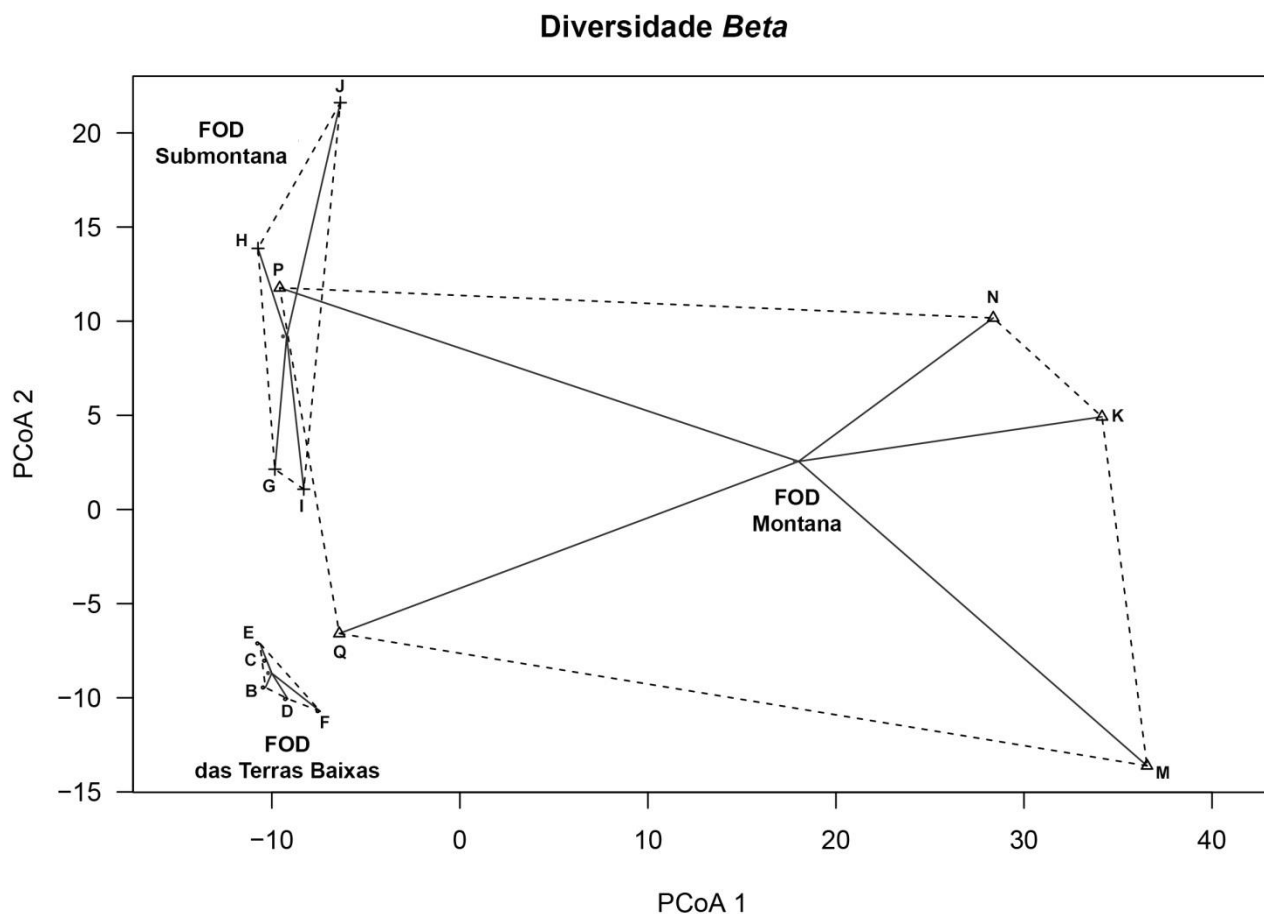


Figura 2.3. Análise de Diversidade Beta da família Lauraceae para 15 hectares analisados ao longo do gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do sudeste do Brasil. Os grupos seguem as fisionomias florestais propostas para a Floresta Pluvial Atlântica adaptada de IBGE (2012). Legenda: Letras – Parcelas. FOD – Floresta Ombrófila Densa.

O modelo gerado para a diversidade *Beta* da família Lauraceae (Fig. 2.3), entre as fisionomias florestais da Floresta Ombrófila Densa, foi altamente significativo (F-valor = 15,79 e p-valor <0,001). As dissimilaridades médias aumentaram ao longo do gradiente de altitude, onde os valores para a FOD das Terras Baixas foi igual a 8,1, para a FOD Submontana foi 13,2 e para a FOD Montana foi 26,72. A fisionomia de restinga foi excluída por ter apenas uma amostra levantada.

Contudo, o modelo revelou uma similaridade maior das áreas “Q” e “P” com as fisionomias da FOD das Terras Baixas e FOD Submontana, respectivamente. Assim, analisamos um segundo modelo incluindo estas duas áreas com as fisionomias que elas mais se aproximaram, e este segundo modelo corroborou o mesmo padrão para a diversidade beta da família. O menor valor foi encontrado para a fisionomia FOD das Terras Baixas (9,02) seguido por FOD Submontana (14,8) e FOD Montana (20,1).

Tabela 2.3. Resultados das análises de RLM e *PERMANOVA* para o efeito das variáveis topográficas em relação a riqueza e abundância da família Lauraceae em 15 hectares analisados ao longo do gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do sudeste do Brasil. (* - p-valores significativos). Gl – Graus de liberdade.

Análises							
<u>Regressão Linear Múltipla (RLM)</u>		Modelo	Altitude média		Amplitude de elevação		Intercepto/Modelo
		<u>R²</u>	<u>t-valor</u>	<u>p - valor</u>	<u>t-valor</u>	<u>p - valor</u>	<u>t-valor</u> <u>p - valor</u>
<u>RLM – Resultados</u>		0,52	4,07	<0,01*	-2,28	0,04*	4,59 <0,01*
<u>ANOVA – RLM</u>			<u>F-valor</u>	<u>p - valor</u>	<u>F-valor</u>	<u>p - valor</u>	<u>F-valor</u> <u>p - valor</u>
			7,82	0,01*	5,22	0,04*	6,53 0,01*
<u>PERMANOVA</u>							
<u>Fonte</u>	Graus de liberdade		Altitude média		Amplitude de elevação		
			<u>F-valor</u>	<u>P (perm.)</u>	<u>F-valor</u>	<u>P (perm.)</u>	
Tratamento	2		3,48	0,001*	1,63	0,140	
Resíduos	13						

O modelo gerado pela Regressão Linear Múltipla apresentou uma relação ($R^2=0,52$) entre o conjunto de variáveis selecionadas, com elevada significância (F-valor para o modelo – Tabela 2.3). Ainda, para as análises do conjunto de dados, a riqueza e abundância de Lauraceae ficaram significativamente relacionadas com as duas variáveis topográficas, mas a amplitude média apresentou efeito negativo ou oposto aquele revelado para a elevação média (t-valor).

Entretanto, a *PERMANOVA* revelou que a riqueza e abundância não apresentaram variações de acordo com a taxa de elevação e as regressões indicaram que os modelos significativos não foram para todos os pares de variáveis, onde não foram encontradas relações entre a amplitude de elevação das áreas com a riqueza e abundância de Lauraceae (fig. 2.4). Para os modelos que apresentaram significância, as relações foram sempre positivas e apresentaram altos coeficientes de determinação ($R^2 > 0,5$), com exceção da relação entre as variáveis topográficas.

Analises de regressão

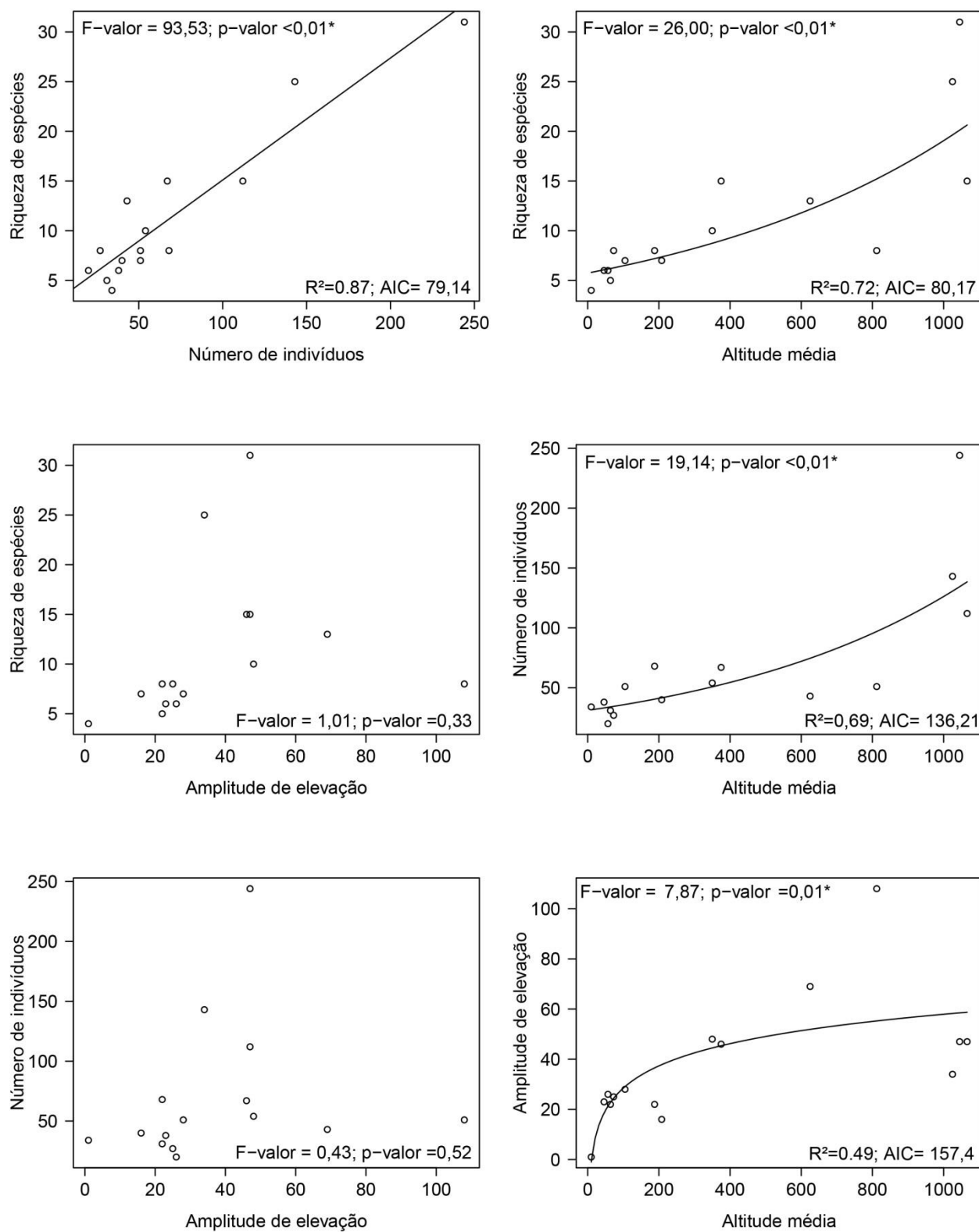


Figura 2.4. Regressões para os dados de abundância e riqueza da família Lauraceae em relação às variáveis topográficas para 15 hectares analisados ao longo do gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do sudeste do Brasil. AIC – Critério de Informação de Akaike.

2.3.2 Padrões florísticos ao longo de um gradiente altitudinal

A partir do agrupamento das áreas levantadas através da *TWINSPAN*, foram determinados a formação de quatro grandes grupos, estabelecidos segundo cotas altitudinais e espécies indicadoras (Fig. 2.5). Os autovalores para cada corte foram altos, acima de 0,32, e cada grupo apresentou, ao menos, duas espécies preferenciais, com elevados valores indicadores.

Ainda, a análise relevou, novamente, uma tendência de acréscimo no número de indivíduos e na riqueza de espécies de Lauraceae de regiões de Baixada para áreas de Topo da Serra. Contudo, os grupos apresentaram números distintos de parcelas (hectares).

Twinspan para Lauraceae

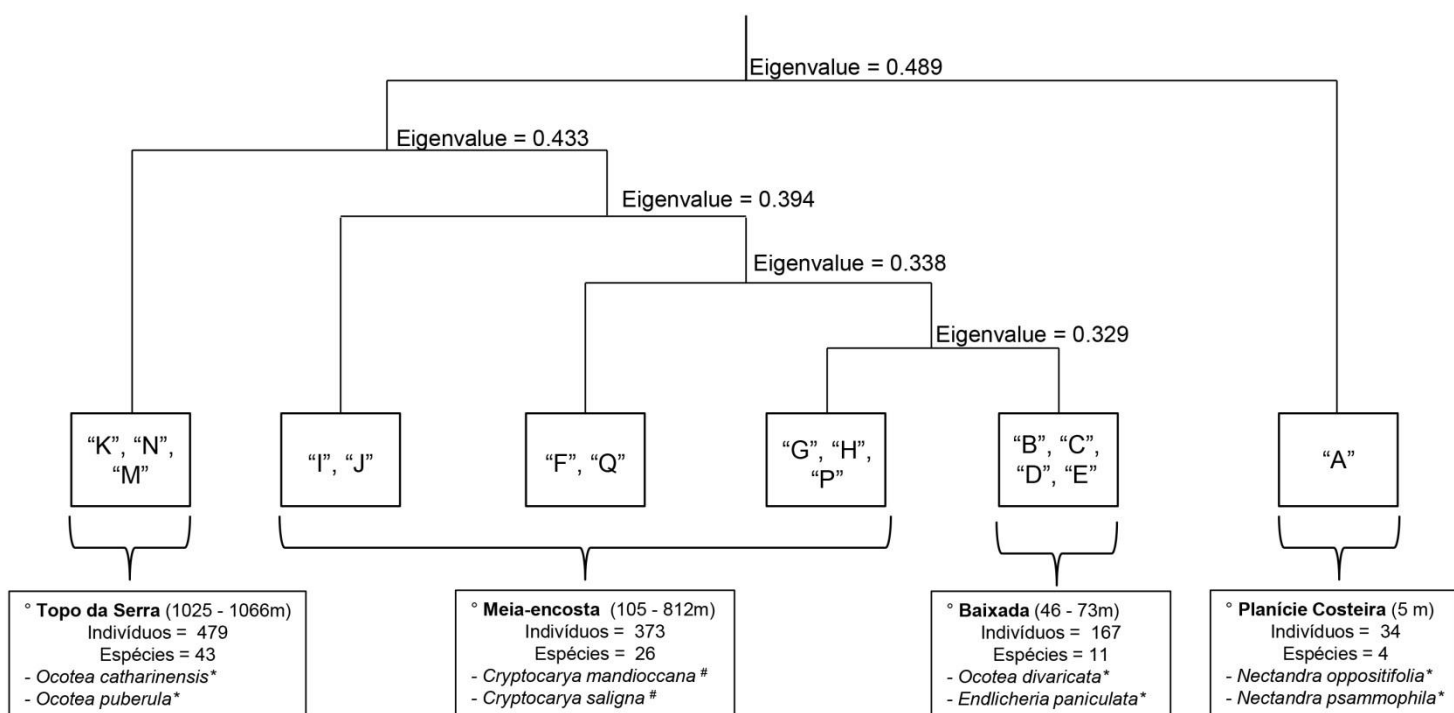


Figura 2.5. Dendrograma segundo a análise de Twispan para os dados de abundância da família Lauraceae no gradiente estudado, revelando os grupos formados após cinco divisões. Espécies indicadoras são apresentadas nas caixas. Legenda: *- Valor Indicador = 100 e # - Valor Indicador = 80; Letras – Parcelas.

O modelo gerado pela análise de *PCA* revelou que as variáveis bióticas (abundância e riqueza) e ambientais (médias anuais de temperatura e precipitação, amplitude de elevação e elevação média) foram altamente correlacionadas com o

agrupamento das áreas amostradas, onde os dois primeiros eixos explicaram 91,47% da variação dos dados (tabela 2.4).

Tabela 2.4. Resultados da Análise de Componentes Principais (PCA) para as variáveis bióticas (número de espécies e indivíduos) e abióticas (médias anuais de temperatura e precipitação, amplitude de elevação e elevação média) avaliadas.

PCA - Lauraceae		
Eixos da Análise	Eixo 1	Eixo 2
Eigenvalues	4,429	1,058
Proporção de explicação	0,74	0,17

Deste modo, conduzimos a Análise de Redundância (*RDA*), a qual apresentou os quatro primeiros eixos explicando um total de 49,8% da variação total dos dados, onde os dois primeiros explicaram 35,9% do total. Ainda, a análise de variância revelou uma elevada significância do modelo apresentado (F-valor = 1.69 e p-valor = 0.02).

A *RDA* revelou um arranjo das parcelas próximo daquele encontrado na análise de Twinspan, onde as parcelas com elevações médias e composições florísticas mais semelhantes se agruparam (Fig. 2.6). Os hectares da “Planície costeira” e “Baixada” ficaram associados a maiores taxas de precipitação e temperatura anual média, enquanto os da “Meia-encosta” ficaram associados à amplitude de elevação e a altitude foi positivamente correlacionada com as parcelas de “Topo da Serra”. Entretanto, a parcela “F” ficou dissociada dos hectares de “Meia-encosta”, e se aproximou das parcelas de “Restinga” e “Baixada”. Ainda, a composição de espécies contribuiu para o agrupamento dos hectares, mas somente algumas espécies estiveram fortemente correlacionadas com as variáveis ambientais e os conjuntos dos hectares (Fig. 2.6).

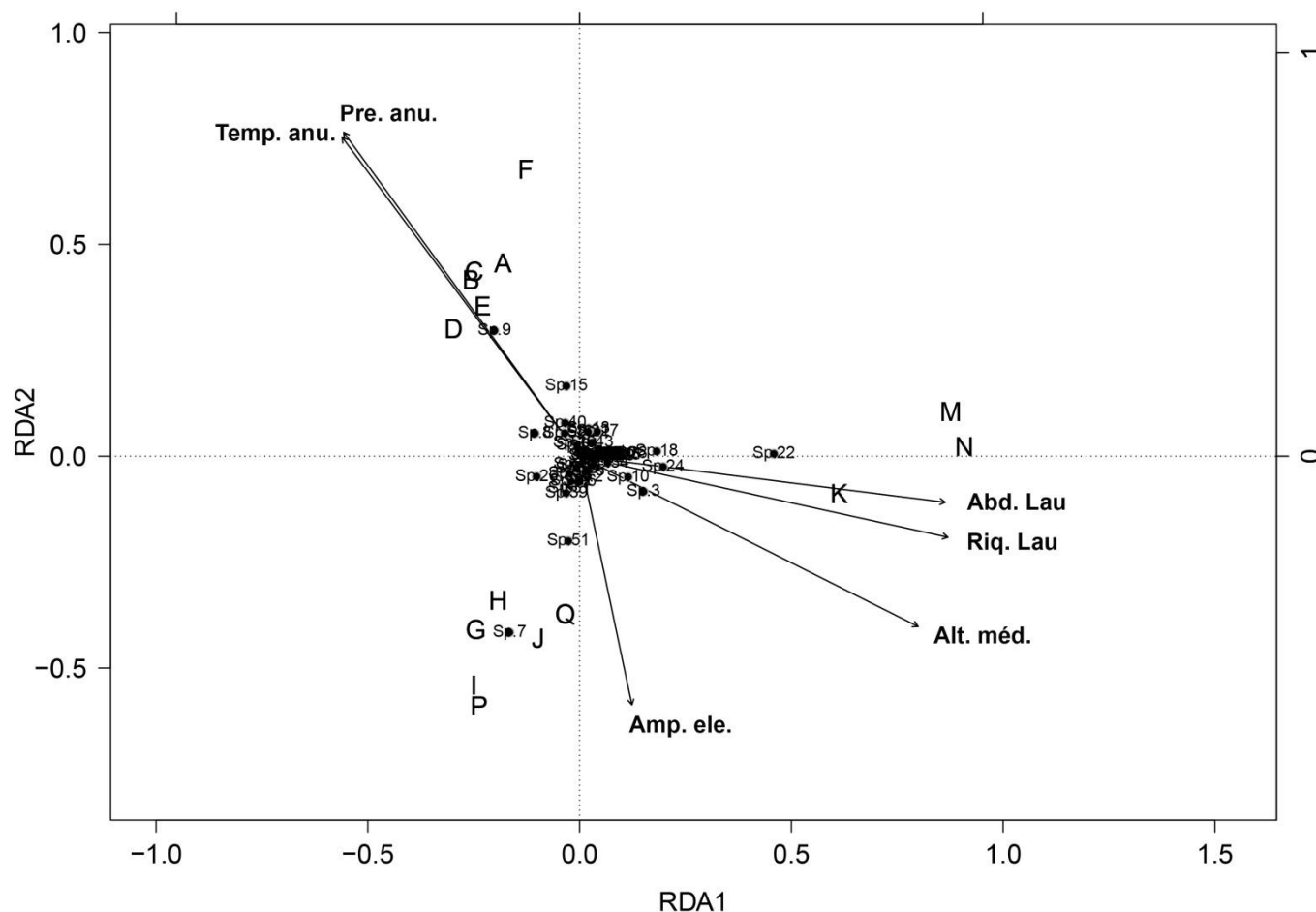


Figura 2.6. *Triplot* da Análise de Redundância (RDA) para 15 levantamentos da família Lauraceae na Floresta Pluvial Atlântica do Sudeste do Brasil, onde as letras indicam as parcelas avaliadas. Legenda: Abd. Lau. – Abundância de Lauraceae; Alt. méd. – Altitude média; Amp. ele. – Amplitude de elevação; Pre. anu. – Precipitação média anual; Riq. Lau – Riqueza de Lauraceae; Temp. anu. – Temperatura média anual. Letras – Parcelas; ● - Espécies, onde os números se referem, em ordem crescente, a listagem das espécies na tabela 2.1.

2.4 DISCUSSÃO

2.4.1 *Heterogeneidade florística*

A família Lauraceae demonstrou uma grande importância na composição florística da comunidade arbórea estudada, apresentando até 31 espécies e 244 indivíduos em um dos hectares. Esta importante contribuição florística da família é conhecida, principalmente, para regiões montanas de florestas tropicais, onde estudos indicam que Lauraceae chega a ser a família com a maior riqueza de espécies em diversas áreas da região tropical (Gentry 1988). Este fato é relatado, também, em locais

situados acima dos 1.500 m em florestas andinas (Gentry 1995), e nas florestas montanas do norte da Tailândia, onde K. Sri-Ngernyuang et al. (2003) verificaram o maior número de espécies para Lauraceae dentre 49 famílias levantadas em 7.5ha estudados na região. Ainda, o gênero *Ocotea* Aubl., o qual envolveu 62% das espécies da família no gradiente estudado, chega a ser o segundo mais diverso em áreas montanas da Floresta Atlântica do sudeste brasileiro (Oliveira-Filho & Fontes 2000).

Os resultados das rarefações revelaram uma relação exponencial positiva entre o aumento da altitude e a diversidade *alpha* (riqueza estimada para cada parcela), relação próxima à encontrada para a diversidade *Beta*, que foi maior nas parcelas de “Topo da Serra” decrescendo para os locais de “Meia-encosta” e “Baixada”, mantendo esta tendência ainda que comparadas por meio de números diferentes de amostras.

Esta relação entre a riqueza de espécies da família e a variação de altitude também foi relatada em outros estudos sobre gradientes altitudinais em florestas tropicais (Klein 1975; Gentry 1988, 1995), e de acordo com Tuomisto et al. (2003), as mudanças na diversidades *Beta* poderiam ser explicadas pelas características ambientais das regiões de ocorrência das espécies, modelando padrões de diversidade. Neste estudo, a elevação média se apresentou como o fator determinante para a variação no número dos indivíduos e das espécies de Lauraceae, onde as condições de altitude parecem favorecer a ocorrência de uma maior diversidade e abundância da família.

Uma vez que as Florestas Tropicais úmidas apresentam um mosaico sucessional, com clareiras, áreas em regeneração e maduras (Hartshorn 1980; Whitmore 1989), e áreas em diferentes estágios de sucessão apresentam diferentes composições florísticas (Hartshorn 1980; Spies & Franklin 1989; Swaine et al. 1990; Lobo et al. 2011), a importância das espécies e famílias nas Florestas Tropicais pode sofrer influência do estágio sucessional de cada área analisada. No gradiente avaliado, a área ocupada por clareira influencia negativamente a riqueza de espécies local, e as parcelas levantadas em áreas elevadas ficaram relacionadas a esta variável ambiental (Eisenlohr et al. 2013).

Porém, a ocorrência de um maior número de indivíduos e da maior diversidade *Beta* de Lauraceae, invariavelmente, ocorrendo nas parcelas situadas acima dos 1.000m, indicou um maior recrutamento dos indivíduos e espécies de Lauraceae nas áreas montanas. Visto que o recrutamento é processo fundamental para a manutenção das populações de espécies arbóreas e é mais acentuado em áreas de regeneração (Janzen

1970; Connell 1971), parece ocorrer um maior ocupação de espécies e indivíduos da família em regiões elevadas, independente de sua condição sucessional ou da área ocupada por clareira, efeito oposto ao encontrado para a comunidade arbórea local (e.g. Eisenlohr et al. 2013).

De uma forma geral, o incremento de atitude gerou um efeito positivo na variação do número absoluto de espécies e de indivíduos da família estudada, o qual foi corroborado por modelos de regressão exponenciais. Este padrão foi revelado, também, na análise de rarefação, que foi tomada como uma análise de diversidade *alpha*. Assim, as regressões demonstraram que a alteração na diversidade da família está associada a uma variação altitudinal e que acompanha de forma positiva o aumento da elevação média de cada área, ou seja, áreas de maior altitude apresentam maior riqueza de espécies de Lauraceae.

Embora não tenha se realizado o teste sobre o “Mid-domain effect” (Colwell et al. 2004), o efeito da altitude sobre a riqueza de espécies família encontrado parece distinto daquele previsto nesta teoria de modelo nulo, onde a maior riqueza de espécies foi encontrada nas parcelas amostradas acima dos 1.000m de altitude. Este padrão da família é diferente do encontrado para a comunidade arbórea como um todo, que apresentou a maior riqueza de espécies em áreas de média elevação (Joly et al. 2012), seguindo um modelo nulo previsto.

Além disso, o aumento do número de espécies de Lauraceae segue o acréscimo no número de indivíduos da família ao longo do gradiente altitudinal. Esta relação pode não ser tão clara para outras famílias expressiva como Fabaceae, onde os resultados de Joly et al. (2012) e Sanchez et al. (2013), na mesma área e região de estudo, respectivamente, apontam que esta família apresenta um decréscimo da riqueza de espécies com o aumento de altitude, mas que sua abundância não parece sofrer alterações expressivas. Assim, a diversidade de Lauraceae parece estar relacionada com a abundância de indivíduos da família, e ao longo de gradientes ambientais se espera encontrar mais espécies de Lauraceae conforme ocorra um acréscimo no seu número de indivíduos.

Por outro lado, ressaltamos que nos hectares com maior declividade (“P” e “Q”), parece ocorrer um declínio na riqueza de Lauraceae, ainda que situadas em regiões montanas. O número de espécies destas parcelas ficou próximo do encontrado nas parcelas de “Meia-encosta”, ou seja, com média diversidade de Lauraceae. Segundo

Korner (2000), o efeito negativo da amplitude de elevação sobre a diversidade de Lauraceae poderia ser explicado pela diminuição na área habitável com o aumento desta variável topográfica, já que em regiões montanhosas o desnível de uma área é mais acentuado quanto mais próximo ao topo da montanha esta área se encontra.

Por fim, os testes dos modelos de regressão, tanto múltiplos como simples, confirmaram que a elevação média de cada parcela foi a principal variável topográfica associada à mudança do número de espécies de Lauraceae. Este efeito é relatado para outros estudos realizados em gradientes altitudinais da zona tropical, tanto em pequenas escalas (Ferraz et al. 2004; Homeier et al. 2010) como em escalas maiores de 2.000m (Gentry 1988; Lieberman et al. 1996). Desta forma, a variação altitudinal parece condicionar um modelo de variação na riqueza, abundância de indivíduos e diversidade de Lauraceae.

2.4.2 Padrões florísticos ao longo de um gradiente altitudinal

A distribuição dos indivíduos de Lauraceae, entre suas espécies, refletiu o padrão apresentado para a maioria das comunidades da Floresta Pluvial Atlântica do sudeste brasileiro, onde muitas espécies aparecem com cinco ou menos indivíduos (e.g. Scudeller et al. 2001; Bertoncello et al. 2011).

Contudo, apesar da maioria das espécies de Lauraceae ter ocorrido em somente uma das fisionomias florestais da área analisada, a forma estenotópica de raridade das espécies arbóreas da Floresta Pluvial Atlântica (Caiafa & Martins 2010), não ocorreu para as espécies da família neste estudo. O resultado da revisão de ocorrência destas espécies, ao longo do gradiente latitudinal da Floresta Pluvial Atlântica, parece não corroborar este padrão, onde encontramos uma ampla distribuição das espécies de Lauraceae ao longo de todo o gradiente altitudinal da Floresta Pluvial Atlântica, quando consideramos sua extensão total.

Rosenzweig (1995) sugeriu o gradiente latitudinal como o principal modelador da riqueza global de espécies, e apesar de Chown & Gaston (2000) indicarem que o declínio de latitude refletiria o declínio de área terrestre no globo, restringindo a riqueza de espécies, a diversidade de Lauraceae na Floresta Pluvial Atlântica parece não responder de forma acentuada a este fenômeno, ocorrendo com muitas espécies ao longo de toda a extensão latitudinal desta província fitogeográfica (e.g Oliveira-Filho & Fontes 2000).

A análise de agrupamento das parcelas indicou uma mudança na composição florística da família, a qual seguiu o gradiente altitudinal estudado, acompanhando os resultados encontrados para a comunidade arbórea da Floresta Pluvial Atlântica (Bertoncello et al. 2011; Marques et al. 2011). Contudo, as implicações da altitude na distribuição de espécies de Lauraceae parecem distintas daquelas reveladas na comunidade arbórea (Joly et al. 2012; Eisenlohr et al. 2013), em que o arco-efeito da diversidade arbórea não foi refletido para a família. Ainda, as parcelas apresentaram um arranjo de similaridade florísticas distinto daquele encontrado para a comunidade, onde a parcela “F” ficou agrupada com os hectares de “Meia-encosta”, sendo que nesta o corte seletivo de madeira na área (Ramos et al. 2011) parece ter afetado, também, a composição de Lauraceae.

A pouca divergência na composição de espécies da família entre as parcelas consideradas de “Meia-encosta”, pode ser um reflexo da ampla distribuição da família Lauraceae em florestas tropicais, como a relatada nos trabalhos de Kostermans (1957) e Gentry (1988), que indicam, também, uma larga ocorrência de Lauraceae, atingindo áreas com até 4.000 m de altitude. Mas, estes autores apontaram que a família ocorre como parte integrante com elevada abundância, principalmente, nas florestas montanas de regiões tropicais, e assim poderia explicar a grande disparidade florística dos hectares avaliados, neste estudo, acima dos 1.000m de altitude.

Neste contexto, a RDA indicou uma relação mais pronunciada apenas entre a espécie *Ocotea catharinensis* e as amostras montanas, espécie exclusiva, neste estudo, e mais abundante da família nas parcelas estudadas acima dos 1.000m de altitude, resultado apontado para outros estudos em diferentes áreas da Floresta Pluvial Atlântica Montana (Blum & Roderjan 2007; Lima & Moura 2008). As demais associações encontradas entre parcelas e espécies, não apresentaram exclusividade de espécies, mas correlações, menos acentuadas, foram estabelecidas pelas elevadas abundâncias de *Endlicheria paniculata* nas parcelas da FOD das Terras Baixas e de *Cryptocarya mandioccana* nas parcelas consideradas nestes estudos como “Meia-encosta”.

Estas faltas de correlações explicitam podem estar refletindo o fato de que muitas espécies arbóreas neotropicais são generalistas (Hubbell & Foster 1986), e que as espécies da família não parecem ter restrição a fatores ambientais, como a seletividade de solos (vide Van der Werff 1992). Assim, no gradiente estudado,

determinadas espécies de Lauraceae foram indicadoras apenas de regiões de altitude, mas não distinguiram explicitamente as faixas altitudinais ao longo da área analisada.

Encontramos uma divergência entre os resultados da *TWINSPAN* e da *RDA*, para o posicionamento da parcela “F” com as demais parcelas analisadas. Na primeira análise o hectare foi colocado junto ao grupo de “Meia-encosta”, apresentando uma composição florística próxima da parcela “Q”, enquanto na segunda análise ele ficou dissociado das demais parcelas, apresentando uma dissimilaridade maior até que da Parcela “A”, a qual é condicionada por um solo muito arenoso com alagamentos sazonais (Joly et al. 2012). Portanto, o distúrbio ocorrido na parcela “F” parece ter uma grande influência na composição de espécies de Lauraceae, onde deve ter acontecido uma supressão da espécie *Cryptocarya mandioccana*, que ocorre em todas as parcelas analisadas, exceto na “Restinga”, e, principalmente, com elevada abundância nas parcelas de FOD Submontana.

Em suma, ressaltamos que os efeitos da altitude sugeridos por Stevens (1992), em uma extensão da regra de Rapoport, foram contrários para as espécies da família Lauraceae. No gradiente altitudinal estudado, na Floresta Pluvial Atlântica, a variação de altitude afetou explicitamente os padrões florísticos de Lauraceae na região, onde a diversidade e abundância da família acompanharam positivamente a variação de altitude. Encontramos uma clara relação entre os condicionantes ambientais e topográficos e a heterogeneidade florística apresentada pela família. Além disso, o padrão encontrado para Lauraceae foi distinto daquele apresentado pela comunidade arbórea, ressaltando a importância de compreender melhor as diferentes formas de contribuição das famílias e espécies mais importante das florestas tropicais, em suas diferentes fitofisionomias e diferentes condições ambientais ao longo de gradientes de altitude.

2.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alves, L. F., Vieira, S. A., Scaranello, M. A., Camargo, P. B., Santos, F. A., Joly, C. A. & Martinelli, L. A. 2010. 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.

- Anderson, M. J. 2001. Permutation tests for univariate or multivariate analysis of variance and regression. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58(3): 626-639.
- Anderson, M. J., Ellingsen, K. E. & McArdle, B. H. 2006. Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecology Letters* 9(6): 683-693.
- APG III Group. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105–121.
- Assis M. A., Prata E. M. B., Pedroni F., Sanchez M., Eisenlohr P. V., Martins F. R., Santos F. A. M., Tamashiro J. Y., Alves L. F., Vieira S. A., Piccolo M. C., Martins S. C., Camargo P. B., Carmo J. B., Simões E., Joly C. A. 2011. Florestas de restinga e de terras baixas na planície costeira do sudeste do Brasil: vegetação e heterogeneidade ambiental. *Biota Neotrop* 11:103–121.
- Baitello, J. B., Hernandez, F. L., Moraes, P. L. R., Esteves, R. & Marcovino, J. R. 2003. Lauraceae Juss. In: Wanderley, M. G. L., Shepherd, G. J., Giulietti, A. M. & Melhem, T. S. (eds.) *Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo*, vol. 3, pp. 149–224. São Paulo: FAPESP, RiMa.
- Bendix, J., Behling, H., Peters, T., Richter, M. & Beck, E. 2010. Functional biodiversity and climate change along an altitudinal gradient in a tropical mountain rainforest. In *Tropical Rainforests and Agroforests under Global Change*, pp. 239-268. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Bertoncello, R., Yamamoto, K., Meireles, L. D., & Shepherd, G. J. (2011). A phytogeographic analysis of cloud forests and other forest subtypes amidst the Atlantic forests in south and southeast Brazil. *Biodiversity and Conservation* 20(14): 3413-3433.
- Blum, C. T. & Roderjan, C. V. 2007. Espécies indicadoras em um gradiente da Floresta Ombrófila Densa na Serra da Prata, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Biociências* 5(2): 873-875.
- Bongers, F., Popma, J., Del Castillo, J. M. & Carabias, J. 1988. Structure and floristic composition of the lowland rain forest of Los Tuxtlas, Mexico. *Vegetatio* 74(1): 55-80.
- Brokaw, N. V. 1985. Gap-phase regeneration in a tropical forest. *Ecology* 66(3): 682-687.

- Brown, J. H., Gillooly, J. F., Allen, A. P., Savage, V. M. & West, G. B. 2004. Toward a metabolic theory of ecology. *Ecology* 85(7): 1771-1789.
- Caiafa, A. N. & Martins, F. R. 2010. Forms of rarity of tree species in the southern Brazilian Atlantic rainforest. *Biodiversity and conservation* 19(9): 2597-2618.
- Campos, M. C. R. D., Tamashiro, J. Y., Assis, M. A. & Joly, C. A. 2011. 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 Neotrop* 11(2): 302-312.
- Chain-Guadarrama, A., Finegan, B., Vilchez, S. & Casanoves, F. 2012. Determinants of rain-forest floristic variation on an altitudinal gradient in southern Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 28(05): 463-481.
- Chanderbali, A. S. 2004. *Endlicheria* (Lauraceae). *Flora Neotropica Monogr.* 91: 1-141.
- Chown, S.L. & Gaston, K.J. 2000. Areas, cradles and museums: the latitudinal gradient in species richness. *Trends in Ecology and Evolution* 15: 311-315.
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples (9th edn). URL: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Colwell, R. K. & Hurtt, G. C. 1994. Nonbiological gradients in species richness and a spurious Rapoport effect. *American Naturalist* 144: 570-595.
- Colwell, R. K., Rahbek, C. & Gotelli, N. J. 2004. The Mid-Domain Effect and Species Richness Patterns: What Have We Learned So Far?. *The American Naturalist* 163(3): E1-E23.
- de Lima, R. A. F. & de Moura, L. C. 2008. Gap disturbance regime and composition in the Atlantic Montane Rain Forest: the influence of topography. *Plant Ecology* 197(2): 239-253.
- Deb, P., Sundriyal, R. & Shankar, U. 2011. Tree Diversity and Population Structure in a Lowland Tropical Rainforest in the Eastern Himalaya, India. *Indian Forester*, 137(8): 992-1004.
- Dobzhansky, T. 1950. Evolution in the tropics. *American Scientist* 38(2): 209-21.
- Dufrêne, M. & Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological monographs* 67(3): 345-366.
- Eisenlohr, P. V., Alves, L. F., Bernacci, L. C., Padgurschi, M. C., Torres, R. B., Prata, E. M., dos Santos, F. A. M., Assis, M. A., Ramos, E., Rochelle, A. L. C.,

- Martins, F. R., Campos, M. C. R., Pedroni, F., Sanchez, M., Pereira, L. S., Vieira, S. A., Gomes, J. A. M. A., Tamashiro, J. Y., Scaranello, M. A. S., Caron, C. J. & Joly, C. A. 2013. Disturbances, elevation, topography and spatial proximity drive vegetation patterns along an altitudinal gradient of a top biodiversity hotspot. *Biodiversity and conservation* 22(12): 2767-2783.
- Evans, K.L., Warren, P.H. & Gaston, K.J. 2005. Species–energy relationships at the macroecological scale: a review of the mechanisms. *Biol. Rev.* 80: 1–25.
- Ferraz, E. M. N., de Lima Araújo, E. & da Silva, S. I. 2004. Floristic similarities between lowland and montane areas of Atlantic Coastal Forest in Northeastern Brazil. *Plant Ecology* 174(1): 59-70.
- Fischer, A., Blaschke, M. & Bässler, C. 2011. Altitudinal gradients in biodiversity research: the state of the art and future perspectives under climate change aspects. *Forest Ecology, Landscape Research and Nature Conservation* 11: 35-47.
- Franklin, J. F., Shugart, H. H. & Harmon, M. E. 1987. Tree death as an ecological process. *BioScience* 37(8): 550-556.
- Gauch Jr, H. G. & Whittaker, R. H. 1981. Hierarchical classification of community data. *The Journal of Ecology* 69:537-557.
- Gautier, L., Chatelain, C., Callmander, M. W. & Phillipson, P. B. 2012. Richness, similarity and specificity of Madagascar flora compared with Sub-Saharan Africa. *Plant Ecology and Evolution* 145(1): 55-64.
- Gentry, A.H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of Missouri Botanical Garden* 75: 1-34.
- Gentry, A. H. 1995. Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forests. In: Churchill, S. P., H. Balslev., Forero, E. & Luteyn J. L. (eds.) *Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests*. pp. 103-126. Neotropical Montane Forest Biodiversity and Conservation Symposium. New York Botanical Garden, New York, New York.
- Gomes, J. A. M. A., Bernacci, L. C. & Joly, C. A. 2011. Diferenças florísticas e estruturais entre duas cotas altitudinais da Floresta Ombrófila Densa Submontana Atlântica, do Parque Estadual da Serra do Mar, município de Ubatuba/SP, Brasil. *Biota Neotropica* 11(2): 123-137.

- Gotelli, N. J. & Colwell, R. K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*. 4: 379–391.
- Hartshorn, G. S. 1980. Neotropical forest dynamics. *Biotropica* 12: 23-30.
- Hillebrand, H. 2004. On the generality of the latitudinal diversity gradient. *The American Naturalist* 163(2): 192-211.
- Holdridge, L. R., Grenke, W. C., Hatheway, W. H., Liang, T. & Tosi, J. A. 1971. *Forest environments in tropical life zones: a pilot study*. Pergamon Press, Oxford.
- Homeier, J., Breckle, S.W., Günter, S., Rollenbeck, R.T. & Leuschner, C. 2010. Tree diversity, forest structure and productivity along altitudinal and topographical gradients in a species-rich Ecuadorian montane rain forest. *Biotropica* 42: 140–148.
- Hubbell, S.P. & Foster, R.B. 1986. Commonness and rarity in a neotropical forest: implications for tropical tree conservation. In: M.Soulé (ed.) *Conservation Biology: Science of Scarcity and Diversity*. pp. 205–231. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2012. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. IBGE, Rio de Janeiro, Brasil.
- Ivanauskas, N. M., Monteiro, R. & Rodrigues, R. R. 2000. Similaridade florística entre áreas de Floresta Atlântica no Estado de São Paulo. *Brazilian Journal of Ecology* 1(2): 71-81.
- Joly, C. A., Leitão-Filho, H. de F. & Silva, S. M. 1991. O patrimônio florístico. In: Câmara, G (ed.) *Mata Atlântica*. pp. 9–128. Index & S.O.S. Mata Atlântica, São Paulo.
- Joly C. A., Assis, M. A., Bernacci, L. C., Tamashiro, J. Y., Campos, M. C. R., Gomes, J. A. M. A., Lacerda, M. S., Santos, F. A. M., Pedroni, F., Pereira, L. S., Padgurschi, M. C., Prata, E. M. B., Ramos, E., Torres R. B., Rochelle, A., Martins, F. R., Alves, L. F., Vieira, A. S., Martinelli, L. A., Camargo, P. B., Aidar, M. P. M., Eisenlohr, P. V., Simões, E., Villani, J. P. & Belinello, R. 2012. Florística e fitossociologia em parcelas permanentes da Mata Atlântica do sudeste do Brasil ao longo de um gradiente altitudinal. *Biota Neotrop* 12: 125–145.

- Jordan, C. F. & Murphy, P. G. 1978. A latitudinal gradient of wood and litter production, and its implication regarding competition and species diversity in trees. *American Midland Naturalist* 99: 415-434.
- Kessler, M. 2000 (a). Elevational gradients in species richness and endemism of selected plant groups in the central Bolivian Andes. *Plant Ecology* 149(2): 181-193.
- Kessler, M. 2000 (b). Altitudinal zonation of Andean cryptogam communities. *Journal of Biogeography* 27(2): 275-282.
- Kessler, M., Kessler, P. J., Gradstein, S. R., Bach, K., Schnull, M. & Pitopang, R. 2005. Tree diversity in primary forest and different land use systems in Central Sulawesi, Indonesia. *Biodiversity & Conservation* 14(3): 547-560.
- Klein, R. M. 1975. Southern Brazilian phytogeographic features and the probable influence of Upper Quaternary climate changes in the floristic distribution. *Boletim Paranaense de Geociências*. 33: 67-88.
- Kluge, J., Kessler, M. & Dunn, R. R. 2006. What drives elevational patterns of diversity? A test of geometric constraints, climate and species pool effects for pteridophytes on an elevational gradient in Costa Rica. *Global Ecology and Biogeography* 15(4): 358-371.
- Kopp, L. E. 1966. A taxonomic revision of the genus *Persea* in the Western hemisphere (Perseae – Lauraceae). *Mem. New York Bot. Gard.* 14(1): 1-120.
- Körner, C. 2000. Why are there global gradients in species richness? Mountains might hold the answer. *Trends in Ecology & Evolution* 15(12): 513-514.
- Kostermans, A. G. J. H. 1957. Lauraceae. Pengumuman Balai Besar Penyelidikan Kehutanan, Indonesia 57: 1-64.
- K. Sri-Gernyung, M., Kanzaki, T., Mizuno, H., Noguchi, S., Teejuntuk, C., Sungpalee, M., Hara, T., Yamakura, P., Sahunalu, P., Dhanmanonda, S., Bunyavejchewin. Habitat differentiation of Lauraceae species in a tropical lower montane forest in northern Thailand. *Ecol. Res.* 18:1-14.
- Kubitzki, K. & Renner, S. 1982. Lauraceae 1 (*Aniba* and *Aiouea*). *Fl. Neotrop. Monogr.* 31: 1-124.
- Kurz, H. 2000. Revision der Gattung *Licaria* (Lauraceae). *Mitt. Inst. Allg. Bot. Hamburg* 28/29: 89-221.

- Laurance, W. F. 2009. Conserving the hottest of the hotspots. *Biological Conservation* 142(6): 1137.
- Legendre, P. & Gallagher, E. D. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* 129(2): 271-280.
- Legendre, P. & Legendre, L. 2012. *Numerical Ecology*. 3rd English ed. Elsevier.
- Legendre, P., Oksanen, J. & ter Braak, C.J.F. 2011. Testing the significance of canonical axes in redundancy analysis. *Methods in Ecology and Evolution* 2: 269–277.
- Lieberman, D., Lieberman, M., Peralta, R. & Hartshorn, G. S. 1996. Tropical forest structure and composition on a large-scale altitudinal gradient in Costa Rica. *Journal of Ecology* 84: 137-152.
- Lôbo, D., Leão, T., Melo, F. P., Santos, A. M. & Tabarelli, M. 2011. Forest fragmentation drives Atlantic forest of northeastern Brazil to biotic homogenization. *Diversity and Distributions* 17(2): 287-296.
- Lorea-Hernández, F. G. 1996. A systematic revision of the Neotropical species of *Cinnamomum* Schaeffer (Lauraceae). *Unpublished Ph.D. thesis, University of Missouri-Saint Louis*, 259 p.
- Madriñán, S. 2004. *Rhodostemonodaphne* (Lauraceae). *Fl. Neotrop. Monogr.* 92: 1-102.
- Marques, M. C., Swaine, M. D. & Liebsch, D. 2011. Diversity distribution and floristic differentiation of the coastal lowland vegetation: implications for the conservation of the Brazilian Atlantic Forest. *Biodiversity and Conservation* 20(1): 153-168.
- McCune, B. & Mefford, M. J. 2006. PC-ORD 5.0. *Multivariate analysis of ecological data*. MjM Software, Gleneden Beach.
- Mittermeier, R. A., Gil, P. R., Hoffmann, M., Pilgrim, J., T Beooks, C. M., Lamoreux, J. & da Fonseca, G. A. B. 2004. Hotspots Revisted: Earth's Biologically Wealthiest and most Threatened Ecosystems. *CEMEX, México DF*, 99-103.
- Moraes, P. L. R. de. 2007. Taxonomy of *Cryptocarya* species of Brazil. *Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Brussels. Abc Taxa*, v. 3, p. 1–191, 2007.
- Morellato, L. P. C. & Haddad, C. F. 2000. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 32(4b): 786-792.

- Murray-Smith, C., Brummitt, N.A., Oliveira-Filho, A.T., Bachman, S., Moat, J., Lughadha, E.M.N. & Lucas, E.J. 2009. Plant diversity hotspots in the Atlantic coastal forests of Brazil. *Conservation Biology* 23: 151–163.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403(6772): 853-858.
- Nishida, S. 1999. Revision of *Beilschmiedia* (Lauraceae) in the Neotropics. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 86: 657-701.
- Oliveira-Filho, A. T. & Fontes, M. A. L. 2000. Patterns of Floristic Differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the Influence of Climate. *Biotropica* 32(4b): 793-810.
- Oksanen, J. 2011. Multivariate analysis of ecological communities in R: vegan tutorial. *R package version*, 2-0.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H. & Wagner, H. 2013. vegan: Community Ecology Package. *R package version* 2.0-8. URL: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Padgurschi, M. D. C. G., Pereira, L. D. S., Tamashiro, J. Y. & Joly, C. A. 2011. Floristic composition and similaritie between areas of Montane Atlantic Rainforest, São Paulo, Brazil. *Biota Neotropica*, 11(2): 139-152.
- Peres-Neto, P. R., & Legendre, P. 2010. Estimating and controlling for spatial structure in the study of ecological communities. *Global Ecology and Biogeography*, 19(2): 174-184.
- Pianka, E. R. 1966. Latitudinal gradients in species diversity: a review of concepts. *American Naturalist*, 100: 33-46.
- Prata, E. M. B., Assis, M. A. & Joly, C. A. 2011. 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): 1-15.
- Quinet, A., Baitello, J. B. & Moraes, P. L. R. 2010. Lauraceae. In: Forzza, R.C. *et al.* (eds.) *Lista de espécies da flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. URL: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>

- Ramos, E., Torres, R. B., de Arruda Veiga, R. F. & Joly, C. A. 2011. Estudo do componente arbóreo de dois trechos da Floresta Ombrófila Densa Submontana em Ubatuba (SP). *Biota Neotropica* 11(2): 313-335.
- R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>.
- Rahbek, C. 1995. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern?. *Ecography* 18(2): 200-205.
- Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., Martensen, A. C., Ponzoni, F. J. & Hirota, M. M. 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological conservation* 142(6): 1141-1153.
- Rochelle, A. L. C., Cielo-Filho, R. & Martins, F. R. 2011. Tree community structure in an Atlantic forest fragment at Serra do Mar State Park, southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 11(2): 337-346.
- Rohde, K. 1996. Rapoport's rule is a local phenomenon and cannot explain latitudinal gradients in species diversity. *Biodiversity Letters* 3: 10-13.
- Rohde, K. 1999. Latitudinal gradients in species diversity and Rapoport's rule revisited: a review of recent work and what can parasites teach us about the causes of the gradients?. *Ecography* 22(6): 593-613.
- Rohwer, J. G. 1986. Prodrum einer Monographie der Gattung *Ocotea* Aubl. (Lauraceae) sensu lato. *Mitt. Inst. Allg. Bot. Hamburg* 20: 1-278.
- Rohwer, J. G. 1988. The genera *Dicypellium*, *Phyllostemonodaphne*, *Systemonodaphne* and *Urbanodendron* (Lauraceae). *Bot. Jahrb. Syst.* 110(2): 157-171.
- Rohwer, J. G. 1993a. Lauraceae. Pp. 366-391, in: K. Kubitzki, J. G. Rohwer and V. Bittrich (eds.) *The families and genera of vascular plants. Flowering plants. Dicotyledons*. Springer-Verlag, Berlin, v. 2.
- Rohwer, J. G. 1993b. Lauraceae: *Nectandra*. *Fl. Neotrop. Monogr.* 60: 1-333.
- Rosenzweig, M.L. 1995. *Species Diversity in Space and Time*, Cambridge University Press.
- Sanchez M., Pedroni F., Eisenlohr P. V., Oliveira-Filho A. T. 2013. 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.
- Sánchez-Gallen, I., Álvarez-Sánchez, F. J. & Benítez-Malvido, J. 2010. Structure of the advanced regeneration community in tropical rain forest fragments of Los Tuxtlas, Mexico. *Biological Conservation* 143(9): 2111-2118.
- Scudeller, V. V., Martins, F. R. & Shepherd, G. J. 2001. Distribution and abundance of arboreal species in the atlantic ombrophilous dense forest in Southeastern Brazil. *Plant Ecology* 152(2): 185-199.
- Sokal, R. R. & Rohlf, F. J. 1995. *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. Freeman, New York.
- Souza, A. C. O. 2013. 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*. pp. 92 fls Instituto Agronômico de Campinas, Campinas.
- Spies, T. A. & Franklin, J. F. 1989. Gap characteristics and vegetation response in coniferous forests of the Pacific Northwest. *Ecology* 70(3): 543-545.
- Stehmann, J.R., Forzza, R.C., Salino, A., Sobral, M., Costa, D.P.D. & Kamino, L.H.Y. 2009. *Plantas da Floresta Atlântica*. Rio de Janeiro, Jardim Botânico do Rio de Janeiro.
- Stevens, G. C. 1989. The latitudinal gradient in geographical range: how so many species coexist in the tropics. *American Naturalist* 133: 240-256.
- Stevens, G. C. 1992. The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapoport's latitudinal rule to altitude. *American Naturalist* 140: 893-911.
- Swaine, M. D., Lieberman, D. & Putz, F. E. 1987. The dynamics of tree populations in tropical forest: a review. *Journal of tropical ecology* 3(4): 359-366.
- Swaine, M. D., Lieberman, D. & Hall, J. B. 1990. Structure and dynamics of a tropical dry forest in Ghana. *Vegetatio* 53: 31–51.
- Terborgh, J. 1985. The vertical component of plant species diversity in temperate and tropical forests. *American Naturalist* 126: 760-776.
- Tuomisto, H., Ruokolainen, K. & Yli-Halla, M. 2003. Dispersal, environment, and floristic variation of western Amazonian forests. *Science* 299(5604): 241-244.

- Vázquez, G. J. A. & Givnish, T. J. 1998. Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantlán. *J. Ecol* 86: 999-1020.
- van der Werff, H. 1992. Substrate preference of Lauraceae and ferns in the Iquitos area, Peru. *Candollea* 47: 11-20.
- Veloso, H. P., Rangel-Filho, A. L. R. & Lima, J. C. A. 2012. Classificação da Vegetação Brasileira, Adaptada a um Sistema Universal. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. IBGE, Rio de Janeiro, Brasil.
- von Humboldt, A. 1807. *Ideen Zu Einer Geographie der Pflanzen*. Reprint, 1963. Wissenschaftl. Buchges., Darmstadt.
- Wallace, A. R. 1878. *Tropical Nature: And Other Essays*. Macmillan, London.
- Whitmore, T. C. 1989. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology* 70(3): 536-538.
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213-251.
- Willig, M. R., Kaufman, D. M. & Stevens, R. D. 2003. Latitudinal gradients of biodiversity: pattern, process, scale, and synthesis. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34: 273-309.

CAPÍTULO II

A DISTRIBUIÇÃO DE LAURACEAE NA COMUNIDADE ARBÓREA AO LONGO DE UM GRADIENTE ALTITUDINAL NA FLORESTA PLUVIAL ATLÂNTICA: ESTRUTURA E DIVERSIDADE

A DISTRIBUIÇÃO DE LAURACEAE NA COMUNIDADE ARBÓREA AO LONGO DE UM GRADIENTE ALTITUDINAL NA FLORESTA PLUVIAL ATLÂNTICA: ESTRUTURA E DIVERSIDADE

RESUMO

Comparamos os padrões vegetacionais (diversidade e estrutura) da família Lauraceae e da comunidade arbórea como um todo, em um gradiente altitudinal (10 a 1.093m) na Floresta Pluvial Atlântica do sudeste brasileiro. Procuramos entender como a família contribuiu para a estrutura e diversidade da comunidade arbórea, analisando os dados de 15 levantamentos florísticos-fitosociológicos (1 ha cada), distribuídos em diferentes cotas de altitude. Estes levantamentos envolveram todos os indivíduos arbóreos com PAP ≥ 15 cm, para os quais realizamos uma revisão dos espécimes coletados da família Lauraceae. Para verificar o efeito da variação altitudinal, consideramos a altitude média e amplitude de elevação de cada parcela levantada. Foram amostrados 22.895 indivíduos arbóreos vivos no total, distribuídos em 859 espécies de 70 famílias. Lauraceae apresentou a quarta maior riqueza de espécies (6,4% do total de espécies), precedida por Myrtaceae (23,8%), Rubiaceae (7,9%) e Fabaceae (6,6%). A contribuição da família, na diversidade da comunidade arbórea, foi mais expressiva na região acima dos 1.000m de altitude, e ao longo do gradiente estudado substituiu, especialmente, Fabaceae. Encontramos, também, um padrão uniforme de distribuição espacial de Lauraceae, o qual foi alterado, com tendência a aleatoriedade, apenas em regiões com grande amplitude de elevação (>50 m). Em geral, encontramos diferenças entre os padrões vegetacionais de Lauraceae e da comunidade arbórea, onde suas composições florísticas determinaram diferentes formas de agrupamento dos hectares avaliados. Encontramos um aumento na altura média dos indivíduos, da família e da comunidade, com o incremento da altitude no gradiente estudado ($p < 0,05$). Mas, a área basal total de Lauraceae foi maior em áreas acima dos 1.000m, enquanto que na comunidade arbórea os maiores valores foram em áreas de média elevação. Nossos resultados corroboram a elevada importância de Lauraceae em Florestas Tropicais e demonstraram suas formas de contribuição. Assim, ao longo de gradientes ambientais, as diferentes espécies e famílias de uma comunidade podem apresentar padrões de variação distintos.

Palavras-chave: Padrões vegetacionais, Análises Multivariadas, Rarefação, Diversidade, Distribuição espacial, Regra de Rapoport.

LAURACEAE'S DISTRIBUTION ON THE ARBOREAL COMMUNITY ALONG AN ALTITUDINAL GRADIENT IN THE ATLANTIC RAINFOREST: STRUCTURE AND DIVERSITY

ABSTRACT

Lauraceae's vegetation patterns (diversity and structure) were compared with the patterns shown by tree community as a whole, along an altitudinal gradient (10 to 1.093m) in the Atlantic Rainforest of southeastern of Brazil. In order to evaluate how Lauraceae family contributes to the structure and diversity of tree community, we analyzed the data of 15 floristic and structural surveys (1-ha plot), distributed in different altitudinal ranges. The surveys sampled all trees with dbh ≥ 4.8 cm, which we review the collected specimens of Lauraceae family. To evaluate the effect of altitudinal variation, we consider the average elevation and range of elevation of each plot as variables of our analyses. A total of 22.895 live trees, 859 species, and 70 families were sampled. Lauraceae presented the fourth highest species richness in studied area (6.4% of total species), preceded by Myrtaceae (23.8%), Rubiaceae (7.9%) and Fabaceae (6.6%). The family contribution on diversity of tree community was more expressive in the region above the 1,000m altitude, and along the gradient studied substituted, especially, Fabaceae. We also found a uniform pattern of Lauraceae spatial distribution, which was modified, with a tendency to randomness, only in regions with high elevational ranges (>50 m). In general terms, we found differences between vegetation patterns of Lauraceae and the tree community, and their floristics compositions led to different arrays of grouping of acres assessed. We found an increase in the average height of individuals, for the two assessed categories (family and community), with increasing altitude in the the gradient studied ($p < 0.05$). But, the total basal area of Lauraceae was higher in areas above 1,000 m, whereas in tree community the highest values were found for areas of medium elevation. Our results corroborate that Lauraceae has a high importance in Tropical Forests and shown the forms of family contribution for the tree community. We support the idea that different species and family can respond differently to environmental gradients.

Keywords: Vegetacional patterns. Multivariate analysis. Rarefaction analysis. Diversity. Spatial distribution. Rapoport's rule.

3.1 INTRODUÇÃO

Nas florestas tropicais, as diferentes composições florísticas e estruturais são conduzidas por um conjunto de fatores, onde as condições edáficas, climáticas e topográficas locais, junto à complexa dinâmica destas florestas são reportadas como os seus principais modeladores (Pires & Prance 1985; Gartlan et al. 1986; Saldarriaga et al. 1988; Swaine et al. 1990; Clark and Clark 1992; Austin et al. 1996; Clark et al. 1999; John et al. 2007). Neste contexto, os gradientes latitudinais e altitudinais são tratados como elementos chave para o arranjo da riqueza e distribuição de espécies arbóreas em florestas das áreas neotropicais (e.g. Jordan & Murphy 1978; Gentry 1988; Stevens 1989; Lieberman et al. 1996; Givnish 1999, Chown & Gaston 2000, Korner 2007).

Considerando a distribuição de espécies vasculares ao longo de gradientes altitudinais dois padrões característicos são usualmente reportados para as florestas tropicais. De acordo com Stevens (1992), em uma extensão da regra de Rapoport (Rapoport 1975, Stevens 1989), haveria um decréscimo na riqueza de espécies com o incremento de altitude. Por outro lado, algumas teorias apontam que ocorreria um número maior de espécies para regiões de média elevação (Colwell and Hurt 1994; Colwell & Less 2000; Colwell et al. 2004).

A ocorrência destes diferentes padrões parece estar relacionada com a escala utilizada nos estudos, uma vez que as comunidades vegetais que ocorrem ao longo de gradientes de altitude, podem apresentar maiores ou menores variações de seus padrões florísticos, dependendo da latitude, amplitude de elevação e climas regionais, resultando em curtos (<2.000m) ou longos (>2.000m) gradientes altitudinais (Grubb 1977; Bruijnzeel & Veneklaas 1998; Whitaker et al. 2001). Assim, para as comunidades arbóreas de regiões tropicais, alguns padrões descritos para curtos gradientes de altitude (Oliveira-Filho & Fontes 2000; Sanchez-González & López-Mata 2005; Sanchez et al. 2013) parecem não refletir aqueles encontrados em gradientes mais longos (Gentry 1988; Lieberman et al. 1996; Homeier et al. 2010).

Além disso, alguns trabalhos apontam que grupos como briófitas e pteridófitas, árvores e arbustos, e importantes famílias tropicais como Bromeliaceae e Melastomataceae, apresentam de padrões variações distintos de riquezas entre si e em comparação com a comunidade como um todo (e.g Kessler 2001; Sánchez-González & López-Mata 2005; Santos & Costa 2010).

Na Floresta Atlântica, importante hotspot mundial (Myers et al. 2000), estudos realizados ao longo de curtos gradientes de altitude, revelaram um efeito do tipo arco para a sua diversidade vegetal e correlacionaram algumas características do solo e da estrutura vegetal com a variação na diversidade de diferentes áreas amostradas (Scudeller et al. 2001; Joly et al. 2012; Eisenlohr et al. 2013). Mas, as mudanças estruturais e alterações nas composições florísticas de suas principais famílias, como Myrtaceae, Rubiaceae e Lauraceae, ainda são desconhecidas e pouco exploradas.

Somado a isto, Lieberman et al. (1996) indicaram que pode ocorrer uma substituição na contribuição das espécies e das famílias mais ricas e abundantes ao longo de gradientes de altitude de florestas tropicais, e Gentry (1988) apontou um modelo de aumento de indivíduos e espécies da família Lauraceae com o acréscimo de altitude, a qual poderia estar substituindo as espécies de outras famílias.

Deste modo, confrontamos os padrões florísticos e vegetacionais (diversidade e estrutura) de Lauraceae aos apresentados pela comunidade arbórea como um todo, abordando as seguintes questões: (1) Como a riqueza de espécies de Lauraceae contribui para a diversidade arbórea da Floresta Pluvial Atlântica? (2) O padrão de distribuição espacial dos indivíduos da família difere ao longo do gradiente de altitude? (3) Os agrupamentos das parcelas por similaridade florística da família e da comunidade arbórea são semelhantes? (4) A estrutura da família Lauraceae reflete aquela apresentada pela comunidade? Caso isto não ocorra, como ela está diferindo? (5) Há padrões vegetacionais, ao longo do gradiente, segundo parâmetros estruturais, florístico e ambientais? Caso isto ocorra, ele é semelhante entre as categorias utilizadas (comunidade e família)?

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Área de estudo

O estudo seguiu a partir dos dados de 15 levantamentos florísticos e fitossociológicos, de um hectare cada (parcela), distribuídos ao longo de um gradiente altitudinal (10 a 1093 m) na Floresta Pluvial Atlântica, ou Floresta Ombrófila Densa (FOD - vide Joly et al. 1992) do Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, Brasil (Fig. 3.1). De acordo com o sistema de Köppen (1948), o clima regional é tropical chuvoso (Af) com precipitação média anual de 2.500mm e temperatura média anual

variando de 19° até 25,5°C (Sentelhas et al. 1999). Os solos são geralmente pobres em nutrientes, com baixa fertilidade e altos níveis de alumínio (Joly et al. 2012).

As parcelas amostradas estão listadas na Tabela 3.1, em ordem alfabética de acordo com suas posições na topografia. Os códigos das parcelas seguem aqueles do Projeto “BIOTA - Gradiente Funcional” (Joly et al. 2012). A designação das fisionomias segundo as altitudes (Tabela 3.1) seguiram o sistema de classificação da vegetação do Brasil (IBGE 2012), mas foi utilizada uma adaptação na classificação com base nas observações de campo da equipe de pesquisa.

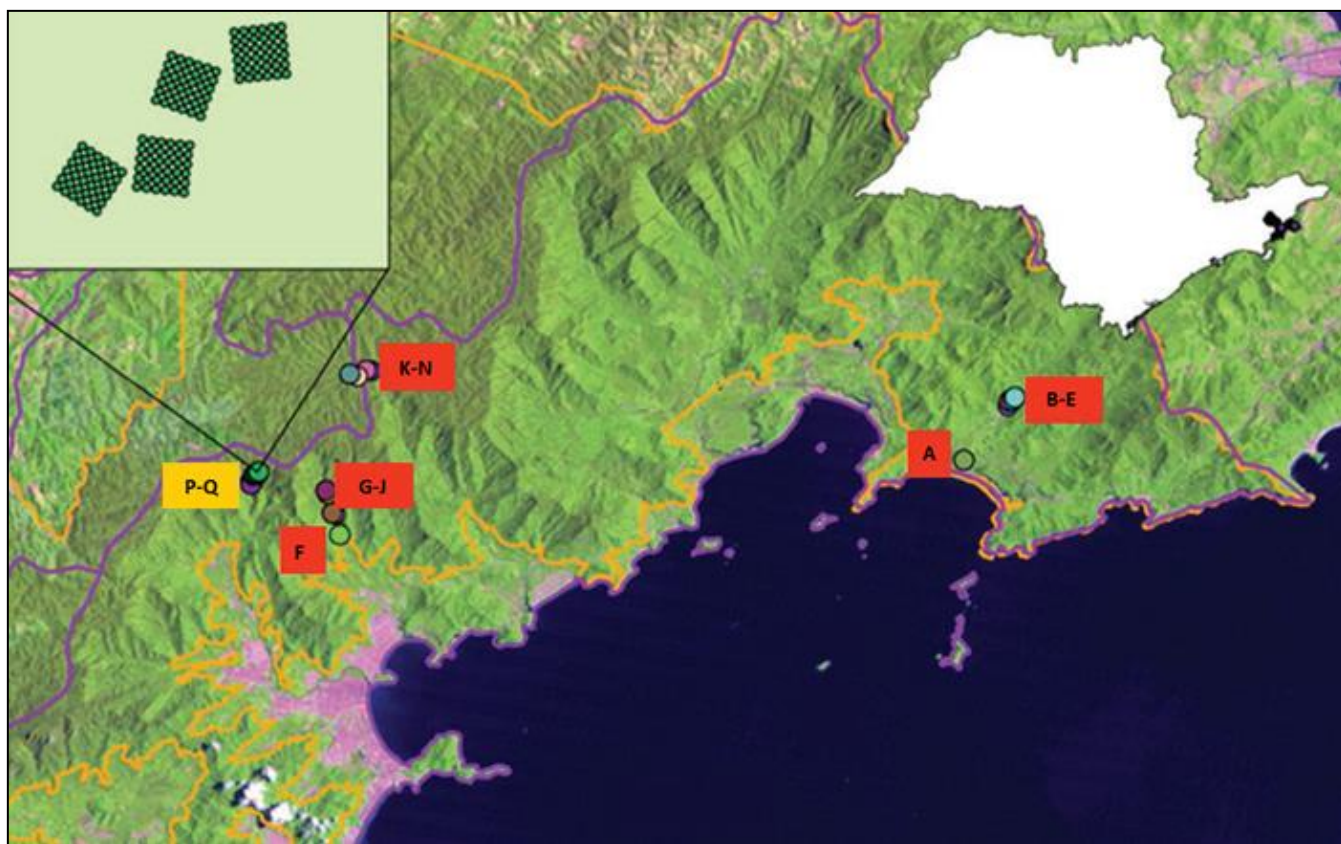


Figura 3.1. Localização das parcelas de estudo no Parque Estadual da Serra do Mar, Sudeste do Brasil. Adaptado de Joly et al. (2012).

3.2.2 *Amostragem e compilação dos dados*

A amostragem da comunidade arbórea envolveu todos os indivíduos arborescentes, incluindo palmeiras e samambaias, com PAP ≥ 15 cm. Esses foram prontamente identificados em campo ou coletados para determinação *a posteriori* e incorporação em herbários. Para cada planta foi obtido o PAP, altura total e sua posição nas subparcelas, por meio da medida das coordenadas x e y. A classificação seguiu o sistema de famílias do Angiosperm Phylogeny Group (APG III 2009), e as sinonímias

foram verificadas através da Lista de Espécies da Flora do Brasil (2013). Para a família estudada, foi realizada uma revisão dos espécimes coletados da família estudada, segundo os procedimentos descritos no 1º Capítulo.

Os dados foram compilados através da revisão da literatura ou obtidos diretamente com os pesquisadores que realizaram os respectivos levantamentos das parcelas (e.g. Alves et al. 2010; Assis et al. 2011; Campos et al. 2011; Gomes et al. 2011; Prata et al. 2011; Ramos et al. 2011; Rochelle et al. 2011; Padgurschi et al. 2011; Joly et al. 2012; Eisenlohr et al. 2013; Souza 2013). Contudo, devido à uma identificação incompleta dos indivíduos da parcela “M”, os dados deste hectare foram utilizados apenas para as análises da família Lauraceae.

Tabela 3.1. Designações (letras) e informações ambientais e estruturais para 15 levantamentos ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do Sudeste do Brasil. I.n.f- Identificação não finalizada; FOD – Floresta Ombrófila Densa.

Parcelas	Tipo Florestal*	Coordenadas geográficas (lat, long)*	Altitude Média (m)*	Amplitude de elevação (m)*	Nº. Indivíduos/ Espécies da Comunidade*	Nº. Indivíduos/ Espécies de Lauraceae **	Área basal de indivíduos mortos*	Área total ocupada por clareiras (m)*
“A”	<i>Restinga</i>	23°21'21”S 44°51'04”W	10	1	1669/ 85	34/ 4	0,4	2,053
“B”	FOD das Terras Baixas	23°20'14”S 44°50'06”W	46	23	1180/ 152	38/ 6	0,44	2,700
“C”	FOD das Terras Baixas	23°20'08”S 44°50' 04”W	64	22	1144/ 126	31/ 5	2,23	2,588
“D”	FOD das Terras Baixas	23°20'08”S 44°50'00”W	57	26	1347/ 154	20/ 6	0,89	3,526
“E”	FOD das Terras Baixas	23°20'04”S 44°49'57”W	73	25	1272/ 141	27/ 8	1,03	2,774
“F”	FOD das Terras Baixas Exploradas	23°22'53”S 45°04'46”W	105	28	1382/ 106	51/ 7	1,12	4,770
“G”	FOD Sub montana	23°22'26”S 45°04'51”W	188	22	1494/ 151	68/ 8	1,95	1,970
“H”	FOD Sub montana	23°22'25”S 45°04'55”W	208	16	1544/ 153	40/ 7	1,73	3,245

Parcelas	Tipo Florestal*	Coordenadas geográficas (lat, long)*	Altitude Média (m)*	Amplitude de elevação (m)*	N°. Indivíduos/ Espécies da Comunidade*	N°. Indivíduos/ Espécies de Lauraceae **	Área basal de indivíduos mortos*	Área total ocupada por clareiras (m)*
“I”	FOD Sub montana	23°22’01”S 45°05’01”W	350	48	1992/ 203	54/ 10	0,83	1,627
“J”	FOD Sub montana	23°21’58”S 45°05’03”W	375	46	1804/ 209	67/ 15	2,11	1,749
“Q”	FOD Montana	23°21’48”S 45°06’41”W	625	69	1728/ 193	42/ 13	2,03	-
“P”	FOD Montana	23°21’38”S 45°06’35”W	812	108	1644/ 183	51/ 8	2,11	-
“K”	FOD Montana	23°19’32”S 45°04’05”W	1066	47	1852/ 175	143/ 25	3,14	1,531
“M”	FOD Montana	23°19’34”S 45°04’22”W	1045	47	1554/ I.n.f	224/ 31	3,28	1,318
“N”	FOD Montana	23°19’36”S 45°04’32”W	1025	34	1756/ 149	112/ 14	3,16	2,303

* Dados retirados de Eisenlohr et al. 2013 e comunicação pessoal dos pesquisadores. ** Dados extraídos do 1º Capítulo.

3.2.3 *Composição florística e análises de distribuição espacial*

Para analisar a contribuição florística da família Lauraceae na comunidade arbórea como um todo, verificamos a ocorrência de modelos de variação da diversidade alpha, considerada, neste estudo, como a riqueza de espécies em cada parcela, e da abundância de indivíduos para as quatro famílias de maior riqueza na área, e comparamos os modelos destas entre si e com aqueles apresentados pela comunidade estudada. Entretanto, tendo em vista a diferença no número de indivíduos amostrados entre as parcelas, tanto para a comunidade quanto para as famílias botânicas, comparamos as riquezas de espécies (diversidade α) por meio do algoritmo de rarefação baseado no número de indivíduos (Gotelli & Colwell, 2001), realizando 10.000 aleatorizações dos dados. As análises foram conduzidas no software EstimateS 9.0.0 (Colwell 2013) e no *software* R (R Core Team 2013).

A distribuição espacial foi analisada por meio da função K de Ripley, no *software* R (R Core Team 2013) com o pacote *spatstat* (Baddeley & Turner 2005).

Conduzimos as análises para o conjunto de indivíduos da família, uma vez que todas as espécies de Lauraceae analisadas são Zoocóricas (e.g. Pijl 1972), e consideramos a dispersão como um dos processos principais no arranjo demográfico das populações de plantas (e.g. Jordano 2000; Levine & Murrel 2003).

O erro causado pelas bordas foi atenuado por uma função com correção de bordadura segundo Ripley (1977), onde assumimos, neste estudo, uma escala de distância entre um e 50 m, conforme sugerido por Diggle (1983). Para melhor visualização gráfica, os dados foram transformados através da função $L(s) = \sqrt{K(s)} / \pi - s$, onde foi subtraído do valor obtido pela função $K(s)$ observada, o valor da função esperada (s). As significâncias dos valores obtidos foram testadas a partir de envelopes de confiança, os quais foram gerados, mantendo-se fixas as posições dos eventos (árvores) e distribuindo-se aleatoriamente as marcas sobre estes eventos. Assim, a hipótese da completa aleatoriedade espacial (CSR) ou envelopes de confiança, foi estabelecido a partir de 10.000 simulações de Monte Carlo.

3.2.4 Análises de agrupamento

Os agrupamentos entre as parcelas foram verificados a partir de duas análises. Primeiro, nós utilizamos um método de classificação não hierárquico *K-means* (Dufrêne & Legendre 1997), onde o critério de Calinski-Harabasz (Calinski e Harabasz 1974) foi usado para selecionar o número de partições ideais a partir da composição de espécies, e assim, a formação dos grupos foi gerada a partir de 1.000 iterações dos dados florísticos (número de espécies e indivíduos) e ambientais (média e amplitude de elevação) de cada parcela, com 10.000 aleatorizações do conjunto de dados. Empregamos a *PERMANOVA* (Anderson 2001) a fim de testar a variação entre os dados para os grupos formados, adotando $\alpha \leq 0,05$. Ainda, utilizamos os grupos formados no *K-means* em uma análise de espécies indicadoras, *ISA* (Dufrêne e Legendre, 1997), a fim de extrair as espécies significativamente associadas ($p < 0,05$) com cada grupo, obtendo um Valor Indicador (VId) para cada uma destas espécies.

Posteriormente, realizamos uma análise de agrupamento, consideramos a composição de espécies em cada hectare, onde retiramos os indivíduos com identificação incompleta, ou seja, aquelas em nível genérico e a conferir (*cf.*), e verificamos as relações de similaridades das parcelas por um método de agrupamento

hierárquico, onde o coeficiente de *Bray-Curtis* foi empregado como medida de distância e a média de grupo (*UPGMA*) como método de ligação. Estas análises foram processadas através do *software* R, com o pacote *vegan* (Oksanen et al 2013).

3.2.5 Estrutura e padrões vegetacionais

As análises estruturais (fitossociológica) foram realizadas para toda a comunidade arbórea e especificamente para Lauraceae, sendo avaliados os parâmetros para cada trecho levantado (parcela), para cada tipo florestal e para o conjunto de dados (gradiente altitudinal). Consideramos os descritores fitossociológicos como densidade, frequência e dominâncias relativas, e o valor de importância (VI) para todas as espécies registradas, de acordo com Mueller-Dombois & Ellenberg (1974). Os cálculos seguiram com auxílio dos *softwares* FITOPAC II (Shepherd 2010).

Assim, a partir dos dados florísticos e estruturais construímos duas matrizes biológicas, sendo uma com a composição de espécies e outra com os parâmetros estruturais da comunidade arbórea. Uma terceira matriz envolveu as variáveis ambientais de cada hectare analisado, como a elevação média e a amplitude de elevação.

A variação do conjunto de dados biológicos ao longo do gradiente altitudinal foi testada, para a comunidade e para Lauraceae, através da *PERMANOVA* (Anderson 2001), com 10.000 aleatorizações dos dados. Posteriormente, verificamos quais descritores estruturais estavam variando ao longo do gradiente por meio de *One-Way ANOVA*, a partir dos dados padronizados, confrontando cada parâmetro fitossociológico com as variações altitudinais. Em caso de resultado significativo, conduzimos análises de regressão para verificar a ocorrência de algum modelo para a variação do parâmetro no gradiente e *ANOVAs* baseadas em teste de permutação, com 10.000 aleatorizações dos dados, para verificar se haviam diferenças entre as médias destes parâmetros.

As comparações e escolhas de modelos de regressão foram feitas pelo Critério de Informação de Akaike (AIC), e uma vez que a autocorrelação espacial entre as parcelas estudadas poderia inflacionar o erro do tipo I (ver Peres- Neto & Legendre 2010), testamos a normalidade dos resíduos de todas as análises de Regressão, excluindo os modelos que foram autocorrelacionados.

Para as análises de ordenação, novamente retiramos da matriz biológica as espécies com identificação incompleta, e padronizamos os dados por meio da transformação de *Hellinger* (Legendre & Gallagher 2001). Assim, conduzimos Análises de Redundância (*RDA*) para comparar os padrões vegetacionais apresentados pela comunidade e pela família estudada, a partir das correlações entre a estrutura e a composição de espécies nas parcelas consideradas, e as significâncias dos modelos gerados foram obtidas através de testes de permutação (Oksanen 2011), com 10.000 aleatorizações do conjunto de dados.

Os dados relativos à família Lauraceae foram sempre confrontados frente aos dados das respectivas comunidades (parcelas de 1 ha e tipos florestais) e como um todo no gradiente. As análises foram realizadas no *software* R (R Core Team 2013), utilizando o pacote *vegan* (Oksanen et al. 2013) adotando $\alpha \leq 0,05$.

3.3 RESULTADOS

3.3.1 Diversidade e distribuição espacial ao longo de um gradiente altitudinal

Foram amostrados 23.362 indivíduos arbóreos na comunidade, onde 86 permaneceram indeterminados e 2,0% estavam mortos, os quais foram excluídos das matrizes de abundância de indivíduos e diversidade. A riqueza encontrada foi de 859 espécies distribuídas entre 70 famílias, porém 250 indivíduos ficaram em meio a 59 espécies a conferir, e foram eliminados, também, das análises de agrupamento e ordenação.

Entre as famílias identificadas, as quatro de maior riqueza envolveram 44,7% do total de espécies, onde Myrtaceae foi a mais rica (23,8% das espécies), seguida por Rubiaceae (7,9%), Fabaceae (6,6%) e Lauraceae (6,4%). Ainda, 52 famílias foram representadas por menos de 10 espécies, das quais 11 apresentaram apenas uma espécie.

Em relação ao número de indivíduos, Lauraceae foi a quinta família mais abundante (4,3 % do total de indivíduos), e os maiores números de indivíduos foram registrados para Rubiaceae (17,5%), Myrtaceae (16,1%), Arecaceae (14,7%) e Monimiaceae (5,5%). Entre as espécies *Euterpe edulis* (Arecaceae) apresentou a maior abundância (10,6% do total de indivíduos) e o maior valor de importância (VI = 6,59%), seguido por *Guapira opposita* (Nyctaginaceae) com 554 indivíduos e VI = 2,64%, e *Bathysa mendoncae* (Rubiaceae) com 681 indivíduos e VI = 2,11%.

A análise de rarefação revelou padrões divergentes para as quatro famílias de maior riqueza de espécies (Fig. 3.2), com valores de regressões consideráveis ($R^2 \geq 0,45$). As relações apresentadas entre a variação altitudinal e o número de espécies foram distintas, onde as análises para a comunidade e para as famílias Myrtaceae e Rubiaceae revelaram efeitos do tipo arco, muito pronunciado para a segunda família, e Fabaceae e Lauraceae apresentaram relações exponenciais com o gradiente, mas de forma opostas, ocorrendo um decréscimo e um incremento de diversidade, respectivamente (Fig. 3.2).

Apesar disso, foram constatadas correlações na variação do número de indivíduos e espécies apenas para as famílias Rubiaceae e Lauraceae, ou seja, os modelos de variação na abundância, ao longo do gradiente altitudinal, repetiram os modelos de variação da riqueza de espécies somente nestas duas famílias. Ainda, por mais que esta relação pareça ocorrer para a comunidade arbórea, não foi encontrado um ajuste com valores expressivos ($R^2 > 0,3$) para a variação de sua abundância.

Riqueza e Abundância

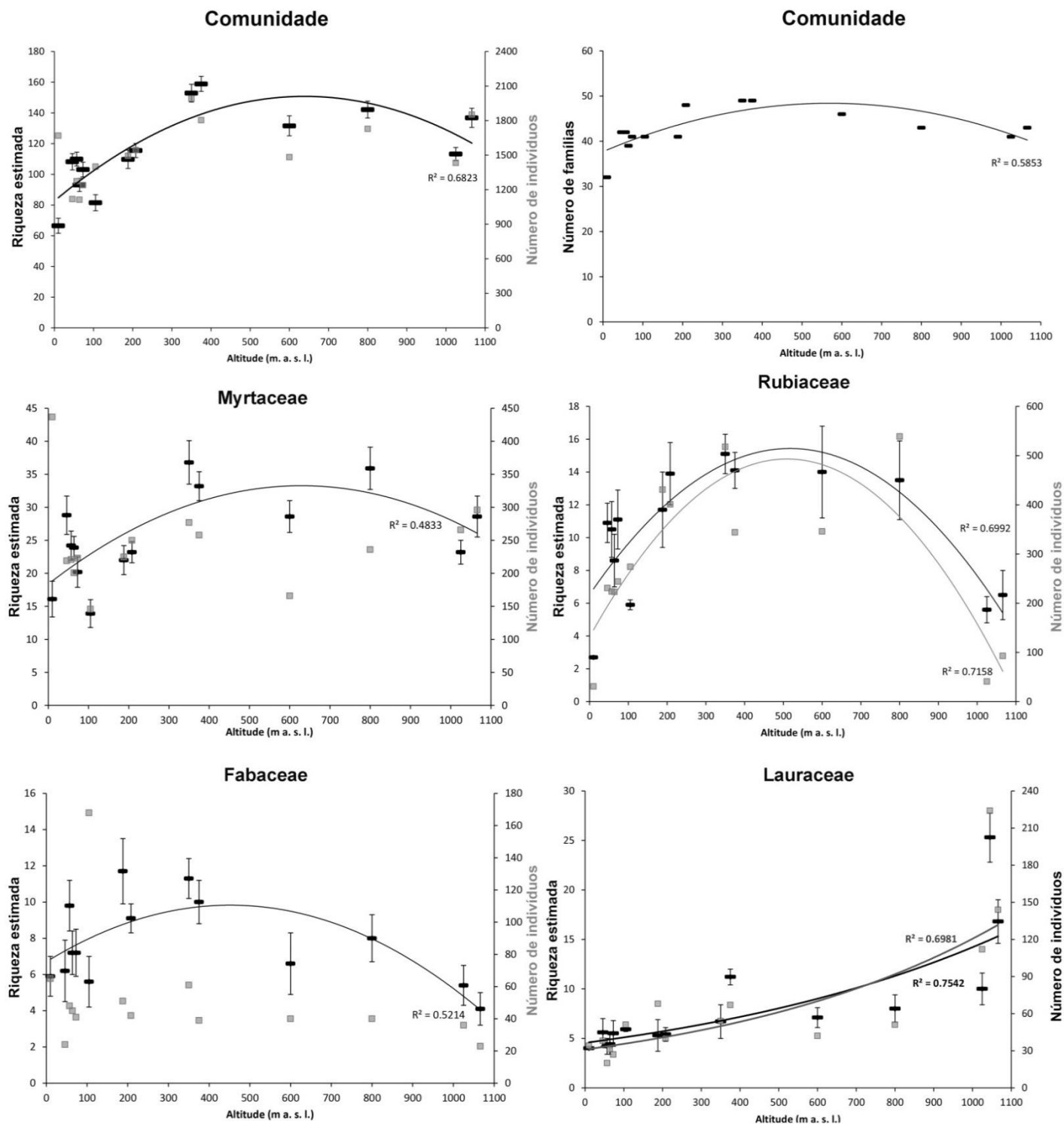


Figura 3.2. Estimativa de riqueza (rarefação) e o número de indivíduos para as quatro famílias com maior riqueza de espécies e para a comunidade arbórea entre os 14 hectares analisados ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do Sudeste do Brasil. Retângulos pretos – riqueza estimada; Quadrados cinzas – Número de indivíduos. Barras verticais – desvio padrão. Para Lauraceae, a análise considerou 15 hectares.

As análises espaciais revelaram dois padrões de distribuição para os indivíduos de Lauraceae (fig. 3.3). Considerando a escala utilizada, distâncias de até 50m, em grande parte das parcelas (80% do total) os indivíduos da família se distribuem uniformemente, padrão indicado pelos valores estimados de L (linhas contínuas) sempre abaixo do intervalo de confiança para a CSR.

Entretanto, para 20% dos hectares analisados, a distribuição espacial da família foi distinta, mas entre dois o padrão foi próximo, apresentando inicialmente uma distribuição agregada dos indivíduos, evidenciada pelo L estimado acima das linhas de CSR. Mas, nas parcelas “P” e “Q” parece não ocorrer um padrão de distribuição espacial, onde os indivíduos da família apresentam diferentes arranjos conforme o aumento da escala de análise. Por fim, na parcela “C” os indivíduos tendem a se apresentar de forma agregada até distâncias de 40m, e para distância maiores se apresentam aleatoriamente.

Distribuição espacial da família Lauraceae

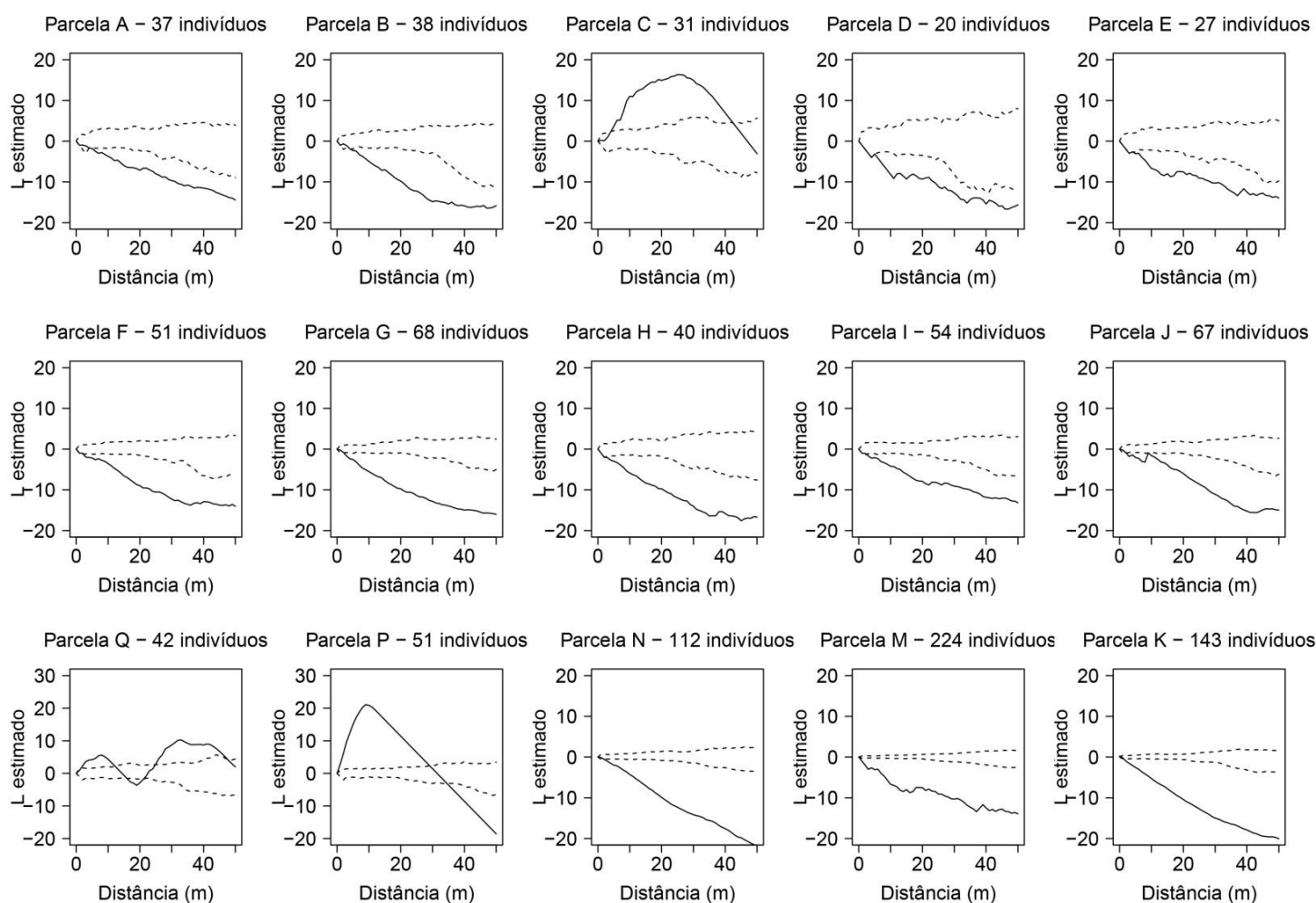


Figura 3.3. Análise de distribuição espacial dos indivíduos de Lauraceae, a partir da função K-Ripley, para os 15 hectares analisados ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do Sudeste do Brasil. Linhas contínuas – Valores de L estimado; Linhas tracejadas – Intervalos de confiança para hipótese de completa aleatoriedade espacial.

3.3.2 *Agrupamentos e similaridades florísticas*

Os agrupamentos gerados pelo método *K-means* (a partir do critério utilizado) foram distintos entre a comunidade arbórea e a família Lauraceae (Fig. 3.4), mas encontramos diferenças significativas ($p < 0,05$) para os dois conjuntos de dados analisados. No agrupamento gerado pelos dados da comunidade, as parcelas “A” e “F” ficaram dissociadas dos demais hectares, e apesar das associações encontradas para os pares “K”, “N” e “P”, “Q”, apenas dois grupos foram formados, envolvendo 4 parcelas cada. O resultado para Lauraceae indicou a formação de três grupos, onde um grupo envolveu os hectares situados acima dos 1.000m de altitude, outro abrangeu as parcelas posicionadas entre os 300 e 900m, e as amostras abaixo dos 300m de altitude formaram um último agrupamento. Contudo, a parcela amostrada na *Restinga*, ficou mais dissociada dentro deste último grupo.

A análise de espécies indicadoras, dados não apresentados, revelou ao menos uma espécie com associação significativa ($p < 0,05$) para cada grupo formado no *K-means*, tanto para a comunidade como para a família abordada. Assim, para a comunidade a espécie *Lonchocarpus cultratus* (Fabaceae) foi indicadora ($VId=0,91$ e $p=0,01$) do grupo das parcelas da FOD das Terras Baixas e *Swartzia langsdorffii* (Fabaceae) foi indicadora ($VId=1,00$ e $p=0,02$) do grupo dos hectares da FOD Submontana (grupo 4 – fig.3.4). Para Lauraceae, os grupos formados pelas parcelas situadas até 300m e o grupo de parcelas entre 300 m e 900 m de altitude apresentaram uma única espécie indicadora cada, sendo *Endlicheria paniculata* ($VId=0,63$ e $p=0,03$) do primeiro e *Ocotea teleiandra* ($VId=0,66$ e $p=0,02$) do segundo, e para o conjunto de parcelas acima dos 1.000 m, foram apontadas nove espécies indicadoras, das quais *Ocotea catharinensis* ($VId=0,66$ e $p=0,01$) foi a mais fortemente associada ao grupo.

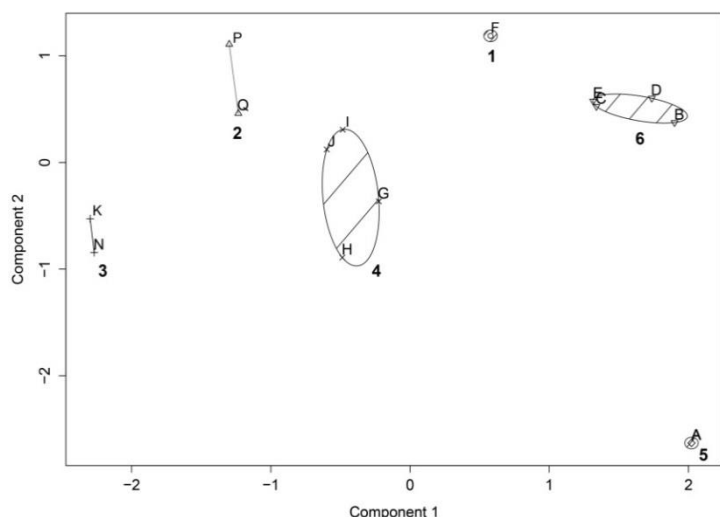
Os agrupamentos gerados pelo método *UPGMA* foram sustentados por elevados coeficientes de correlação ($R^2 > 0,94$). Mas, para os modelos encontrados pelo método *K-means*, a *UPGMA* apoiou apenas o padrão descrito para a comunidade, e algumas divergências foram encontradas entre os dois métodos de agrupamento para os dados de Lauraceae (Fig. 3.4). Assim, considerando as relações de similaridade das parcelas para

família estudada, despontaram a formação de dois grupos. Um grupo envolvendo os hectares acima dos 1.000 m de altitude, e outro com as parcelas das FOD das Terras Baixas e Submontana, e somente a parcela de *Restinga* ficou dissociada das demais. Ainda, a parcela “E” revelou uma maior dissimilaridade entre as parcelas de Terras Baixas, tanto para os dados da comunidade como para Lauraceae, e para a análise dados da comunidade, as parcelas “P” e “Q” apontaram baixa similaridade entre si e com as demais.

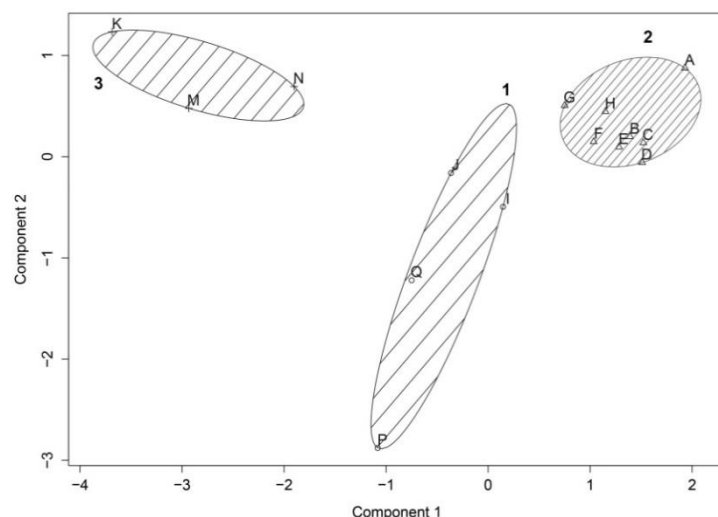
Análises de agrupamento

K-means

Comunidade



Lauraceae



UPGMA

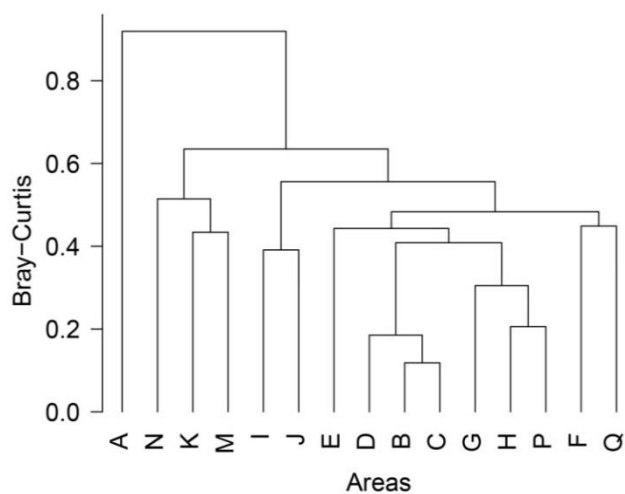
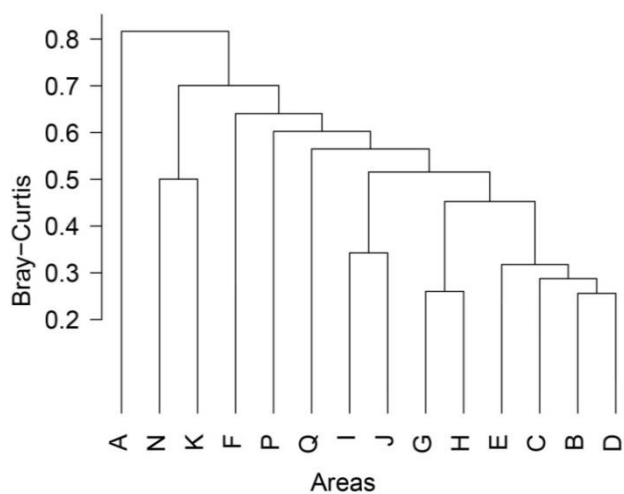


Figura 3.4. Análises de agrupamentos (*K-means* e *UPGMA*) para as espécies da comunidade arbórea e para a família Lauraceae entre os 15 hectares analisados ao longo do gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do Sudeste Brasileiro. Os círculos indicam os grupos formados na *UPGMA*. Para a comunidade, foi excluída a parcela M.

3.3.3 *Estrutura arbórea e padrões vegetacionais*

A comunidade avaliada apresentou uma área basal total de 541,07 m², altura média de 8,84m ($\pm 4,3$), diâmetro médio de 13,3cm ($\pm 10,8$) e Equabilidade de Pielou de $J'=0,75$, enquanto a família Lauraceae apresentou uma área basal total de 35,9 m², altura média de 10,98 ($\pm 4,8$), diâmetro médio de 16,7 ($\pm 13,3$) e Equabilidade de Pielou de $J'=0,72$. Ao longo do gradiente altitudinal, os parâmetros estudados (composição e estrutura) apresentaram uma variação significativa apenas com relação a variação altitudinal das parcelas (tabela 3.2), e desta forma excluímos a amplitude de elevação como variável preditora.

Tabela 3.2. Resultados das análises de *PERMANOVA* e *One-way Anova* para dados florísticos e estruturais da família Lauraceae, e da comunidade arbórea como um todo em 15 hectares avaliados ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do Sudeste do Brasil (* - p-valor significativo).

ANÁLISES									
<u>PERMANOVA</u>		Comunidade**				Lauraceae			
		<u>Altitude média</u>		<u>Amplitude de elevação</u>		<u>Altitude média</u>		<u>Amplitude de elevação</u>	
<u>Fonte</u>	<u>Graus de liberdade</u>	<i>F</i>	<i>P</i> (perm)	<i>F</i>	<i>P</i> (perm)	<i>F</i>	<i>P</i> (perm)	<i>F</i>	<i>P</i> (perm)
Tratamento	2	6.77	< 0.01*	2.19	0.074	8.18	< 0.01 *	2.29	0.076
Resíduos	12								
<u>ANOVA (One-way)</u>		Comunidade**		Lauraceae					
Pares		<i>F - valor</i>		<i>p - valor</i>		<i>F - valor</i>		<i>p - valor</i>	
Número de indivíduos x Altitude média		4.24		0.06		21.7		< 0.01 *	
Riqueza de espécies x Altitude média		3.92		0.07		28.96		< 0.01 *	
Altura média x Altitude média		20.9		< 0.01 *		4.91		0.45 *	
Diâmetro médio x Altitude média		0.76		0.4		0.21		0.65	
Área basal total x Altitude média		11.6		< 0.01 *		15.09		< 0.01 *	
Nº. de indivíduos ramificados x Altitude média		0.41		0.53		1.26		0.28	
Área basal total de ind. mortos x Altitude média		22.09		< 0.01 *		-		-	

** Para a comunidade, foi excluída a parcela M.

As análises de variância pareadas revelaram que o diâmetro médio e o número de ramificação não diferiram para as duas categorias avaliadas, enquanto a altura média e a área basal ocupada pelos indivíduos vivos variaram tanto para Lauraceae, como para a comunidade. Contudo, a riqueza de espécies e o número de indivíduos foram diferentes apenas para a família estudada.

Os modelos apresentados para as variações de área basal total e altura média foram altamente significativos, mas apresentaram configurações e valores distintos (Fig. 3.5). A variação da área basal total ocupada pelos indivíduos da comunidade arbórea revelou um efeito do tipo arco, onde os maiores valores foram encontrados para locais de média elevação, enquanto que para Lauraceae este parâmetro variou positivamente com o aumento de altitude.

As variações nas alturas médias apresentaram efeitos parecidos, onde foram obtidas relações positivas com a elevação média de cada hectare. Mas, os valores das regressões foram baixos para os indivíduos de Lauraceae ($R^2 = 0,3$), enquanto que para os indivíduos da comunidade o coeficiente de regressão foi quase duas vezes maior que o proporcionado para a família. Ainda, as *ANOVAs* revelaram claras distinções nas médias das alturas e das áreas basais totais (p-valor $<0,001$) entre as categorias analisadas (família e comunidade).

Análises de Regressão

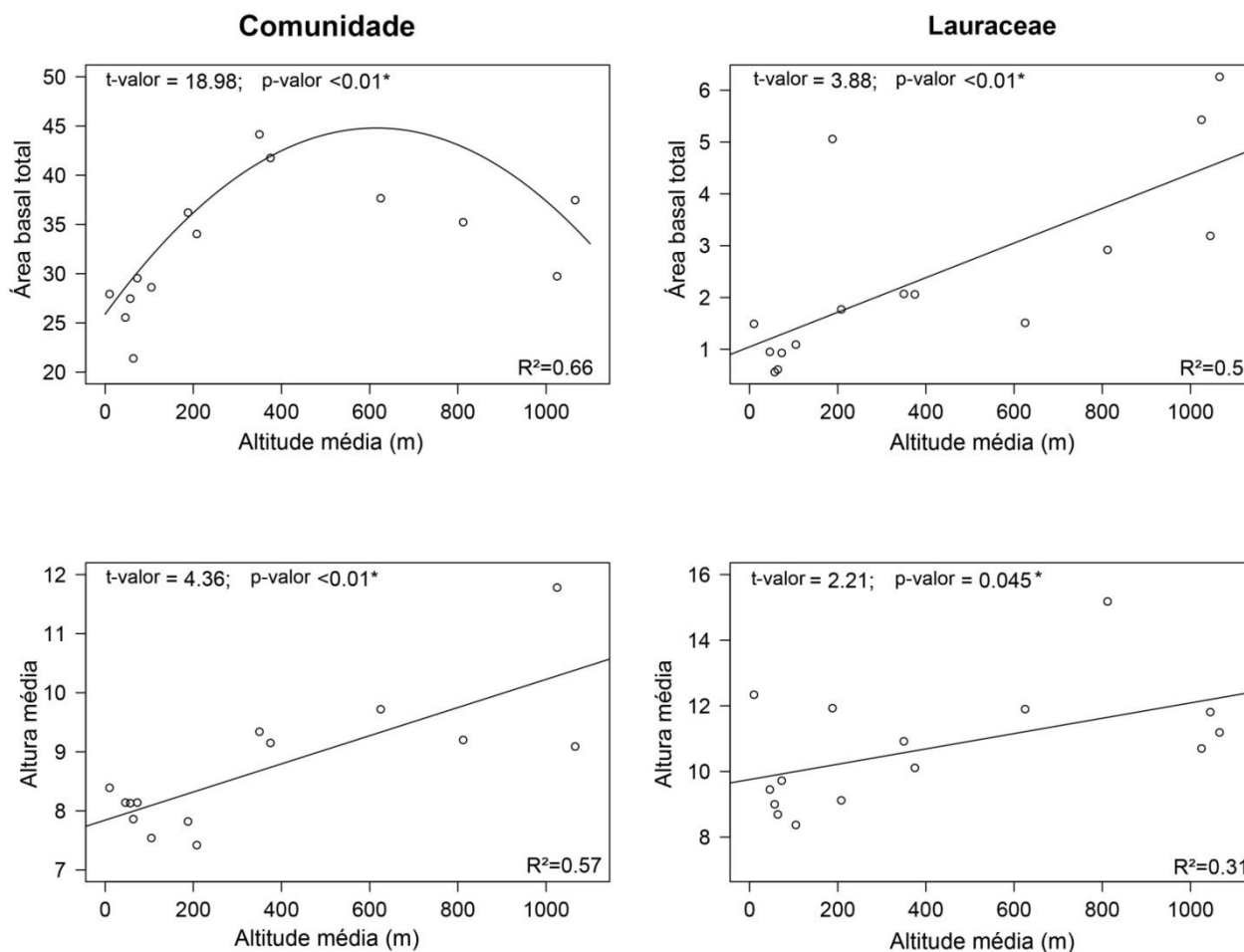


Figura 3.5. Análise de Redundância para os 15 hectares analisados ao longo do gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do Sudeste Brasileiro. R^2 - Valor de R^2 ajustado. * p-valores significativos. Para a comunidade, foi excluída a parcela M.

Os modelos gerados pelas ordenações foram corroborados por valores altamente significativos nas análises de permutação ($p < 0,05$), onde os rótulos das espécies foram retirados para melhor visualização dos padrões gerados, uma vez que o elevado número de espécies danificaria a qualidade dos triplots gerados. Contudo, o padrão vegetacional apresentado pela família Lauraceae não refletiu aquele encontrado para a comunidade arbórea (Fig. 3.6), onde a *RDA* revelou um agrupamento das parcelas distinto quando consideramos os parâmetros estruturais e a composição florística das duas categorias avaliadas.

Tabela 3.3. Resultados das análises de Redundância para 15 hectares avaliados ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do Sudeste do Brasil.

<u>Categoria analisada</u>	<u>Comunidade*</u>		<u>Lauraceae</u>	
Eixos da <i>RDA</i>	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
Eigenvalues	0,103	0,069	0,101	0,089
Proporção de explicação	0,22	0,13	0,23	0,20
<u>Escores para a variáveis</u>	<u>Comunidade*</u>		<u>Lauraceae</u>	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
Número de indivíduos	-0,38	0,43	-0,36	-0,84
Número de espécies	0,35	0,75	-0,24	-0,9
Altura média	-0,43	0,50	-0,21	-0,24
Diâmetro médio	0,42	0,52	0,01	0,2
Área basal total	-0,06	0,81	-0,07	-0,7
Número de indivíduos ramificados	-0,22	-0,29	-0,09	-0,42
Área basal total dos indivíduos mortos	-0,33	0,72	-	-
Altitude média	-0,50	0,77	-0,1	-0,9
Amplitude de elevação	0,06	0,65	0,36	-0,38

* Para a comunidade, foi excluída a parcela M.

A análise de ordenação revelou uma inércia de 0,48 para a comunidade (tabela 3), onde os três primeiros eixos da RDA acumularam 47,8% da variação total dos dados (F -valor=2,12, $p < 0,001$). A composição de espécies apresentou baixa correlação com os dois primeiros eixos, e apenas algumas espécies, como a *Bathysa mendoncae* e *Coussarea meridionalis*, ambas Rubiaceae, estiveram fortemente correlacionadas ao primeiro eixo da *RDA*. Porém, os descritores estruturais como a área basal total, altura e diâmetro médio, e os números de espécies e indivíduos, tiveram alta correlação com os eixos e influenciaram na formação de grupos de parcelas (tabela 3.3). Ainda, o arranjo das parcelas ficou próximo daquele apresentado pelas análises de agrupamento.

Para o conjunto de dados da família Lauraceae, a análise de ordenação apresentou uma inércia de 0,46, com os três primeiros eixos explicando 53,5% da variação total dos dados (F -valor=2,07, $p=0,003$). Na composição de espécies, despontaram *Cinnamomum montanum* e *Nectandra oppositifolia* associadas ao primeiro eixo, e *Endlicheria paniculata* e *Ocotea catharinensis* ao segundo eixo da *RDA*. Todos os descritores estruturais da família foram importantes para o arranjo dos hectares na análise, onde as parcelas situadas em regiões acima dos 1.000m foram positivamente correlacionadas, principalmente, com os números de espécies e indivíduos e a área basal

total, enquanto os restantes das parcelas ficaram correlacionados, principalmente, com o diâmetro médio dos indivíduos.

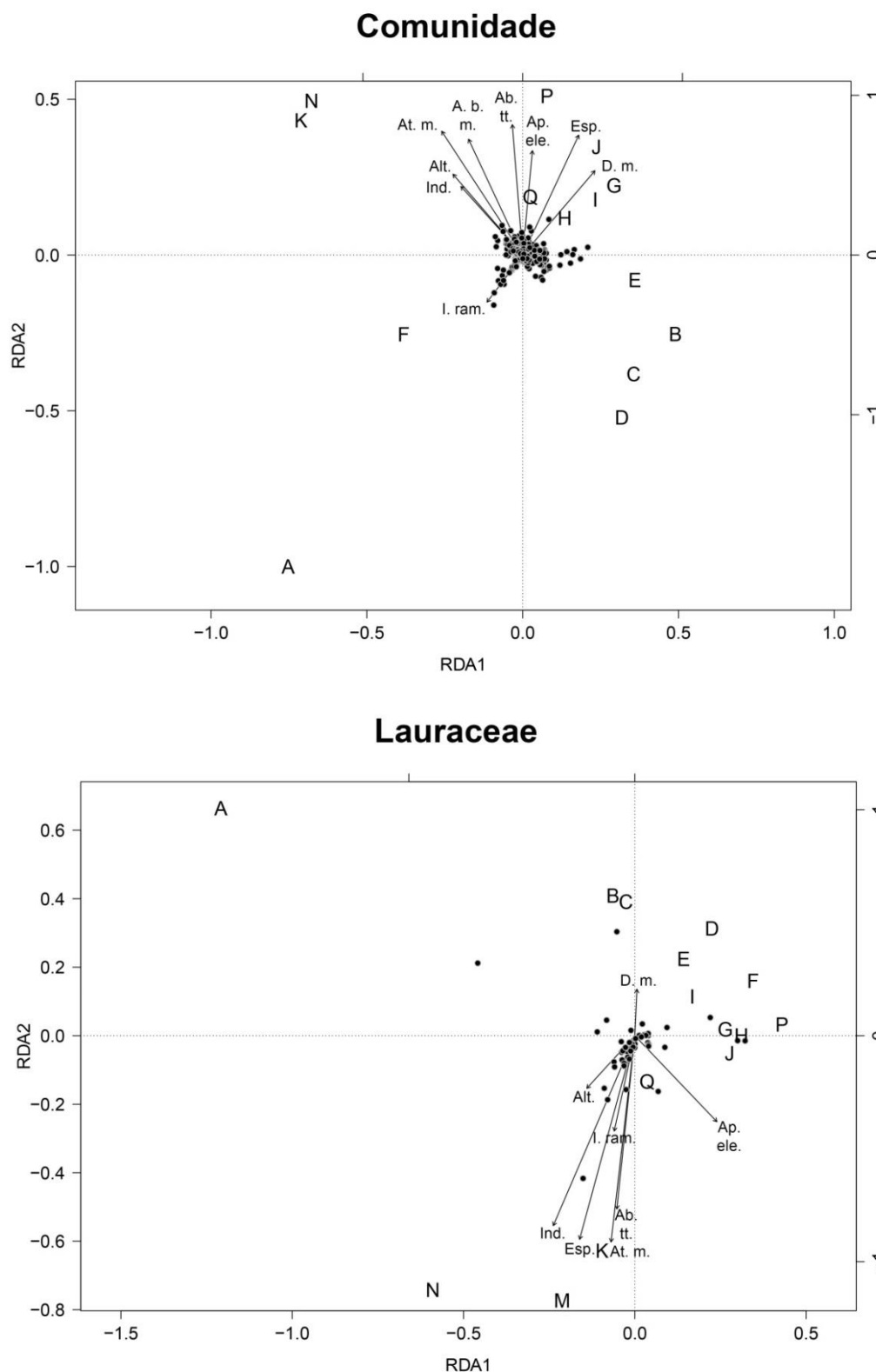


Figura 5.6. Análise de Redundância para os 15 hectares analisados ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do Sudeste do Brasil. A. b. m. – Área basal de

indivíduos mortos; Ab. tt. – Área basal total; Alt. – Altura média; Ap. Ele. – Amplitude de elevação; At. M. Altitude média; D. m. – Diâmetro médio; Esp. – Riqueza de espécies; I. ram. – Indivíduos ramificados; Ind. – Número de indivíduos. • - Espécies. Para a comunidade, foi excluída a parcela M.

3.4 DISCUSSÃO

3.4.1 *Diversidade e distribuição espacial ao longo de um gradiente altitudinal*

A comunidade arbórea analisada reafirma a Floresta Atlântica como um dos grandes locais mundiais de biodiversidade vegetal (Myers et al. 2000; Mittermeier et al. 2004), apresentando mais de 800 espécies distribuídos entre 20.000 indivíduos arbóreos em 14 hectares. Esta riqueza e abundância é superior a relatada para outros estudos em locais de reconhecida diversidade vegetal, como o descrito por Lieberman et al. (1996) em um estudo na Floresta costeira da Costa Rica, e de Pitman et al. (1999) na Floresta Amazônica do Peru.

O padrão de raridade entre as espécies da comunidade parece acompanhar os resultados relatados para diversos estudos na Floresta Pluvial Atlântica (e.g. Scudeller et al. 2001; Caiafa & Martins 2010; Sanchez et al. 2013). Uma distribuição de poucos indivíduos entre muitas espécies foi encontrada, também, para as famílias de maior riqueza na área avaliada, como em Myrtaceae, Rubiaceae e Lauraceae. Foi exibido um arco-efeito da altitude sobre a variação no número de famílias, o qual foi distinto do encontrado por Vázquez & Givnish (1998), para outro gradiente altitudinal em Floresta Tropical. Porém, tanto no estudo citado como no nosso caso, verificou-se uma tendência da variação do número de famílias acompanhar a variação no número de espécies.

A substituição de famílias, ou alteração de suas contribuições nas comunidades em que se encontram, é apontada para gradientes altitudinais em florestas tropicais (e.g. Gentry et al. 1988; Vázquez & Givnish 1998), e de acordo com Rahbek (1995) embora um gradiente de elevação possa causar um declínio na riqueza de espécie, este efeito não ocorre necessariamente de forma monotônica e pode diferir para táxons distintos. Neste contexto, encontramos diferentes formas de contribuição na diversidade e na abundância de indivíduos da comunidade arbórea analisada, quando comparadas as suas quatro famílias de maior riqueza de espécies na área estudada.

As rarefações revelaram que Myrtaceae e Rubiaceae, famílias mais ricas em espécies no estudo, apresentaram uma variação de suas diversidades *alpha* próximas

daquela revelada pela comunidade, ou seja, um arco-efeito nas suas riquezas estimadas. Contudo, o modelo de variação de Myrtaceae foi mais próximo ao da comunidade, onde o efeito da altitude sobre a riqueza de espécies pareceu menos restritivo daquele proporcionado para Rubiaceae. Esta, por sua vez, apresentou uma abrupta queda no número de espécies nas regiões de “Baixada” e “Topos da Serra” quando comparadas aos locais da meia-encosta. Apesar desta diferença encontrada, o maior contraste foi revelado entre Fabaceae e Lauraceae, onde parece ocorrer uma substituição entre as duas famílias ao longo do gradiente estudado.

Este processo de substituição pode estar associado à ideia da ocorrência de uma região com um culminante número de espécies previsto na teoria do “Mid-domain effect” (Colwell et al. 2004), onde haveria um pico de riqueza ocorrendo devido a faixas ou conjuntos de espécies se sobreporem em direção ao centro de um domínio geográfico delimitado, neste estudo a área do gradiente examinado. Assim, a maior diversidade de Myrtaceae e Rubiaceae na meia-encosta e as substituições das contribuições de Fabaceae e Lauraceae, poderiam ajudar a explicar uma maior riqueza de espécies estimada em locais de média elevação na área avaliada. Esta região apresentaria um ponto médio na diversidade das famílias que se substituem e as maiores riquezas de espécies para as duas famílias mais diversas.

Por outro lado, apenas Lauraceae e Rubiaceae apresentaram uma correspondência entre a variação de suas diversidades *alpha* e a variação dos seus números de indivíduos, enquanto Myrtaceae, Fabaceae e a comunidade arbórea não revelaram estas correlações. Uma vez que as condições ambientais podem alterar as capacidades de competição e coexistência de espécies (Dybzinski & Tilman, 2009), e afetar alguns atributos críticos dos indivíduos (Wright 2002), entendemos que estas faltas de correlações poderiam estar pautadas em condicionantes ambientais de determinados hectares. Desta forma, encontramos, na área de estudo, fatores ambientais que poderiam estar restringindo a ocorrência de espécies e indivíduos (e.g. Eisenlohr et al. 2013), como a presença de solo arenoso e um processo de corte seletivo de madeira em certas parcelas avaliadas (Joly et al. 2012).

Além disto, entendemos que as maiores amplitude de elevação das parcelas “P” e “Q”, poderiam estar restringindo a ocorrência de indivíduos nestes hectares, uma vez que, segundo Korner (2000), restrições poderiam estar associadas a uma forte relação entre declividade e a perda de área habitável em regiões montanhosas. Associado a isto,

uma restrição de ocorrência de espécies e indivíduos pode estar pautada na presença de condições ambientais cada vez mais severas com o ganho de altitude (Korner 2007).

Neste contexto, embora as análises da distribuição espacial dos indivíduos de Lauraceae tenham despontado um padrão geral de uniformidade, a amplitude de elevação parece ter influenciado, também, a distribuição espacial destes indivíduos. As análises de distribuições da família, nas parcelas “P” e “Q”, revelaram um padrão descontínuo de distribuição, variando entre agregado, aleatório e uniforme conforme a escala de distância avaliada. Por fim, o padrão geral encontrado para Lauraceae, de distribuição uniforme, diferiu do padrão agregado, que é descrito para uma ampla gama de espécies arbóreas na região tropical (Condit et al. 2000).

3.4.2 *Agrupamentos e similaridades florísticas*

Uma vez que a variação altitudinal apresentou relações distintas com as variações na riqueza de espécies da família estudada e da comunidade arbórea como um todo, ela parece ter dirigido, também, diferentes padrões de agrupamento dos hectares avaliados.

Para os dados da comunidade arbórea, o arranjo das parcelas, para os dois métodos de agrupamento, seguiu os resultados apresentados por Joly et al. (2012) e Eisenlohr et al. (2013). Na área estudada, as parcelas “A” e “F” ficaram dissociadas das demais, e a inclusão das parcelas “P” e “Q” continuou a indicar um gradiente de similaridade entre os hectares, acompanhando o gradiente altitudinal, ou seja, os hectares mais próximos apresentaram maior similaridade entre si. Assim, esta distribuição das espécies na comunidade arbórea, um “arco-efeito”, indicaria uma alteração gradual da sua diversidade (Digby & Kempton 1987), sugerindo uma hipótese individualista de organização desta comunidade (Gleason 1917, 1926).

Entretanto, para os dados de Lauraceae, ainda que a análise de agrupamento, através do método K-means, tenha revelado um arranjo das parcelas seguindo a variação do número de espécies e indivíduos e da altitude em cada hectare, os três grupos de parcelas inicialmente distinguidos não foram apoiados por relações de similaridade florística entre estas, e apenas o grupo formado pelas amostras acima dos 1.000 m ficou visivelmente caracterizado pelos dois métodos de agrupamento.

Uma vez que a distribuição de espécies de Lauraceae apresentou uma variação mais abrupta, onde a diversidade da família foi notadamente maior para regiões acima

dos 1.000m de altitude, entendemos que ocorre um padrão característico de dominância da família em regiões específicas. Segundo Vázquez & Givnish (1998), este padrão poderia refletir a ideia de que diferentes linhagens (espécies, gêneros e famílias) respondem de forma particular a diferentes condições ecológicas, ocorrendo uma baixa sobreposição na ocupação de nichos. Neste contexto, outra explicação poderia estar associada, segundo Tuomisto et al. (2003), a fatores ambientais, tais como o microclima e as características edáficas e geológicas das regiões de ocorrência das espécies, que determinariam em larga escala os seus padrões de diversidade.

3.3.3 Estrutura arbórea e padrões vegetacionais

Considerando a relação entre a variação altitudinal e a área basal total ocupada por indivíduos arbóreos, encontramos, novamente, diferentes padrões entre Lauraceae e a comunidade arbórea. Uma variação positiva foi exibida para a família Lauraceae, enquanto que para a comunidade como um todo foi revelada uma variação em forma de arco, outra vez. Esta relação, apresentada por Lauraceae, parece estar fortemente ligada a uma variação linear e positiva do seu número de indivíduos com o incremento de altitude (vide 1º Capítulo).

No entanto, a variação da área basal total para a comunidade arbórea não parece estar atrelada a variação na abundância de indivíduos, e poderia estar associada com a topografia local. De acordo com Alves et al. (2010), locais mais íngremes suportariam árvores com maior biomassa, e esta variável controlaria um gradiente horizontal e vertical de disponibilidade de luz do dossel, afetando a distribuição de árvores de grande porte. Neste contexto, os hectares com as maiores amplitudes de elevação tenderiam a apresentar indivíduos com maiores diâmetros, mas uma declividade acentuada pode ter gerado uma grande perda de área habitável. Assim, entendemos que, para este estudo, as parcelas com declividade intermediária, em relação ao total, apareceram com as maiores somas de área basal dos indivíduos vivos. Esta relação pareceu ser mais pronunciada nos hectares da meia-encosta, onde houve uma menor área ocupada por indivíduos mortos, comparada às amostras do topo da Serra.

Embora os padrões de variação da área basal total tenham se diferenciado entre as duas categorias avaliadas, a altura média apresentou, tanto para os indivíduos de Lauraceae como da comunidade arbórea, uma tendência de aumento com o incremento de altitude, mas o coeficiente de relação encontrado para a família foi quase a metade do

revelado para a comunidade. Este padrão de variação foi contrário ao encontrado para diversos estudos em gradientes altitudinais de Florestas Tropicais, onde foram relatadas tendências de declínio nas estaturas médias e máximas dos indivíduos com incremento de altitude (Grubb 1977; Lieberman et al. 1996; Tanner et al. 1998; Leuschner et al. 2007).

Acreditamos que, na área estudada, dois fatores ambientais influenciaram a ocorrência dos indivíduos de grande porte, e assim alteraram as médias de altura das comunidades arbóreas analisadas. De um lado, o aumento de declividade dos hectares estaria relacionado, positivamente, com o suporte de indivíduos arbóreos com elevados portes (Alves et al. 2010). Mas, a área total ocupada por clareiras poderia ter uma relação negativa com a altura média dos indivíduos, pois são geradas, muitas vezes, por quedas de grandes árvores ou parte destas, e suprimem os indivíduos próximos ao evento (e.g. Harper 1977; Brokaw 1982; Desnlow 1987; Whitmore 1989; Schnitzer & Carson 2001).

Além disso, para a família Lauraceae, as diferentes composições de espécies ao longo do gradiente estudado parecem ter afetado a média de altura dos seus indivíduos. Algumas espécies que alcançam grande porte, como a *Cryptocarya mandioccana* e *Nectandra oppositifolia* (e.g. Nees von Esenbeck 1833; Moraes 2007), ocorreram com elevadas abundâncias em algumas parcelas estudadas (vide 1º Capítulo) elevando as médias de altura para os indivíduos da família abordada nestas amostras.

Tendo em vista o modelo de agrupamento das parcelas segundo as variáveis estruturais, ambientais e biológicas, os padrões vegetacionais apresentados pela comunidade arbórea e pela família Lauraceae foram próximos, porém algumas divergências importantes foram encontradas. Apesar de a elevação altitudinal ter apontado um efeito positivo sobre a ramificação de indivíduos arbóreos, uma vez que as parcelas amostradas acima do topo da Serra foram positivamente correlacionadas com a variável, os hectares na “Restinga” e com corte de madeira, que ficaram fortemente associados a este parâmetro na análise da comunidade, apresentaram uma relação contrária para os indivíduos de Lauraceae.

Diversos fatores parecem influenciar a complexa estrutura de Florestas Tropicais, onde podemos citar, entre os principais, o regime de abertura de clareiras e as condições ambientais locais (Whitmore 1989). Desta forma, as restrições ambientais encontradas na “Restinga” (Assis et al. 2011), a intensa ação antrópica experimentada

na área da parcela “F” (Ramos et al. 2011), e as condições climáticas mais severas apresentadas por regiões mais elevadas (Korner 2007), neste estudo as parcelas acima dos 1.000m, parecem ter conduzido o aparecimento de um número elevado de indivíduos ramificados nestes hectares.

Uma divergência, mais acentuada entre as categorias avaliadas, foi encontrada para a correlação do diâmetro médio com os demais parâmetros estruturais avaliados. Considerando a comunidade arbórea como um todo, os hectares que apresentaram as maiores médias de diâmetro foram aqueles que também estiveram correlacionados positivamente com uma maior riqueza de espécies, número de indivíduos e amplitude de elevação, contudo para Lauraceae esta correlação foi contrária. Deste modo, o agrupamento de algumas parcelas foi distinto entre os modelos gerados, principalmente em relação aos hectares amostrados na fisionomia da FOD das Terras Baixas, onde a parcela “F” ficou fortemente dissociada apenas para o conjunto de dados da comunidade arbórea. Para Lauraceae, este hectare ficou agrupado junto às amostras da FOD Submontana, e para outras quatro parcelas da fisionomia das Terras Baixas uma explícita correlação positiva foi encontrada entre estes hectares e as médias de diâmetros de Lauraceae, correlação não verificada para os indivíduos da comunidade arbórea.

Esta divergência encontrada pode estar relacionada com a ramificação de indivíduos e a área total de clareira, uma vez que a abertura de clareiras acelerara o estabelecimento de muitos indivíduos pequenos, devido ao incremento de luz e as condições de competição (Ruger et al. 2009; Alves et al. 2010), e nas regiões de clareira ou próximas, principalmente nos estágios iniciais de regeneração, o rebrotamento dos indivíduos parece mais acentuado e distribuídos ao longo de um gradiente de tamanhos de clareira, ou seja, é maior conforme o aumento da área aberta (Brokaw 1985, 1987).

De uma forma geral, os efeitos sugeridos na regra de Rapoport não foram corroborados, tanto nas análises da comunidade arbórea como nas análises da família estudada. Encontramos diferentes padrões de variação, tanto para os parâmetros estruturais como florísticos, entre as categorias analisadas (comunidade e família). Além disso, foram reveladas distintas formas de contribuição das famílias com elevada riqueza de espécies na área examinada. Deste modo, entendemos que os estudos acerca dos efeitos de gradientes ambientais, sobre comunidades vegetais em regiões tropicais,

devem considerar, também, as possíveis variações de respostas entre as diferentes espécies e grupos que compõe a comunidade avaliada.

3.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alves, L. F., Vieira, S. A., Scaranello, M. A., Camargo, P. B., Santos, F. A., Joly, C. A. & Martinelli, L. A. 2010. 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.
- Anderson, M. J. 2001. Permutation tests for univariate or multivariate analysis of variance and regression. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58(3): 626-639.
- APG III Group. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161: 105–121.
- Assis M. A., Prata E. M. B., Pedroni F., Sanchez M., Eisenlohr P. V., Martins F. R., Santos F. A. M., Tamashiro J. Y., Alves L. F., Vieira S. A., Piccolo M. C., Martins S. C., Camargo P. B., Carmo J. B., Simões E., Joly C. A. 2011. Florestas de restinga e de terras baixas na planície costeira do sudeste do Brasil: vegetação e heterogeneidade ambiental. *Biota Neotropica* 11:103–121.
- Austin, M. P., Pausas, J. G. & Nicholls, A. O. 1996. Patterns of tree species richness in relation to environment in southeastern New South Wales, Australia. *Australian Journal of Ecology* 21(2): 154-164.
- Baddeley, A. & Turner, R. (2005). spatstat: An R Package for Analyzing Spatial Point Patterns." *Journal of Statistical Software*, 12(6): 1-42. URL: <http://www.jstatsoft.org/v12/i06/>.
- Bruijnzeel, L. A. & Veneklaas, E. J. 1998. Climatic conditions and tropical montane forest productivity: the fog has not lifted yet. *Ecology* 79(1): 3-9.
- Brokaw, N. V. L. 1982. The definition of treefall gap and its effect on measures of forest dynamics. *Biotropica* 14:158–160.
- Brokaw, N. V. L. 1985. Gap-phase regeneration in a tropical forest. *Ecology* 66(3):682-687.

- Brokaw, N. V. L. 1987. Gap-phase regeneration of three pioneer tree species in a tropical forest. *The Journal of Ecology* 75: 9-19.
- Caiafa, A. N. & Martins, F. R. 2010. Forms of rarity of tree species in the southern Brazilian Atlantic rainforest. *Biodiversity and conservation* 19(9): 2597-2618.
- Caliński, T. & Harabasz, J. 1974. A dendrite method for cluster analysis. *Communications in Statistics-theory and Methods* 3(1): 1-27.
- Campos, M. C. R. D., Tamashiro, J. Y., Assis, M. A. & Joly, C. A. 2011. 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 Neotrop* 11(2): 302-312.
- Chown, S.L. & Gaston, K.J. 2000. Areas, cradles and museums: the latitudinal gradient in species richness. *Trends in Ecology and Evolution* 15: 311–315.
- Clark, D. A. & Clark, D. B. 1992. Life history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. *Ecological monographs* 62(3): 315-344.
- Clark, J.S., Beckage, B., Camill, P., Cleveland, B., HilleRisLambers, J., Lichter, J., McLachlan, J., Mohan, J. & Wickoff, P. 1999. Interpreting recruitment limitation in forests. *American Journal of Botany* 86: 1 – 16.
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples (9th edn). URL: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>.
- Colwell, R. K. & Hurtt, G. C. 1994. Nonbiological gradients in species richness and a spurious Rapoport effect. *American Naturalist* 144: 570-595.
- Colwell, R. K., Rahbek, C. & Gotelli, N. J. 2004. The Mid-Domain effect and species richness patterns: What have we learned so far?. *The American Naturalist* 163(3): E1-E23.
- Condit, R., Ashton, P. S., Baker, P., Bunyavejchewin, S., Gunatilleke, S., Gunatilleke, N., Hubbell, S. P., Foster, R. B., Itoh, A., LaFrankie, J. V., Lee, H. S., Losos, E., Manokaran, N., Sukuwar, R., Yamakura, T. 2000. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. *Science* 288:1414–1418.
- Cuello, N. 2002. Altitudinal changes in forest diversity and composition in the Ramal de Guaramacal in the Venezuelan Andes. *Ecotropicos* 15(2): 160–176.
- Denslow, J. S. 1987. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 18: 431–451.

- Digby, P. G. N., & Kempton, R. A. 1987. *Multivariate analysis of ecological communities*. Chapman and Hall, London.
- Diggle, P. J. 1983. Statistical analysis of spatial point patterns. *Academic Press*.
- Dufrêne, M. & Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological monographs* 67(3): 345-366.
- Dybzinski, R. & D. Tilman. 2009. Competition and coexistence in plant communities. In: Levin, S. A. (ed.) *The Princeton Guide to Ecology*. pp- 186–195. Princeton University Press, Princeton , NJ .
- Eisenlohr, P. V., Alves, L. F., Bernacci, L. C., Padgurschi, M. C., Torres, R. B., Prata, E. M., dos Santos, F. A. M., Assis, M. A., Ramos, E., Rochelle, A. L. C., Martins, F. R., Campos, M. C. R., Pedroni, F., Sanchez, M., Pereira, L. S., Vieira, S. A., Gomes, J. A. M. A., Tamashiro, J. Y., Scaranello, M. A. S., Caron, C. J. & Joly, C. A. 2013. Disturbances, elevation, topography and spatial proximity drive vegetation patterns along an altitudinal gradient of a top biodiversity hotspot. *Biodiversity and conservation* 22(12): 2767-2783.
- Forzza, R.C. *et al.* (eds.). 2013. *Lista de espécies da flora do Brasil*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. URL: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>
- Gartlan, J. S., Newbery, D. M., Thomas, D. W. & Waterman, P. G. 1986. The influence of topography and soil phosphorus on the vegetation of Korup Forest Reserve, Cameroun. *Vegetatio* 65(3): 131-148.
- Gentry, A.H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of Missouri Botanical Garden* 75: 1-34.
- Gleason, H. A. 1917. The structure and development of the plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 44(10): 463-481.
- Gleason, H. A. 1920. Some applications of the quadrat method. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 47(1): 21-33.
- Givnish, T. J. 1999. On the causes of gradients in tropical tree diversity. *Journal of Ecology* 87(2): 193-210.
- Gomes, J. A. M. A., Bernacci, L. C. & Joly, C. A. 2011. Diferenças florísticas e estruturais entre duas cotas altitudinais da Floresta Ombrófila Densa Submontana Atlântica, do Parque Estadual da Serra do Mar, município de Ubatuba/SP, Brasil. *Biota Neotropica* 11(2): 123-137.

- Gotelli, N. J. & Colwell, R. K. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*. 4: 379–391.
- Grubb, P. J. 1977. Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains: with special reference to mineral nutrition. *Annual Review of Ecology and Systematics* 8: 83-107.
- Harper, J. L. 1977. *Population biology of plants*. Academic Press. New York, NY, USA.
- Homeier, J., Breckle, S.W., Günter, S., Rollenbeck, R.T. & Leuschner, C. 2010. Tree diversity, forest structure and productivity along altitudinal and topographical gradients in a species-rich Ecuadorian montane rain forest. *Biotropica* 42: 140–148.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2012. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. IBGE, Rio de Janeiro, Brasil.
- 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. 2007. Soil nutrients influence spatial distributions of tropical tree species. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(3): 864-869.
- Joly, C. A., Leitão-Filho, H. de F. & Silva, S. M. 1991. O patrimônio florístico. In: Câmara, G (ed.) *Mata Atlântica*. pp. 9–128. Index & S.O.S. Mata Atlântica, São Paulo.
- Joly C. A., Assis, M. A., Bernacci, L. C., Tamashiro, J. Y., Campos, M. C. R., Gomes, J. A. M. A., Lacerda, M. S., Santos, F. A. M., Pedroni, F., Pereira, L. S., Padgurschi, M. C., Prata, E. M. B., Ramos, E., Torres R. B., Rochelle, A., Martins, F. R., Alves, L. F., Vieira, A. S., Martinelli, L. A., Camargo, P. B., Aidar, M. P. M., Eisenlohr, P. V., Simões, E., Villani, J. P. & Belinello, R. 2012. Florística e fitossociologia em parcelas permanentes da Mata Atlântica do sudeste do Brasil ao longo de um gradiente altitudinal. *Biota Neotrop* 12: 125–145.
- Jordan, C. F. & Murphy, P. G. 1978. A latitudinal gradient of wood and litter production, and its implication regarding competition and species diversity in trees. *American Midland Naturalist* 99: 415-434.

- Jordano, P. 2000. Fruits and frugivory. In: Fenner, M. (ed.) *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*, pp. 125-166. CAB International, Wallingford, UK.
- Kessler, M. 2000. Altitudinal zonation of Andean cryptogam communities. *Journal of Biogeography* 27(2): 275-282.
- Köppen, W. 1948. Climatologia. México. *Fundo de Cultura Econômica*.
- Körner, C. 2000. Why are there global gradients in species richness? Mountains might hold the answer. *Trends in Ecology & Evolution* 15(12): 513-514.
- Körner, C. 2007. The use of 'altitude' in ecological research. *Trends in ecology & evolution* 22(11): 569-574.
- Legendre, P. & Gallagher, E. D. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* 129(2): 271-280.
- Leuschner, C., Moser, G., Bertsch, C., Röderstein, M. & Hertel, D. 2007. Large altitudinal increase in tree root/shoot ratio in tropical mountain forests of Ecuador. *Basic and Applied Ecology* 8(3): 219-230.
- Levine, J. M., & Murrell, D. J. 2003. The community-level consequences of seed dispersal patterns. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* (34):549-574.
- Lieberman, D., Lieberman, M., Peralta, R. & Hartshorn, G. S. 1996. Tropical forest structure and composition on a large-scale altitudinal gradient in Costa Rica. *Journal of Ecology* 84: 137-152.
- Martins, F. R. 1991. *Estrutura de uma floresta mesófila*. Editora da Universidade Estadual de Campinas.
- Mittermeier, R. A., Gil, P. R., Hoffmann, M., Pilgrim, J., T Beooks, C. M., Lamoreux, J. & da Fonseca, G. A. B. 2004. Hotspots Revisted: Earth's Biologically Wealthiest and most Threatened Ecosystems. *CEMEX, México DF*, 99-103.
- Moraes, P. L. R. de. 2007. Taxonomy of *Cryptocarya* species of Brazil. *Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Brussels. Abc Taxa*, v. 3, p. 1–191, 2007.
- Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. New York: John Wiley & Sons.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A. & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403(6772): 853-858.

- Nees Von Esenbeck, C. G. D. 1833. Revisio Laurinarum ab Sellowio in Brasilia collectarum et iam in Herbario Regio Berolinensi asservatarum. *Linnaea* 8:36-51.
- Oksanen, J. 2009. Multivariate Analysis of Ecological Communities in R: *Vegan Tutorial*. URL: <http://cran.r-project.org>.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H. & Wagner, H. 2013. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.0-8. URL: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Oliveira-Filho, A. T. & Fontes, M. A. L. 2000. Patterns of Floristic Differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the Influence of Climate. *Biotropica* 32(4b): 793-810.
- Padgurschi, M. D. C. G., Pereira, L. D. S., Tamashiro, J. Y. & Joly, C. A. 2011. Floristic composition and similaritie between areas of Montane Atlantic Rainforest, São Paulo, Brazil. *Biota Neotropica*, 11(2): 139-152.
- Peres-Neto, P. R., & Legendre, P. 2010. Estimating and controlling for spatial structure in the study of ecological communities. *Global Ecology and Biogeography*, 19(2): 174-184.
- Prata, E. M. B., Assis, M. A. & Joly, C. A. 2011. 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): 1-15.
- Pitman, N. C., Terborgh, J., Silman, M. R. & Nu e z , P. 1999. Tree species distributions in an upper Amazonian forest. *Ecology* 80(8): 2651-2661.
- Pires, J. M. & Prance, G. T. 1985. The vegetation types of the Brazilian Amazon. In: Prance, G. T. & Lovejoy, T. E. (Eds.) *Pergamon*. pp. 109–145. Press, New York.
- R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>.
- Rahbek, C. 1995. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern?. *Ecography* 18(2): 200-205.

- Ramos, E., Torres, R. B., de Arruda Veiga, R. F. & Joly, C. A. 2011. Estudo do componente arbóreo de dois trechos da Floresta Ombrófila Densa Submontana em Ubatuba (SP). *Biota Neotropica* 11(2): 313-335.
- Rapoport, E. H. 1975. Aerografía, estrategias de distribución de los organismos. 214 pp. *Fondo de Cultura Económica*, DF, México.
- Ripley, B. D. 1977. Modelling spatial patterns. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)* 39: 172-212.
- Rochelle, A. L. C., Cielo-Filho, R. & Martins, F. R. 2011. Tree community structure in an Atlantic forest fragment at Serra do Mar State Park, southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 11(2): 337-346.
- Rüger, N., Huth, A., Hubbell, S. P. & Condit, R. 2009. Response of recruitment to light availability across a tropical lowland rain forest community. *Journal of Ecology* 97(6): 1360-1368.
- Saldarriaga, J. G., West, D. C., Tharp, M. L. & Uhl, C. 1988. Long-term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. *The Journal of Ecology* 76: 938-958.
- Sanchez M., Pedroni F., Eisenlohr P. V., Oliveira-Filho A. T. 2013. 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.
- Sánchez-González, A. & López-Mata, L. 2005. Plant species richness and diversity along an altitudinal gradient in the Sierra Nevada, Mexico. *Diversity and Distributions* 11(6): 567-575.
- Santos, N. D. & Costa, D. P. 2010. Altitudinal zonation of liverworts in the Atlantic Forest, Southeastern Brazil. *Bryologist* 113(3): 631-645.
- Schnitzer, S. A. & Carson, W. P. 2001. Treefall gaps and the maintenance of species diversity in a tropical forest. *Ecology* 82(4): 913-919.
- Scudeller, V. V., Martins, F. R. & Shepherd, G. J. 2001. Distribution and abundance of arboreal species in the Atlantic Ombrophilous Dense Forest in Southeastern Brazil. *Plant Ecology* 152(2): 185-199.
- Sentelhas, P.C., Pereira, A.R., Marin, F.R., Angelocci, L.R., Alfonsi, R.R., Caramori, P.H. & Swart, S. 1999. Balanços Hídricos Climatológicos do Brasil-500

- balanços hídricos de localidades brasileiras. ESALQ, Piracicaba. URL: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/index.php>.
- Shepherd, G. J. 2010. Fitopac 2.1-Campinas. *Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas*.
- Souza, A. C. O. 2013. 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*. pp. 92 fls Instituto Agronômico de Campinas, Campinas.
- Stevens, G. C. 1989. The latitudinal gradient in geographical range: how so many species coexist in the tropics. *American Naturalist* 133: 240-256.
- Stevens, G. C. 1992. The elevational gradient in altitudinal range: an extension of Rapoport's latitudinal rule to altitude. *American Naturalist* 140: 893-911.
- Swaine, M. D., Lieberman, D. & Hall, J. B. 1990. Structure and dynamics of a tropical dry forest in Ghana. *Vegetatio* 53: 31-51.
- Tanner, E. V. J., Vitousek, P. M. & Cuevas, E. 1998. Experimental investigation of nutrient limitation of forest growth on wet tropical mountains. *Ecology* 79(1): 10-22.
- Tuomisto, H., Ruokolainen, K. & Yli-Halla, M. 2003. Dispersal, environment, and floristic variation of western Amazonian forests. *Science* 299(5604): 241-244.
- Vázquez, G. J. A. & Givnish, T. J. 1998. Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantlán. *J. Ecol* 86: 999-1020.
- Whitmore, T. C. 1989. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology* 70(3): 536-538.
- Whittaker, R.J., Willis, K.J. & Field, R. 2001. Scale and species richness: towards a general hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography* 28: 453-470.
- Wright, J. S. 2002. Plant diversity in tropical forests: a review of mechanisms of species coexistence. *Oecologia* 130(1): 1-14.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram identificadas 55 espécies de Lauraceae na área de estudo, sendo a quarta família de maior riqueza na comunidade arbórea avaliada. Nossos resultados corroboram a grande importância de Lauraceae na composição florística e estrutural da Floresta Atlântica.

Lauraceae apresentou as maiores diversidades, local (*alpha*) e regional (*beta*), para as parcelas amostradas acima dos 1.000m de altitude. Foi exibida uma explícita relação entre a variação altitudinal e o número de indivíduos e espécies da família. Encontramos correlações positivas entre o incremento de altitude e a riqueza de espécies e abundância de Lauraceae. Entre as variáveis topográficas consideradas, a altitude média das parcelas despontou como o principal condicionante na distribuição de espécie e do número de indivíduos da família.

Na composição de espécies da comunidade arbórea, foram reveladas diferentes formas de contribuição entre as quatro famílias de maior riqueza na área estudada. Lauraceae parece substituir, sobretudo, a família Fabaceae ao longo do gradiente altitudinal avaliado. O padrão de variação da diversidade de Lauraceae foi divergente do exposto pela comunidade arbórea como um todo. Esta divergência pareceu conduzir diferentes formas de agrupamentos das parcelas, por similaridade florística, quando comparamos a família e a comunidade analisada.

Tanto para a comunidade arbórea como para Lauraceae, foram encontradas variações na altura média e na área basal total dos indivíduos vivos. Contudo, considerando a altitude média e amplitude de elevação das parcelas analisadas, foram relevadas diferentes formas de variação na estrutura da família e da comunidade ao longo do gradiente estudado.

Em suma, diferenças foram encontradas para os modelos de variação da diversidade e estrutura, e para os agrupamentos das parcelas analisadas, entre a família estudada e a comunidade arbórea local. Uma vez que as condições climáticas, topográficas e edáficas podem variar ao longo de gradientes ambientais, apoiamos a ideia que os estudos acerca destes gradientes, devem considerar as possíveis diferenças de respostas entre as diversas espécies e famílias das comunidades analisadas.

5. ANEXOS

5.1 – Análises dos resíduos dos modelos de Regressão do Capítulo I.

Análise dos Resíduos Diversidade *alpha* x altitude média

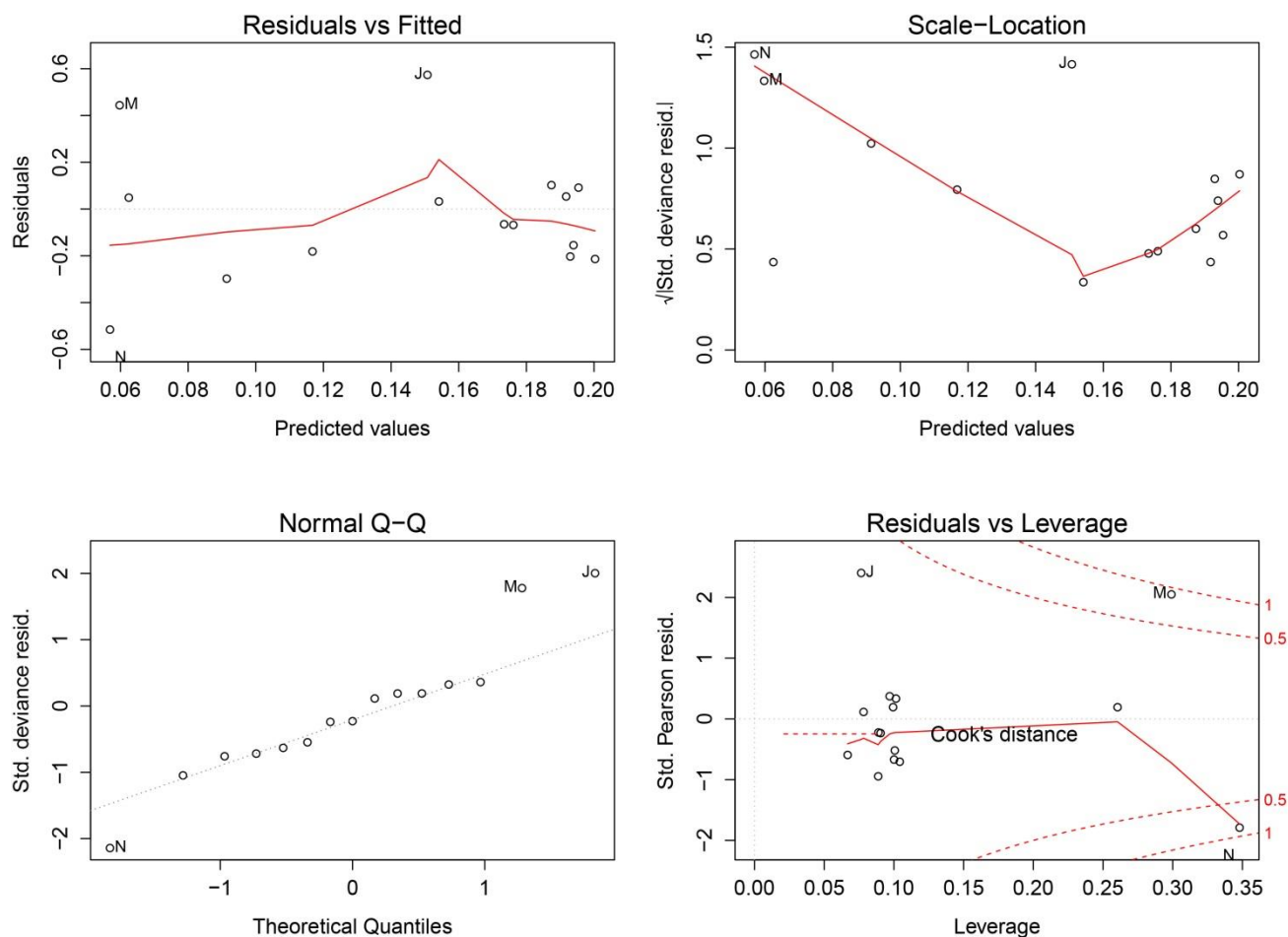


Figura 5.1.1. . Análises dos resíduos derivados do modelo de regressão entre a diversidade *alpha* (riqueza estimada) da família Lauraceae e a altitude média das parcelas, para 15 hectares estudados ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do Sudeste do Brasil. Letras – Designação das parcelas segundo a tabela 2.1

Análise dos Resíduos - Riqueza de espécies x número de indivíduos

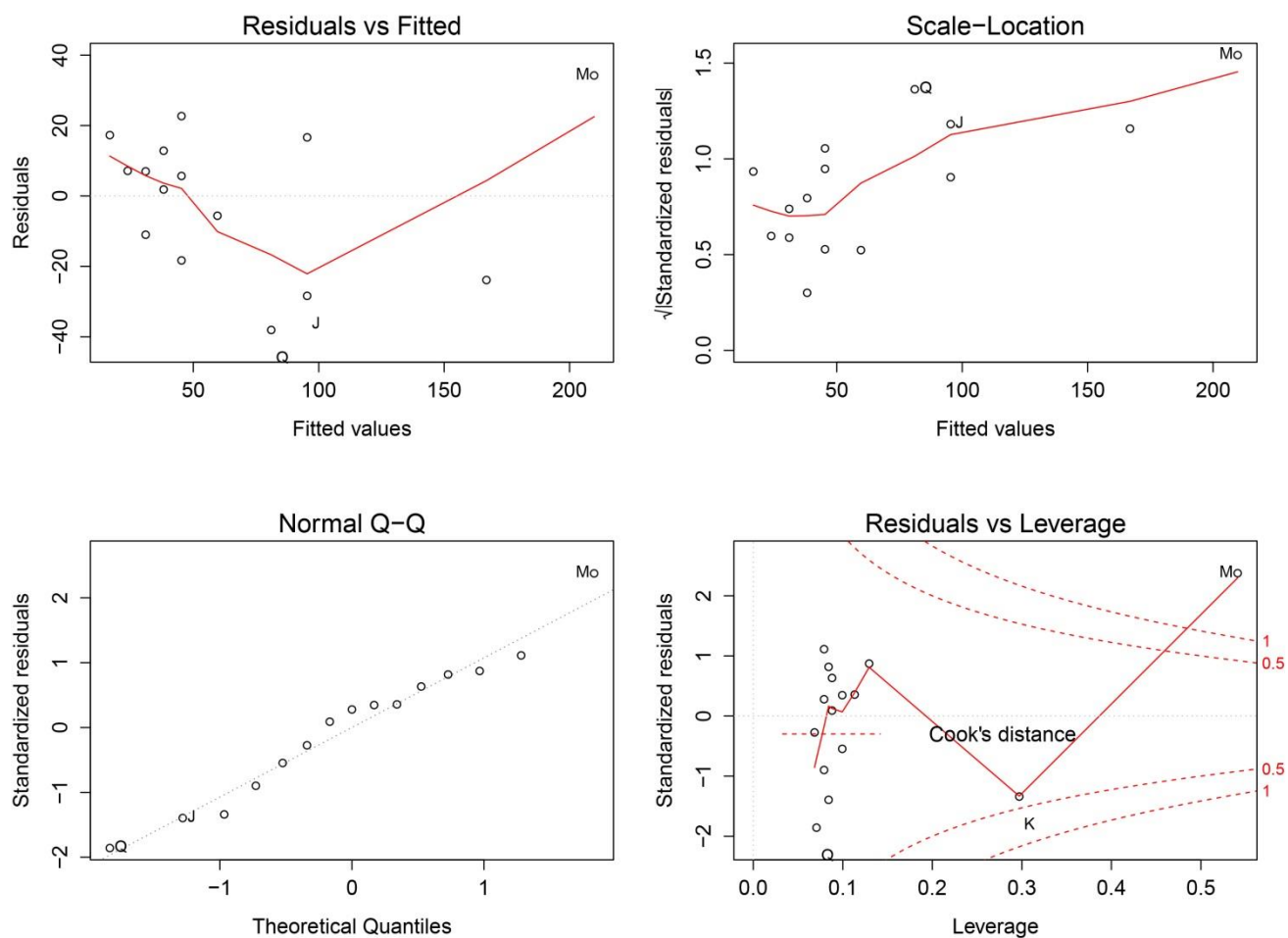


Figura 5.1.2. . Análises dos resíduos derivados do modelo de regressão entre a riqueza de espécies e o número de indivíduos da família Lauraceae, para 15 hectares analisados ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do Sudeste do Brasil. Letras – Designação das parcelas segundo a tabela 2.1

Análise de Resíduos - Riqueza da espécies x altitude média

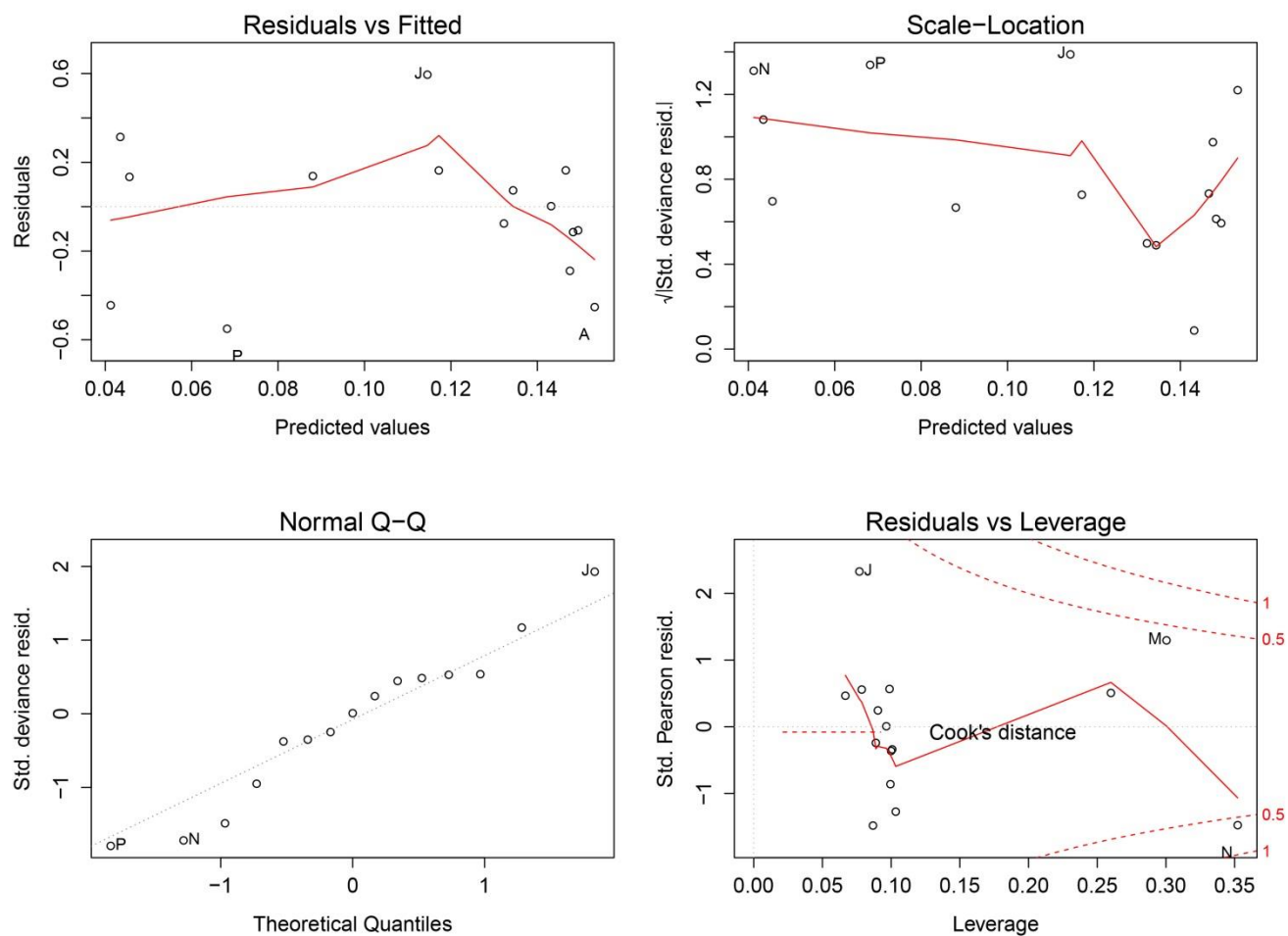


Figura 5.1.3. Análises dos resíduos derivados do modelo de regressão entre a riqueza de espécies da família Lauraceae e a altitude média das parcelas, para 15 hectares analisados ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do Sudeste do Brasil. Letras – Designação das parcelas segundo a tabela 2.1

Análise dos Resíduos - Riqueza de espécies x amplitude de elevação

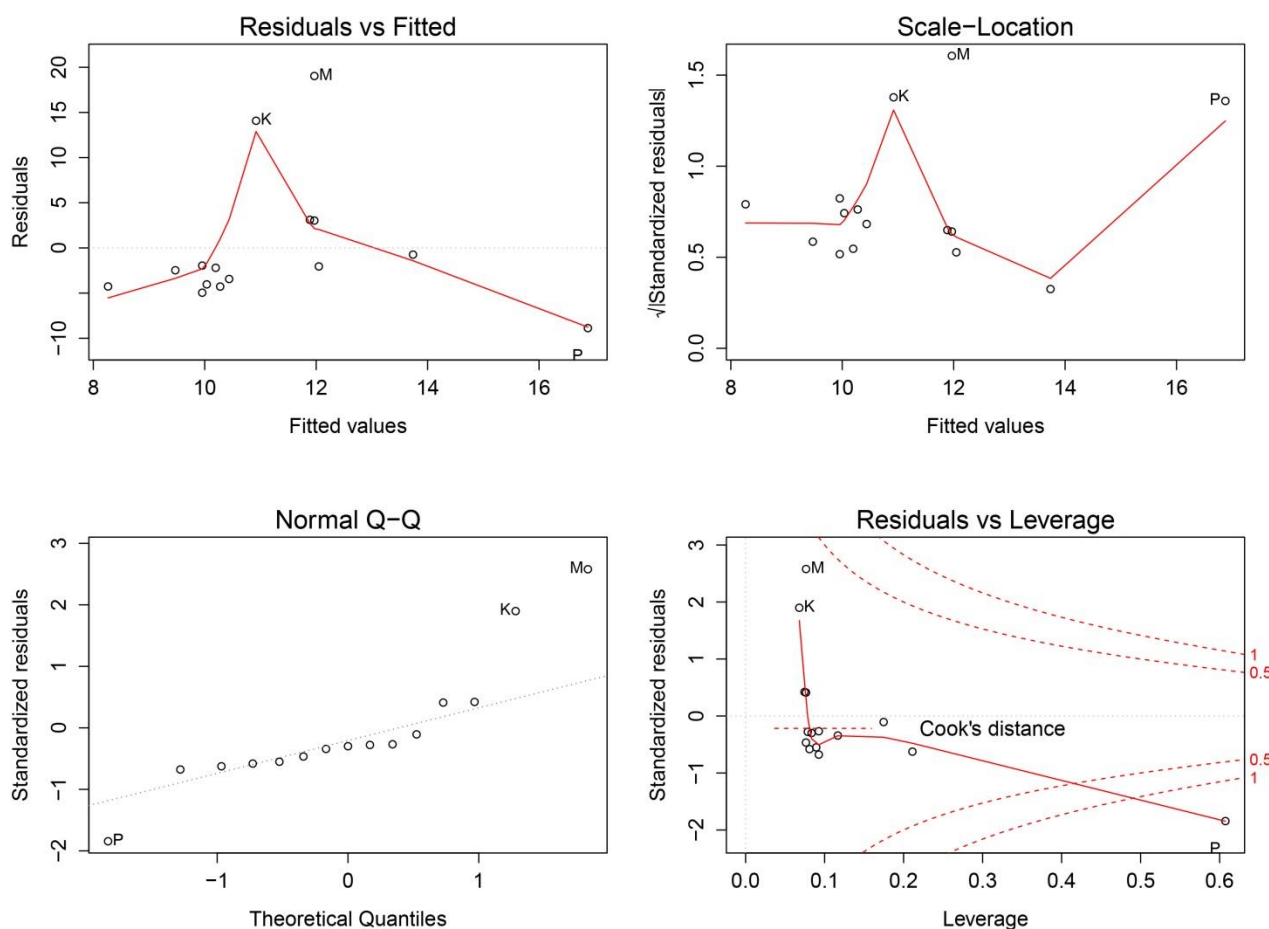


Figura 5.1.4. . Análises dos resíduos derivados do modelo de regressão entre a riqueza de espécies da família Lauraceae e a amplitude de elevação das parcelas, para 15 hectares analisados ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do Sudeste do Brasil. Letras – Designação das parcelas segundo a tabela 2.1

Análise dos Resíduos - Número de indivíduos x altitude média

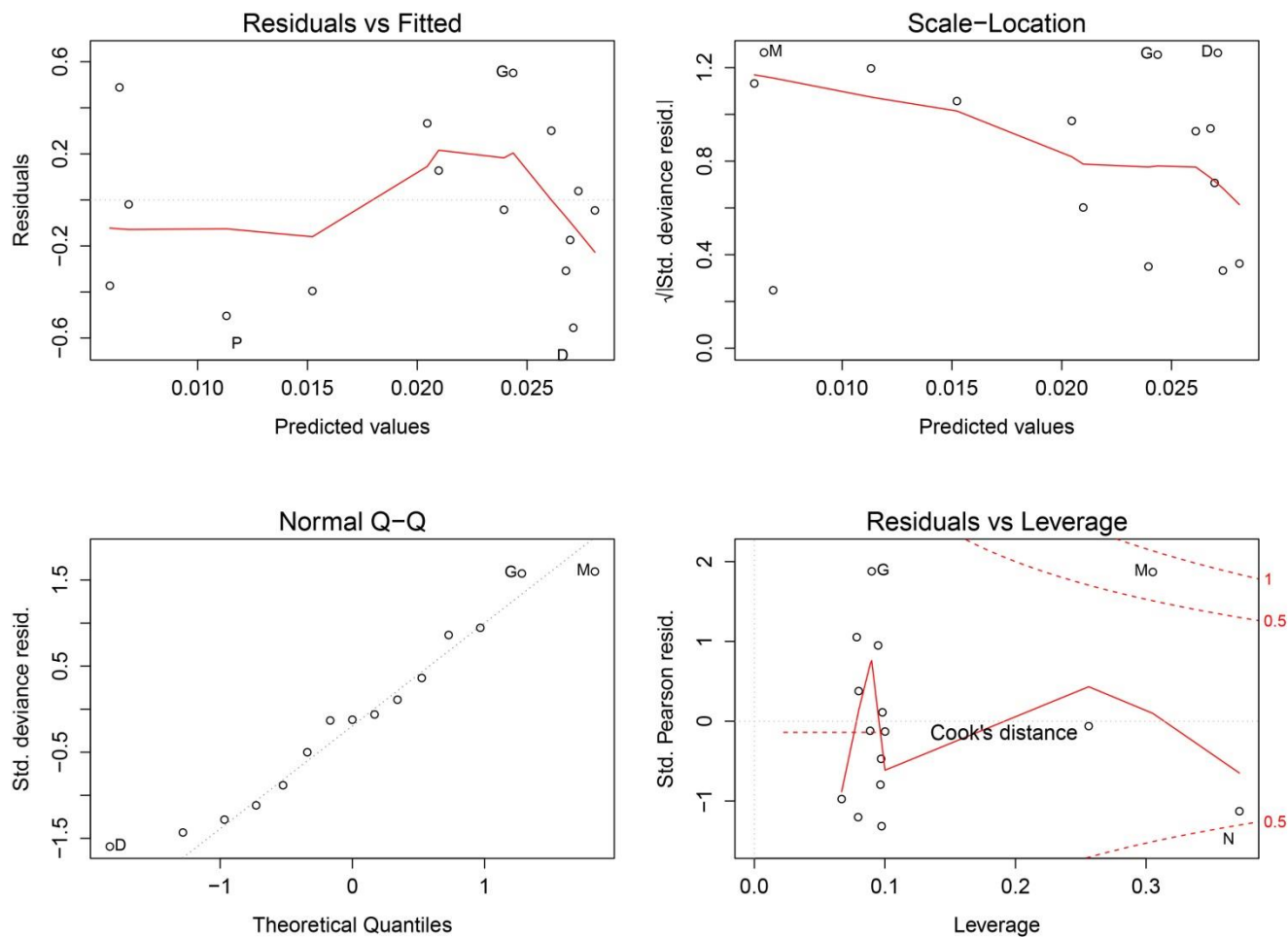


Figura 5.1.5. . Análises dos resíduos derivados do modelo de regressão entre o número de indivíduos da família Lauraceae e a altitude média das parcelas, para 15 hectares analisados ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do Sudeste do Brasil. Letras – Designação das parcelas segundo a tabela 2.1

Análise dos Resíduos - Número de indivíduos x amplitude de elevação

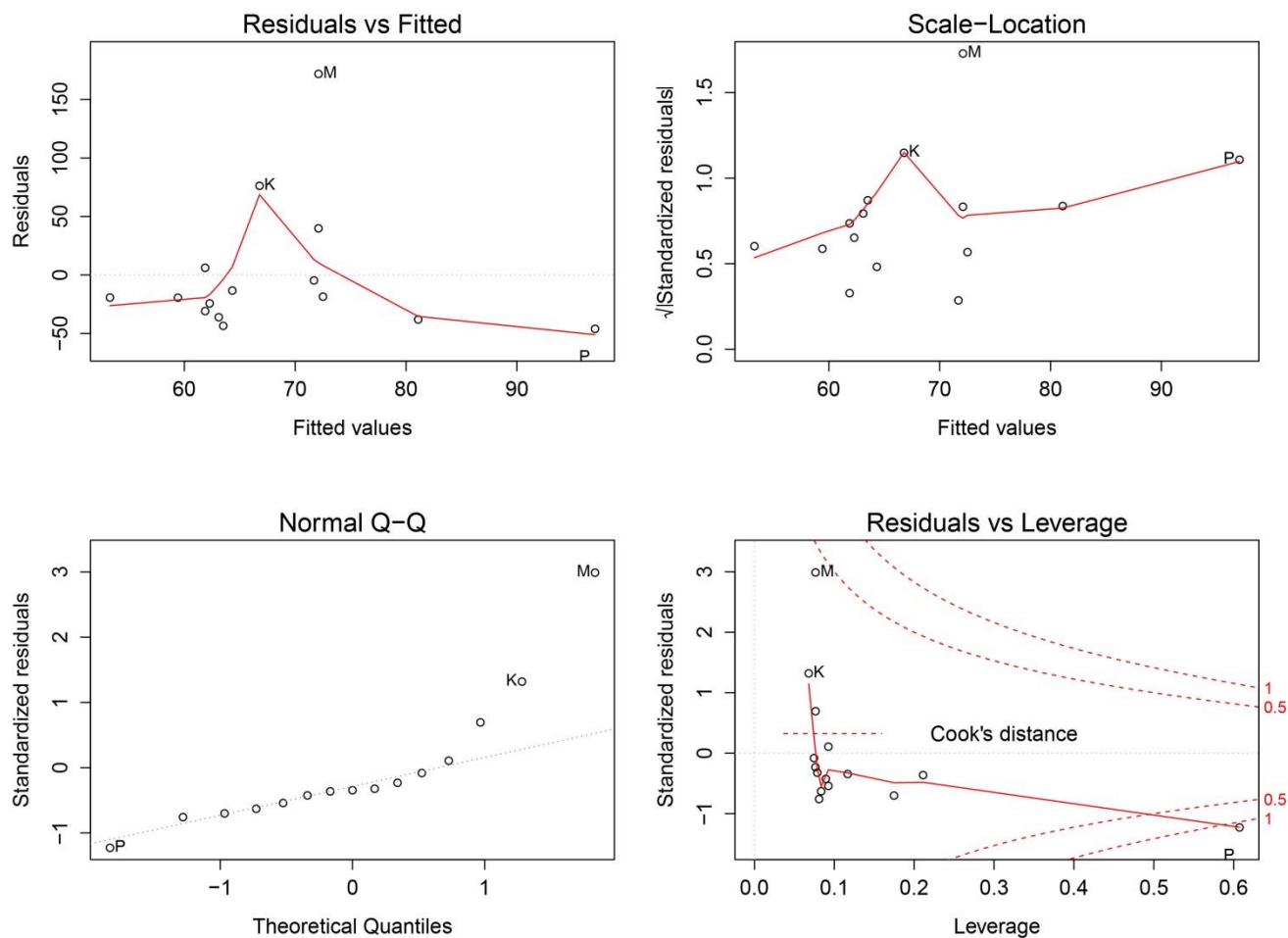


Figura 5.1.6. Análises dos resíduos derivados do modelo de regressão entre o número de indivíduos da família Lauraceae e a amplitude de elevação das parcelas, para 15 hectares analisados ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do Sudeste do Brasil. Letras – Designação das parcelas segundo a tabela 2.1

Análise dos Resíduos - Amplitude de elevação x altitude média

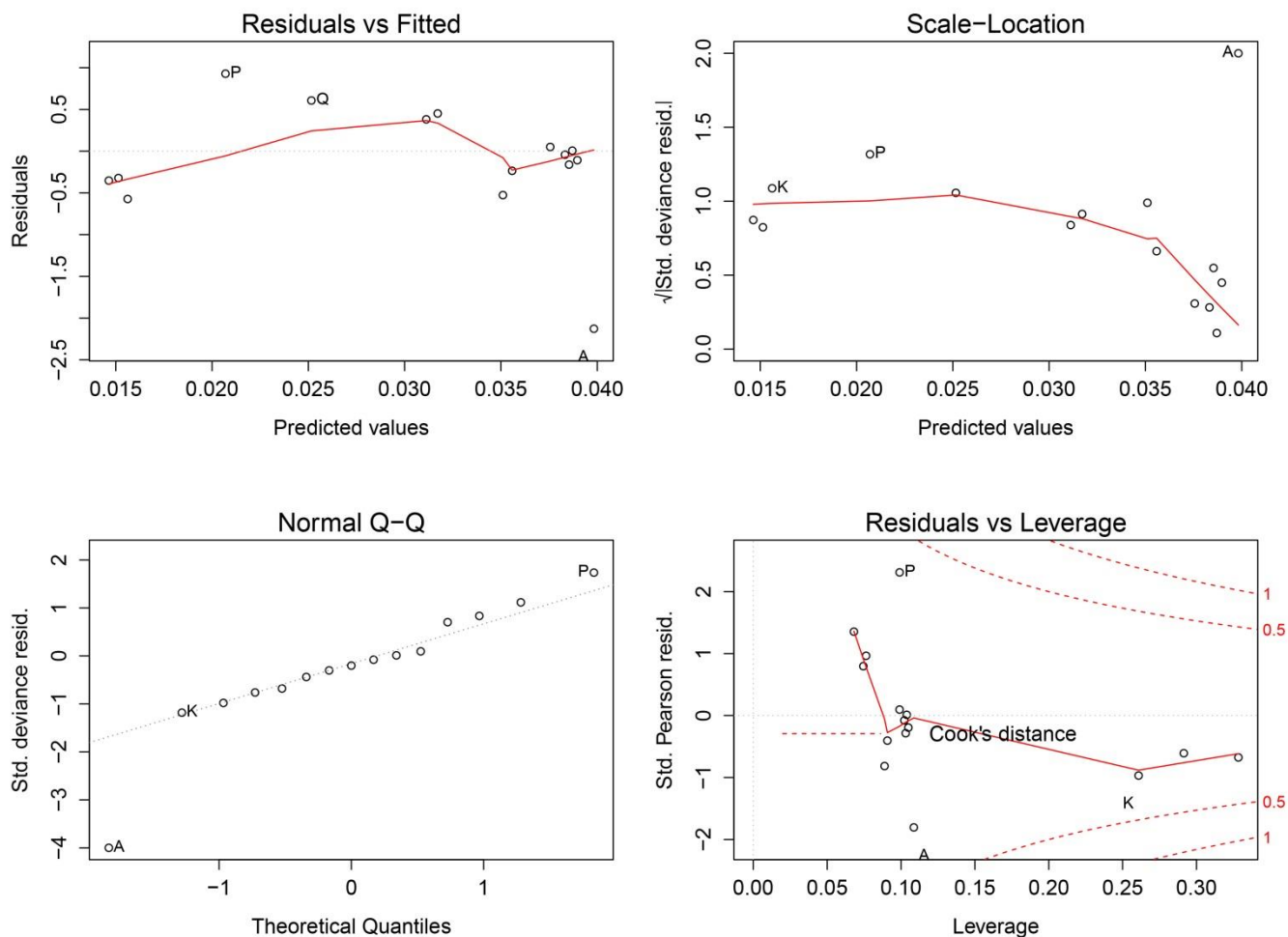


Figura 5.1.7. Análises dos resíduos, derivados do modelo de regressão adotado, entre a amplitude de elevação e altitude média das parcelas, para 15 hectares analisados ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do Sudeste do Brasil. Letras – Designação das parcelas segundo a tabela 2.1

5.2 – Análises dos resíduos dos modelos de Regressão do Capítulo II.

**Análise dos resíduos -
Área basal total(comunidade) x altitude média**

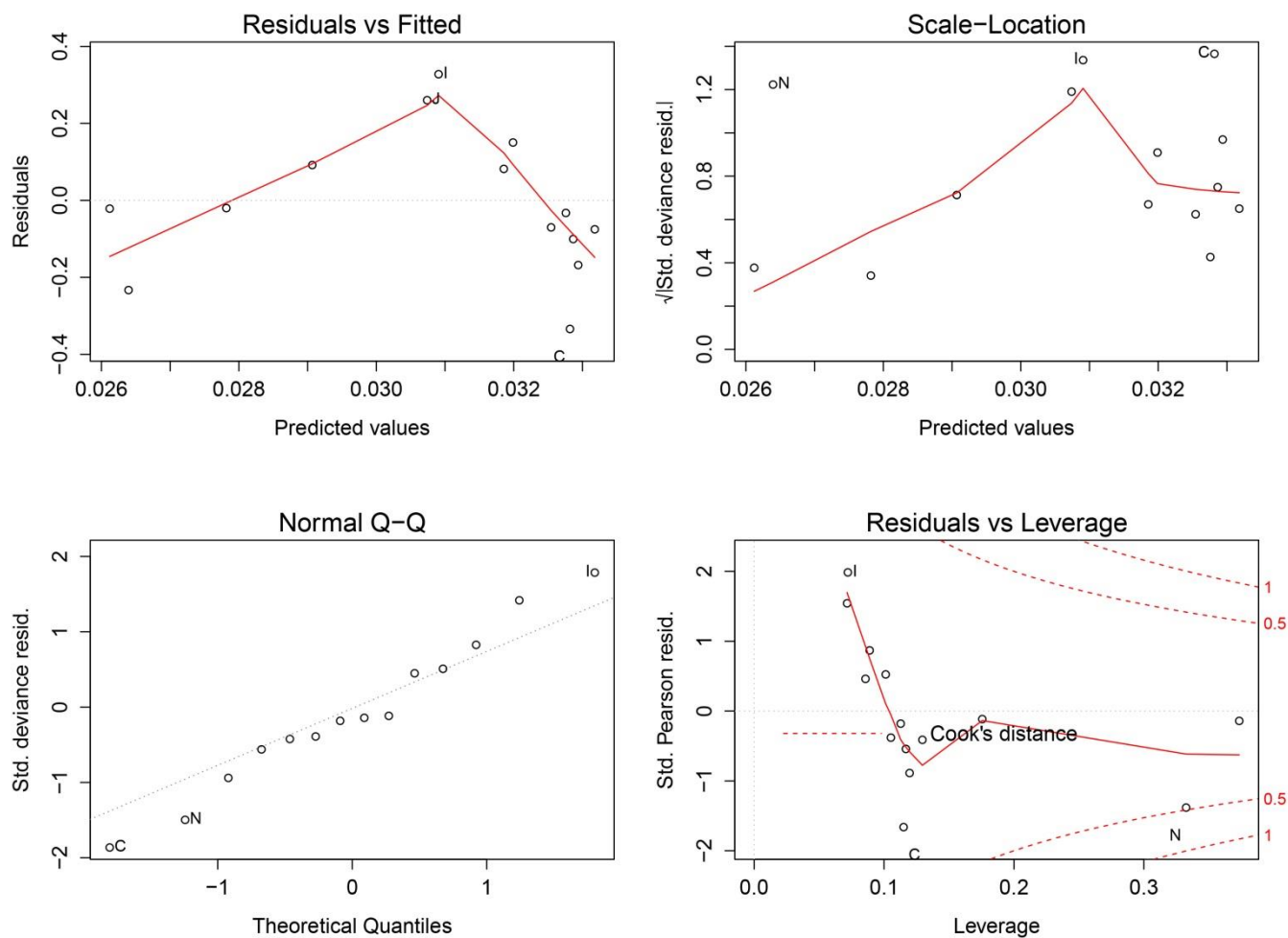


Figura 5.2.1. Análises dos resíduos derivados do modelo de regressão entre os valores de área basal total dos indivíduos, da comunidade arbórea, e a altitude média das parcelas, para 15 hectares analisados ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do Sudeste do Brasil. Letras – Designação das parcelas segundo a tabela 2.1

Análise dos resíduos - Área basal total(Lauraceae) x altitude média

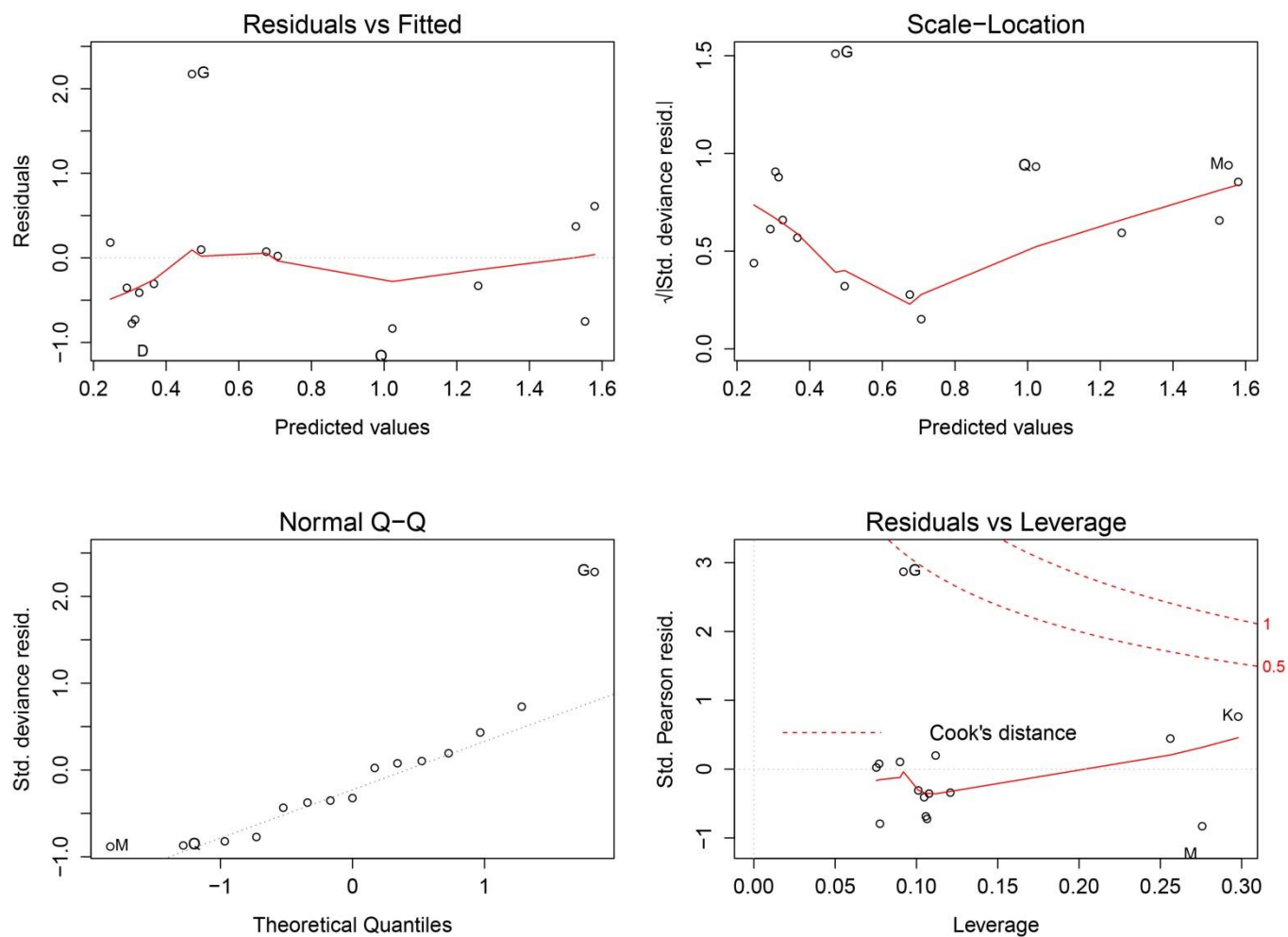


Figura 5.2.2. Análises dos resíduos derivados do modelo de regressão entre os valores de área basal total dos indivíduos, da família Lauraceae, e a altitude média das parcelas, para 15 hectares analisados ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do Sudeste do Brasil. Letras – Designação das parcelas segundo a tabela 2.1

Análise dos resíduos - Altura média (comunidade) x altitude média

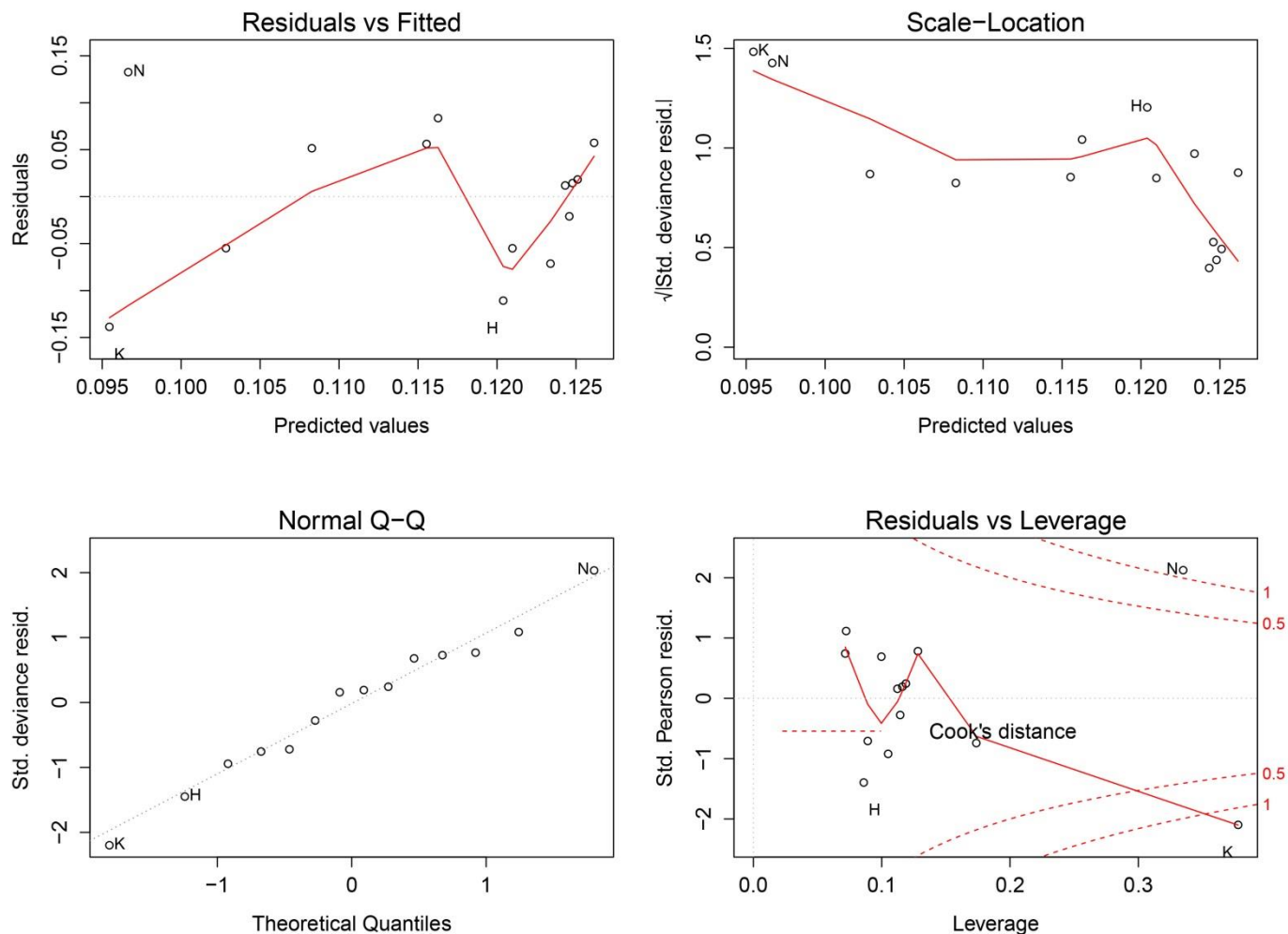


Figura 5.2.3. Análises dos resíduos derivados do modelo de regressão entre as alturas médias dos indivíduos, da comunidade arbórea, e a altitude média das parcelas, para 15 hectares analisados ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do Sudeste do Brasil. Letras – Designação das parcelas segundo a tabela 2.1

Análise dos resíduos - Altura média (Lauraceae) x altitude média

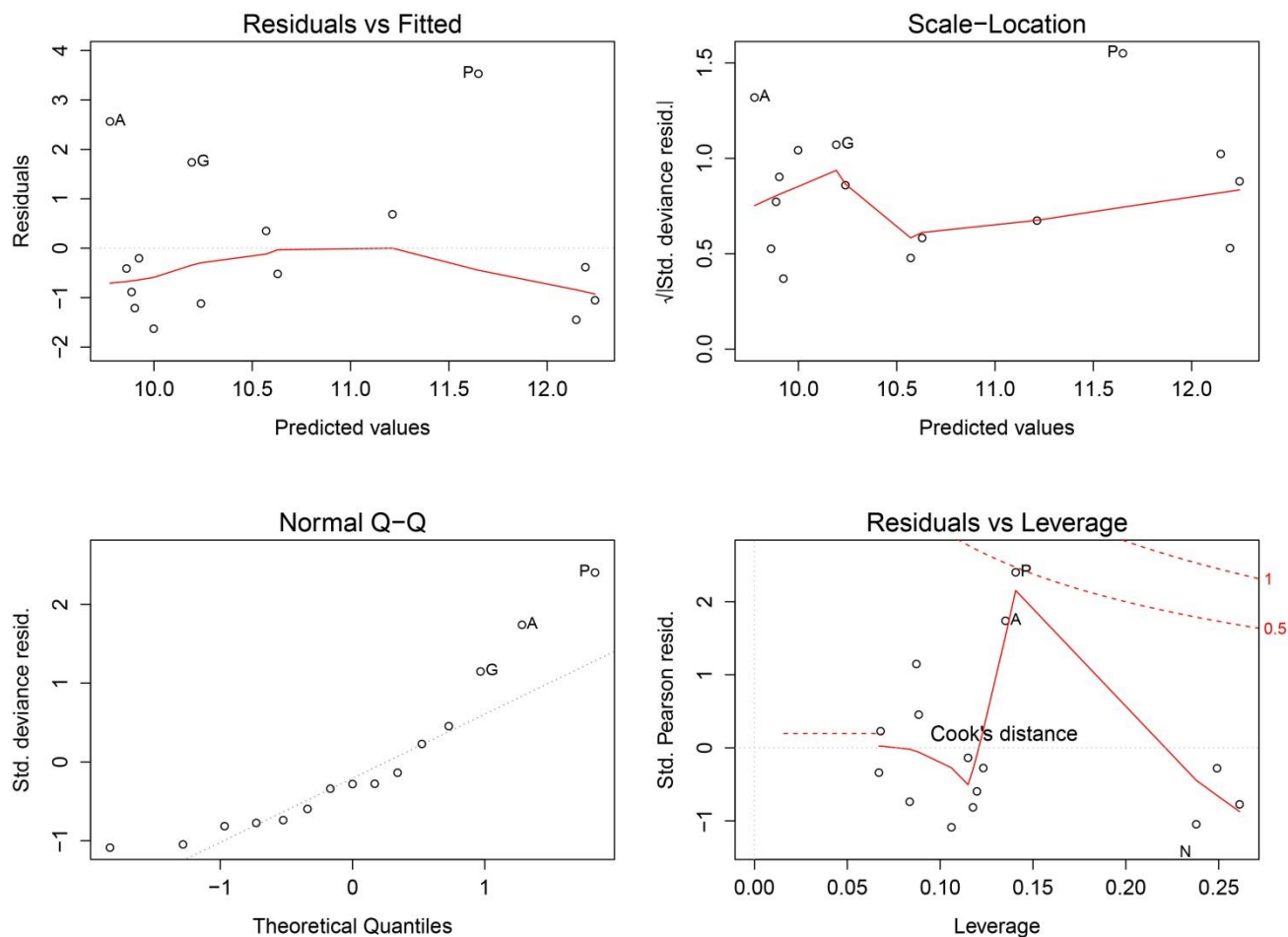


Figura 5.2.4. Análises dos resíduos derivados do modelo de regressão entre as alturas médias dos indivíduos, da família Lauraceae, e a altitude média das parcelas, para 15 hectares analisados ao longo de um gradiente altitudinal na Floresta Pluvial Atlântica do Sudeste do Brasil. Letras – Designação das parcelas segundo a tabela 2.1