

**ECOLOGIA DA VEGETAÇÃO ARBÓREA NA  
SERRA DE SÃO DOMINGOS, POÇOS DE  
CALDAS (MG)**

**MALCON DO PRADO COSTA**

**2010**

**MALCON DO PRADO COSTA**

**ECOLOGIA DA VEGETAÇÃO ARBÓREA NA SERRA DE SÃO  
DOMINGOS, POÇOS DE CALDAS (MG)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador  
Prof. José Aldo Alves Pereira

LAVRAS  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2010

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Costa, Malcon do Prado.

Ecologia da vegetação arbórea na Serra de São Domingos, Poços  
de Caldas (MG) / Malcon do Prado Costa. – Lavras : UFLA, 2010.

129 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: José Aldo Alves Pereira.

Bibliografia.

1. Ecologia florestal. 2. Fitossociologia. 3. Arquitetura de  
plantas. 4. Alometria de plantas. 5. Altitude. I. Universidade Federal de  
Lavras. II. Título.

CDD – 574.52642

**MALCON DO PRADO COSTA**

**ECOLOGIA DA VEGETAÇÃO ARBÓREA NA SERRA DE SÃO  
DOMINGOS, POÇOS DE CALDAS (MG)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 24 de fevereiro de 2010

Prof. Marco Aurélio Leite Fontes            UFLA

Profª. Gislene Carvalho de Castro            UFSJ

Prof. José Aldo Alves Pereira  
UFLA  
(Orientador)

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL

“O guerreiro da luz luta com quem ama. Aprendeu que o silêncio significa o equilíbrio absoluto do corpo, do espírito, e da alma. O Homem que preserva a sua unidade, jamais é dominado pelas tempestades da existência; tem forças para ultrapassar as dificuldades e seguir adiante.”

*Paulo Coelho*

## **OFEREÇO**

Àqueles a quem amo,

À minha mãe, “Dona Maria Rosa”, ao meu irmão, Paikan, meu pai “Seu Grimaldo” e à minha sobrinha Milena, que sempre estiveram do meu lado em todas as dificuldades.

Ao meu afilhado Arthur, por vir ao mundo e trazer tanta alegria para a nossa família.

**DEDICO!**

## AGRADECIMENTOS

A toda a minha família pela confiança em todos os momentos.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pelo conhecimento adquirido.

Ao Departamento de Ciências Florestais, pela oportunidade e recepção.

Ao orientador, José Aldo Alves Pereira, pela amizade conquistada e confiança manifestada em todas as etapas do mestrado.

Ao coorientador Marco Aurélio Leite Fontes, pelo companheirismo e por despertar em mim o interesse no estudo de florestas de altitude e alometria de plantas.

À Professora Marianna Monsaneres, pela compreensão, amizade e ajuda na incorporação das plantas no herbário.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

À Prefeitura Municipal de Poços de Caldas, por todo o apoio concedido durante a realização deste trabalho.

A todos os professores da UFLA e da Universidade Federal do Espírito Santo, que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a minha formação acadêmica.

Aos amigo(a)s Daniel Pifano, Rubens Manoel dos Santos, pelo auxílio na identificação das espécies; Pablo Hendrigo, André (sol), Patrícia, Rossi Allan, Danilo, Júlio, Larissa, pela ajuda na coleta de dados de campo; Carol, Naiara, João, Junior dos Ipês, Daniel, Kainan e Alaôr, pelos ensinamentos e assistência durante a incorporação do material no herbário.

Aos irmãos do “BREJÃO”, que me receberam com todo o carinho durante o estágio e no período como mestrando “clandestino” sem bolsa: Pança, Viníciuuuus, Hudson, Mário, Márlon, “Susto”, Pedro “Boca”, Téó, Helena

prezepeira, Bruno, Léo, “Cica Joe”, Xaxin, Caio, Fábio Metal “Emo”, Tarzan, Silas, Chicó, Thaís, Vanessinha, Mariana, Luís, Jarbinhas, Matheus, Crica, Marina, Flora e Chico, Sílvio, Nanuque, Danileira, Douglas Dodô e Douglas “Doug-doug”, Rogério...

Aos amigo(a)s que guardarei para sempre na memória e no meu coração. Os amigos de morada na Baunilha, Marquinhos, Pablo, Piu (Daniel), Luís (200tão), Régis, Flávia, Matuya, Samuca, Frederico, Laura, Danilo, Narauã, Líbia, Líliam, Lidy. Aos Amigos Octávio (Pincel), Denis (Pimentinha), Rafael (Ipatchonga), Kennedy (Tatoo), Hebertom (Gú), Arthur (Kbelo), Carlos Alexandre (Ursão), Newton “Sítio Jaqueira”, Georgis Mitrogiannis, George (Tiozão), Bernardo Limoeiro, e Glauber, pelos laços criados na graduação em Engenharia Florestal, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo.

Aos colegas da graduação e da Pós da UFLA, pela amizade e companherismo, Paulinho, Selma, Helaine, Luciana, “Jaaann” Daniel, Mariana, Ricardo, Leandro-Maestro-batata = “Emo Core”, Emílio “Japonês do goró”, Dora, Isaías Paulino, Vivete, Géorgea, Grazi, Carla, Marcela, Matheus (Beijo), Hisaías, Murilo, Lydiane, Samuel, Nory, Adriano, Raisal e Vitor.

Ao amigo Santos D’Ângelo (grande figura), uma das pessoas que desde quando o conhecemos, guardamos seu exemplo de vida, humildade e amizade.

E àqueles que esqueci de citar em palavras, mas guardarei os momentos para sempre.

Por fim, meio e início, a Deus, que sempre esteve perto e deu-me forças para superar as adversidades.

## SUMÁRIO

RESUMO GERAL .....	i
ABSTRACT GENERAL .....	iii
CAPÍTULO 1.....	1
1 Introdução geral .....	1
2 Objetivos.....	5
3 Referencial teórico.....	6
3.1 Histórico de estudos na vegetação do Planalto de Poços de Caldas .....	6
3.2 Florestas de altitude .....	9
3.3 Ecologia florestal e aspectos metodológicos de análises .....	10
4 Referências bibliográficas.....	16
CAPÍTULO 2: Variações estruturais em uma Floresta Altomontana na Serra de São Domingos, Poços de Caldas (MG).....	25
1 Resumo .....	25
2 Abstract.....	26
3 Introdução .....	27
4 Objetivos.....	30
5 Material e métodos.....	31
4.1 Caracterização da área de estudo .....	31
4.2 Coleta de dados.....	33
4.2.1 Amostragem da vegetação .....	33
4.2.2 Herborização e identificação do material botânico.....	36
4.2.3 Coleta e análises de solo .....	36
4.3 Análise de dados .....	37
4.3.1 Análise dos dados de solos .....	37
4.3.2 Estrutura fisionômica e diversidade de espécies.....	37
4.3.3 Distribuição das estruturas diamétrica .....	38
4.3.4 Correlações entre espécies e variáveis ambientais.....	38
5 Resultados e discussão.....	41
5.1 Ambiente físico.....	41
5.2 Composição florística da comunidade arbórea .....	43
5.3 Estrutura fisionômica e diversidade de espécies da comunidade arbórea.....	46
5.4 Distribuições da estrutura diamétrica comunidade .....	64
5.5 Correlações entre espécies e variáveis ambientais.....	69
8 Conclusões.....	76
9 Referências bibliográficas.....	77
CAPÍTULO 3: Padrões alométricos de espécies arbóreas em Floresta de Altitude, Poços de Caldas (MG).....	84
1 Resumo .....	84
2 Abstract.....	85

3	Introdução .....	86
4	Objetivos .....	89
5	Material e métodos.....	91
5.1	Caracterização da área – Item 4. 1 – Capítulo 2 .....	91
5.2	Caracterização das espécies estudadas.....	91
5.3	Coleta de dados.....	94
5.4	Análise de dados .....	95
5.4.1	Análise morfométrica .....	95
5.4.2	Análise alométrica .....	98
6	Resultados e discussão.....	101
6.1	Caracterização da posição sociológica.....	101
6.2	Análise morfométrica das espécies.....	103
6.3	Análise alométrica das espécies.....	107
7	Conclusões.....	122
8	Referências bibliográficas.....	124



## RESUMO GERAL

COSTA, Malcon do Prado. **Ecologia da vegetação arbórea na Serra de São Domingos, Poços de Caldas, MG**. 2010. 129 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

Este trabalho foi realizado no Parque Municipal da Serra de São Domingos, no município de Poços de Caldas, na Região Sul do Estado de Minas Gerais, Brasil, tendo como objetivo principal avaliar a correlação da distribuição das espécies com fatores edáficos e topográficos, o estrato arbóreo. No primeiro capítulo, foi realizada uma introdução geral sobre o tema, apresentando a situação das Florestas em Montanhas no Estado de Minas Gerais, nos aspectos histórico de ocupação humana, formação e conservação. Nessa parte, abordaram-se os conceitos de florestas de montanhas, com distribuição geográfica e as suas classificações quanto à altitude em Minas Gerais. Também foi realizada uma revisão dos diferentes estudos fitossociológicos realizados em ambiente florestal no Brasil, e suas tendências atuais e futuras quanto a estudos de análises de dados e aspectos ecológicos. O segundo capítulo do trabalho abordou o estudo do estrato arbóreo, caracterizando os indivíduos com CAP (circunferência na altura do peito – 1,30 cm) > 15,7 cm e seus aspectos fitossociológicos de distribuição horizontal e vertical, sobre um gradiente topográfico. Objetivou-se neste estudo, além da caracterização sociológica das espécies, a realização da correlação da distribuição delas, com fatores edáficos e topográficos. Para isso, utilizaram-se alocados 22 parcelas de 5 x 100 m no fragmento para amostragem dos indivíduos arbóreos com diâmetro à altura do peito (DAP) = ou > 5cm, e coleta de dados topográficos e amostras de solo superficial (0-20cm) para análises químicas e texturais. Foram registradas 53 famílias botânicas, 104 gêneros, 178 espécies e 1963 indivíduos, assim como três subgrupos de solos: Neossolos Litólicos, Cambissolos e Argissolos (Distróficos e Eutróficos), distribuídos ao longo da variação altitudinal do fragmento. Uma análise de correspondência canônica revelou um gradiente de distribuição das espécies arbóreas, principalmente correlacionadas com as variações altitudinal, o teor de magnésio ( $Mg^{++}$ ) e saturação por alumínio (m). No terceiro capítulo, foram amostradas plantas de espécies que ocupam diferentes posições sociológicas da floresta de altitude. Nessas populações de 6 espécies, foram coletados dados referentes a características biométricas (diâmetro e altura), arquiteturais (tipo de ramificação) e de morfometria das

---

\* Comitê Orientador: José Aldo Alves Pereira (Orientador) – UFLA, Marco Aurélio Leite Fontes – UFLA.

copas. Com o objetivo de testar se os padrões alométricos das espécies em diferentes posições do dossel para verificar se denotam diferentes estratégias de investimentos em recursos, e avaliar o comportamento populacional das espécies mais importantes na comunidade florestal, foram analisadas as relações entre o diâmetro do tronco, a altura total, a profundidade e o diâmetro da copa. Os padrões de ramificação foram relacionados com o número de competidores circunvizinhos ao indivíduo. Encontraram-se três padrões distintos: um padrão de crescimento com maior investimento em altura e diâmetro de copa, objetivando a garantia de espaço no dossel, outro mais ligado ao crescimento em profundidade copa, para aproveitamento de luz em várias posições do dossel e outro na ocupação do espaço horizontal, nos estratos inferiores do dossel. Os indivíduos competidores influenciaram os processos de ramificação de algumas espécies. Espécies de locais mais elevados, expostas a mais intempéries, apresentaram menor grau de esbeltez e copas assimétricas.

Palavras-chave: Ecologia Florestal, Altitude, Fitossociologia, Arquitetura e alometria de plantas.

## ABSTRACT GENERAL

COSTA, Malcon do Prado. **Tree community ecology of the Serra de São Domingos, Poços de Caldas, MG.** 2010. 129 p. Dissertation (Master Program in Forestry Engineering) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

The study was carried out in the Municipal Park of the Serra de São Domingos, the city of Poços de Caldas, the southern region of Minas Gerais, Brazil, aiming to assess the correlation of the distribution of the species with edaphic and topographic arboreal stratum. In the first chapter it was made a general introduction on the subject by presenting the situation of forests in the mountains of Minas Gerais, in the historical aspects of human occupation, education and conservation. This part dealt with the concepts of forest ranges, geographic distribution and their classifications as altitude in Minas Gerais. It was also carried out a review of different phytosociological studies in forest environment in Brazil, and its current and future trends and studies of data analysis and ecological aspects. The second chapter of the work approached the study of tree layer, characterizing individuals with PBH (perimeter at breast height -  $1.30 \text{ cm} > 15,7 \text{ cm}$ ) and phytosociological aspects of horizontal and vertical distribution on a topographic gradient. The aim of this study, in addition to the sociological characterization of the species, was to study the correlation of their distribution with edaphic and topographic conditions. The physiognomic (density, basal area and distribution of size of the trees) and community structure (composition, distribution and diversity of species) were analyzed through 22 plots of 5 X 100 m where tree individuals with diameter at breast height  $\geq 5 \text{ cm}$  were sampled, topographic variables were measured and surface soil samples were collected to obtain their chemical and texture attributes. The survey resulted in 53 botanic families, 104 genera, 178 species and 1963 individuals, as well as four soil classes: distrofic and eutrofic Argisoil, Cambisoil and Litolic Neosoil, distributed sequentially from the hilltop to the base of the fragment. The canonic correspondence analyses showed a gradient of tree species distribution mainly correlated with variations of quotas, magnesium content (Mg++) and aluminium saturation (m). In the third chapter, it was sampled plant species that occupy different sociological positions in a montane forest. In these populations of 6 species data on biometric characteristics (diameter and height), architectural (type of branch) and morphometry of hearts were collected. In order to test whether the allometric patterns of species in different canopy

---

\* Guidance Committee: José Aldo Alves Pereira (Major professor) – UFLA and Marco Aurélio Leite Fontes – UFLA.

positions to verify if it indicates different investment strategies in resources, and to evaluate the behavior of the most important species in the forest community. It was analyzed the relationship between trunk diameter, total height, depth and diameter of the crown. The branching patterns were related to the number of competitors surrounding the individual. It was found three distinct patterns: a pattern of growth through increased investment in height and canopy diameter, aiming to guarantee space in the canopy, another pattern of growth in deep crown for the use of light in various locations of the canopy and the other in occupation of horizontal space, in the lower canopy. Individual competitors influenced the branching processes of some species. Species of higher ground, exposed to worse weather, presented lower degree of slenderness and asymmetric canopies.

## CAPÍTULO 1

### 1 INTRODUÇÃO GERAL

Estimativas para as Florestas Tropicais realizadas entre 1980 e 1990 pela United Nations Food and Agricultural Organization sugeriam que uma média de 21,1 milhões de hectares de Floresta Tropical seria destruída a cada ano (Laurance, 1999), e nas Florestas Tropicais do continente Americano, a destruição era de cerca de 3,1 milhões de hectares/ano, dos quais 2,8 milhões de hectares/ano estão na região próxima ao Trópico de Capricórnio. Até o ano de 1990, as Florestas Tropicais Americanas cobriam uma área aproximada de 918 milhões de hectares, e as Florestas Tropicais Africanas e Asiáticas cobriam áreas com 527 e 311 milhões de hectares, respectivamente (Whitmore, 1997).

Entre as florestas tropicais mundiais, a Floresta Atlântica brasileira representa um dos maiores e mais urgentes desafios para a conservação da biodiversidade mundial (Metzger, 2009). Reconhecida como um dos ecossistemas mais biodiversos e ameaçados, resta a esse *Hotspot* cerca de 100 mil km<sup>2</sup> ou 5% de sua cobertura original, com apenas 4,1% dessa área sob alguma proteção (Mittermeier et al., 2004; Hirota, 2005). Grande parte da Floresta Atlântica encontra-se fragmentada, e a maioria dos fragmentos concentra-se em áreas de relevo montanhoso e acidentado, de mais difícil acesso, das Regiões Sul e Sudeste do Brasil (Fundação SOS Mata Atlântica, 1998, 2008). As áreas florestais em montanha, além de serem ricas em endemismos, muitas vezes, são refúgios de espécies raras, extintas nas áreas mais alteradas das baixas altitudes, formando ilhas de biodiversidade, porém, são particularmente vulneráveis ao aquecimento global, devido à inexistência de novos locais com condições propícias para a colonização das espécies (Hamilton & Mcmillan, 2004; Jolly et al., 2005; Nobre et al., 2005).

Outro aspecto importante é que a existência de florestas está diretamente associada à manutenção da quantidade e qualidade de águas importantes para comunidades locais (Scanlon et al., 2004), principalmente em montanhas, onde abrigam grandes sistemas de nascentes formadoras de importantes rios (Hamilton & Mcmillan, 2004).

No Brasil, algumas características de florestas de altitude, como a ocorrência de árvores pequenas, são, muitas vezes, confundidas com efeitos de degradação antrópica, causada principalmente pela coleta seletiva de espécies madeireiras, gerando dúvidas quanto ao estado de conservação dessas florestas, podendo levar a julgamentos de menor valia para a conservação da biodiversidade (Fontes, 2008). Embora se saiba que a Floresta Atlântica brasileira apresente expressivas variações fisionômicas e florísticas associadas à altitude, como demonstrado por Oliveira Filho & Fontes (2000), a ecologia das florestas acima dos 1000 m de altitude no sudeste brasileiro é ainda incipiente (Pereira et al., 2007), pois carecem de estudos em ambientes de transição entre as fisionomias florestais de altitude.

Na Região Sul do estado de Minas Gerais, no planalto de Poços de Caldas, complexo orográfico da Serra da Mantiqueira, encontra-se o Parque Municipal Serra de São Domingos (PMSSD), localizado no município de Poços de Caldas, ocupa 273,35 ha (Figura 2.1). A região é caracterizada pela alta riqueza de espécies animais e vegetais raras, endêmicas e ameaçadas, e aparece nas listas de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade do estado de Minas Gerais (Drummond et al., 2005), da Mata Atlântica (Conservation International do Brasil, 2000) e do país (Brasil, 2004), e nos três casos na categoria de maior importância.

A região possui relevo montanhoso, com altitudes que variam de aproximadamente 1200 a 1800 m, onde se encontram inúmeros remanescentes de floresta de altitude em diferentes estádios de regeneração. Os desmatamentos,

inicialmente para práticas agrícolas insustentáveis nas encostas, limitaram as florestas aos topos dos morros (Brito et al., 1997). Entretanto, na região de Poços de Caldas, práticas de mineração devastaram grande parte das vegetações naturais nos topos de morros da região. Restam, assim, alguns fragmentos conservados pela prefeitura e por alguns moradores locais.

De forma geral, em áreas de altitudes elevadas, a intensidade da radiação é muito acentuada e o vento sopra violentamente. Para as regiões tropicais, um “banco” de nuvens forma-se nas altitudes mais elevadas, onde a umidade do ar é mais alta. Nos vales e nas encostas, formam-se microclimas com diferentes intensidades de radiação, temperatura e capacidade evaporativa do ar. Devido à curta estação de crescimento, com o aumento da altitude e das bruscas mudanças no clima em curtas distâncias, as montanhas representam um filtro de seleção e um gradiente de aclimação para a flora dessas regiões (Larcher, 2000). A altitude também influencia na riqueza florística. Com o aumento da altitude, observa-se o decréscimo do número de espécies, devido ao gradiente altitudinal formado pelas diferentes características edáficas e climáticas que ocorrem nas encostas das montanhas. A importância biológica de alguns trechos da Floresta Atlântica parece estar relacionada aos níveis de endemismo e não à riqueza total de espécies (Tabarelli & Mantovani, 1999).

A grande variedade de solos nos diversos locais da superfície terrestre resulta de suas propriedades e natureza e permite identificá-los também como corresponsáveis pela distribuição de muitos seres vivos na biosfera. A porosidade, os teores de areia, silte, argila, sais e minerais, a capacidade de retenção de água e de troca de cátions são algumas características que os solos apresentam e que facilitam ou impedem a presença de vegetais e animais em determinadas áreas. Muitas plantas têm grande amplitude ecológica, ocorrendo em vários tipos de solo; outras são mais exigentes, ou limitadas, e somente ocorrem em locais com substrato favorável (Guerra & Cunha, 1996).

Apesar da consciência crescente sobre a importância desses recursos florestais e da necessidade de conservá-los, poucos são os estudos sobre a estrutura fitossociológica para a Floresta Atlântica de Altitude no estado de Minas Gerais (Oliveira Filho & Machado, 1993; Oliveira Filho et al., 1994a,b; Vilela et al., 1995; Fontes, 1997, 2008; Pedralli et al., 1997; França & Stehmann, 2004; Carvalho et al., 2005, 2007; Loures et al., 2007).

Nestes trabalhos, realizados na Região Sudeste, tem sido demonstrada a existência de significativas diferenças entre os remanescentes existentes. Grande parte da cobertura florestal da Minas Gerais foi retirada na década de 60 para a produção de carvão vegetal (Warren, 1996). Assim, trabalhos que tenham como objetivo o conhecimento da biodiversidade e das estratégias de adaptação das espécies nos fragmentos florestais existentes são importantes, pois fornecem um arcabouço teórico para decisões sobre medidas de preservação, conservação e recuperação desses ecossistemas.

O Parque Municipal da Serra de São Domingos (PMSSD) é uma floresta urbana do município de Poços de Caldas, constituindo-se área prioritária para a conservação da biodiversidade no estado de Minas Gerais. São poucos os estudos biológicos realizados no PMSSD. Nesse contexto, essa floresta urbana de altitude não constitui apenas um aglomerado de árvores que pode ser administrado e estudado, mas um conjunto espacial combinado entre a vegetação e a cidade, cuja gerência deve ser realizada de forma integrada.

## **2 OBJETIVOS**

### **Objetivo geral**

Caracterizar a comunidade arbóreo-arbustiva no gradiente altitudinal da Serra de São Domingos, no planalto de Poços de Caldas, Minas Gerais, Brasil.

### **Objetivos específicos**

- Realizar inventário fitossociológico de uma floresta de altitude do PMSSD;
- Analisar as correlações entre a distribuição das espécies da comunidade arbórea e as variáveis ambientais de solo e de relevo;
- Verificar as estratégias de estabilização mecânica e padrões alométricos de espécies arbóreas tropicais em uma floresta de altitude.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Histórico de estudos na vegetação do Planalto de Poços de Caldas

Os primeiros estudos botânicos no Planalto de Poços de Caldas ocorreram com a vinda de europeus, motivados pela presença de fontes de águas termais na região (Mourão, 1951; Ferri, 1980). Muitos naturalistas visitaram a região ao longo dos anos, entre eles: John Locok (1809), Augustin François César Prouvençal de Saint-Hilaire (1816 a 1822), Johan Baptist von Spix (1817 a 1829), Carl Friedrich Philipp Von Martius (1817 a 1829) e Anders Fredrik Regnell (1841 a 1884).

As primeiras referências sobre a vegetação da região caldense são devidas a Saint-Hilaire e Manuel da Silveira Rodrigues (Ottoni, 1960).

Saint-Hilaire (2000) relatou em sua viagem à região do planalto de Poços de Caldas a existência de um bosque cerrado, com clareiras próximas umas das outras, nas quais nenhuma árvore cresce e que só apresentam alguns tufos de ervas à cerca de uma légua do rio Pardo.

Rodrigues (1832), citado por Ottoni (1960) referiu-se à vegetação local: “na serra mesquinhas searas, rasteiras capoeiras e pinheiros, que crescem melhor à borda dos rios”. Alguns autores (Romariz et al., 1949; Azevedo, 1962; Baldassari, 1988) sugeriram a presença de dois tipos de vegetação para o sul de Minas Gerais: o Campo e a Mata.

Várias excursões foram realizadas às serras do estado de Minas Gerais; e os que mais contribuíram para o estudo da vegetação de Poços de Caldas foram:

O botânico sueco Anders Fredrik Regnell deu a maior contribuição para os estudos da vegetação da região caldense. Ele coletou várias espécies de Melatomataceae, resultando em 72 espécies descritas na “Flora Brasiliensis”. A

sua coleção botânica encontra-se atualmente no Herbarium Regnelliano, em Estocolmo, Suécia (Holmgren et al., 1981).

Mello-Barreto (1942) assinalou a existência de formações florestais e campos de altitude nas partes elevadas do planalto. Em suas excursões pela região, ele cita: “Nas serras de Poços de Caldas e da Mantiqueira, existe em abundância, onde a terra é menos fértil e menos espessa, a linda melastomatácea, cuja corola tem o centro alvo e a periferia violáceo-rosa. Já está bastante introduzida em parques, tem o nome científico de *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn., e é popularmente chamada Quaresmeira...”

Magalhães (1956) fez um levantamento das espécies encontradas nas matas secundárias frequentes no centro, leste e sul do estado de Minas Gerais. O autor cita algumas espécies arbóreas (4 a 14 m), estranhas à mata secular e que se desenvolvem em suas orlas e clareiras, entre elas algumas espécies dos gêneros *Miconia* e *Tibouchina*, que correspondem àquelas que há em Poços de Caldas.

Azevedo (1962) diferenciou as formas campestres do sul de Minas, denominou como “savana-campo limpo” aquela encontrada nas partes mais elevadas do planalto de Poços de Caldas. O autor reconheceu nesses campos espécies pertencentes às famílias Melastomataceae, Cyperaceae, Compositae (Asteraceae) e Gramineae (Poaceae); entretanto, forneceu poucas informações em relação a gêneros e espécies.

Fagundes (1968) relacionou a presença de umidade com a formação campestre nas depressões e nos brejos, e a presença de estrato arbóreo ao longo dos rios da região.

Christofoletti (1972) destacou a predominância de vegetação de campo com gramíneas, em áreas mais elevadas do planalto, e de formações arbóreas, de mata latifoliada tropical, nos vales e nas várzeas. O autor tentou explicar a atual distribuição da vegetação na região de Poços de Caldas, com base em dados

mineralógicos e paleoclimáticos. A sua hipótese à cerca da atual distribuição vegetacional no Planalto de Poços de Caldas é a de que variações paleoclimáticas ocorridas no Quaternário teriam resultado na formação dos depósitos de bauxita no topo dos morros. Essa canga bauxítica, formada em função do clima (semi-árido), teria tornado o solo muito delgado e impróprio para o crescimento florestal; porém, as formações herbáceas e arbustivas poderiam ocupar essas áreas de solos pobres; por sua vez, a floresta, com a melhoria das condições meteorológicas, como o aumento da umidade, poderia expandir-se pelas áreas de solos melhores e pelos fundos dos vales.

Golfari (1975) classificou a vegetação de mata como floresta perenifolia e as formações campestres como campos rupestres e altimontanos com Araucária.

Alonso (1978) denominou as manchas florestais que ocorrem na Mantiqueira e Serra do Mar, a altitudes superiores a 1500 m, como Floresta subcaducifolia tropical de Araucária, evidenciando no estrato arbustivo-herbáceo a presença de melastomatáceas compostas, ciperáceas, gramíneas, lauráceas, leguminosas e mirtáceas. Em regiões com altitude superior a 1000 m, caracterizou espécies campestres de melastomatáceas, eriocauláceas, veloziáceas e xiridáceas, que apresentam adaptações às condições ambientais.

Na década de 80 e 90, pesquisadores da Unicamp realizaram um levantamento florístico da região, com destaque para os trabalhos de Baldassari (1988) com a família Melastomataceae, e Rodrigues (2001), com a família Asteraceae. Os objetivos básicos do projeto foram o estudo da composição florística de algumas áreas representativas da vegetação no município de Poços de Caldas, com apresentação de sugestões para recomposição da paisagem (após mineração) pelo uso de espécies nativas.

Nappo et al. (1999, 2005) avaliaram a regeneração natural e a dinâmica de distribuição diamétrica em uma área de mina exaurida de bauxita, reabilitada

mediante hidrossemeadura e plantio homogêneo de *Mimosa scabrella* Bentham. Os autores concluíram que a regeneração natural de espécies arbustivas-arbóreas encontra-se em processo de estruturação do local, com tendência à ocupação de fisionomia florestal, onde existia vegetação campestre.

Fernandes (2003) realizou estudo de gradientes vegetacionais em uma floresta de altitude da região. O autor concluiu que as fitofisionomias e composição de espécies, que se sucedem ao longo dos gradientes altitudinais, expressam o resultado de fatores variados que extrapolam uma explicação relacionada à nutrição, umidade e caracteres texturais dos solos.

Loures et al. (2007) realizaram levantamento da comunidade arbórea de uma floresta Montana paludosa, situada no Rio Pardo, Santa Rita de Caldas. Os autores observaram uma composição florística e estrutural distinta das florestas paludosas e aluviais de Sul e Sudeste do Brasil, em menores altitudes.

Guimarães et al. (2008) avaliaram a dinâmica de vegetação aluvial no planalto de Poços de Caldas e registraram taxas de dinâmicas mais lentas em relação a outras florestas ribeirinhas tropicais.

Mesmo no tocante aos levantamentos florísticos e estruturais da região, até agora, poucos trabalhos têm sido publicados sobre ecologia de comunidades e de populações, como a interação da flora com o ambiente e com fatores bióticos.

### **3.2 Florestas de altitude**

As florestas montanas da Região Neotropical situam-se na faixa dos 900 a 2900 m de altitude; contudo, a definição de seus limites altitudinais é dificultada pelas gradações existentes com outros tipos de vegetação devido a particularidades locais e regionais no clima e relevo (Fontes, 1997).

Fisionomicamente, essas florestas são caracterizadas por sua menor estatura, em comparação com as florestas úmidas de baixas altitudes, e pela

abundância de epífitas (Walter, 1986; Whitmore, 1990; Webster, 1995; Young, 1995; Lieberman et al., 1996; Fontes, 1997, 2008). As áreas de florestas montanhas apresentam uma menor diversidade de espécies arbóreas (Gentry, 1988), composição florística de difícil predição (Young, 1995) e elevado endemismo (Gentry, 1992).

Essa formação também é conhecida como “mata nebular”, quando encontrada em regiões sob razoável cobertura por nuvens durante a maior parte do ano (Falkenberg, 2003). As matas nebulares neotropicais encontram-se entre as latitudes 23°N e 25°S e, como florestas úmidas montanhas, seus limites altitudinais exibem variação local e regional. No Brasil, as matas nebulares ocorrem nas candeias montanhosas da Região Sudeste, mas ainda há poucos estudos sobre elas (Fontes, 1997, 2008; França & Stehmann, 2004; Meireles et al., 2008).

Em síntese, tem sido observado que variações de relevo provocam alterações no regime hídrico do solo, no microclima e na disponibilidade de nutrientes, limitando a ocorrência e o crescimento das espécies na floresta. Na realidade, nem sempre é possível isolar a influência de uma variável ambiental sobre determinada espécie, uma vez que pode haver alta correlação entre muitas variáveis ambientais (Oliveira Filho, 1994c; Pezzopane et al., 2005) ou nenhuma correlação com as variáveis ambientais devido à elevada estocasticidade (Hubbel, 2001).

### **3.3 Ecologia florestal e aspectos metodológicos de análises**

Existem diferentes métodos para caracterizar uma comunidade florestal e informar as condições ecológicas e ambientais que ocorrem. Mueller-Dombois & Ellenberg (1974) diferenciam esses estudos em diversas áreas: a fitogeografia, que estuda a distribuição geográfica das espécies (táxon) e as suas relações evolutivas; a fitossociologia estuda a composição, desenvolvimento, distribuição

geográfica e relações ambientais da comunidade de plantas; a Autoecologia estuda as funções fisiológicas dos organismos dentro do campo ambiental e das comunidades, além do estudo das espécies ou ecotipos; Ecologia das Populações, que estuda a estrutura e funções das populações, além de sua variação genética e morfológicas; e, por último, a Paleobotânica, que estuda a história e o desenvolvimento de populações e comunidades vegetais, baseando-se no registro de fósseis, como polens de plantas em lagoas de decantação ou com base na dendrocronologia.

Estudos de ecologia da vegetação, compostos por levantamentos fitossociológicos, são de grande importância para o conhecimento das florestas nativas, com o propósito de conhecer a dinâmica e a distribuição das espécies no meio ambiente, sendo essa a tendência atual dos trabalhos fitossociológicos. Devido à existência de grande quantidade de espécies e variáveis ambientais, somente com o advento de procedimentos estatísticos exploratórios (técnicas multivariadas) tornou-se possível obter padrões de análises quantitativas. As técnicas multivariadas permitem analisar grande quantidade de variáveis ambientais de uma comunidade florestal, com grande número de espécies, objetivando a redução do número de variáveis, com a mínima perda de informação. Dessa forma, permitem demonstrar quais os principais padrões de similaridades, de associação e de correlação entre as variáveis, obtendo relações mais estreitas entre as espécies e o ambiente (Valentin, 1995; Mccune & Mefford, 1997; Souza et al., 2003; Fonseca & Fonseca, 2004).

Uma das maneiras de se determinar a estrutura de uma comunidade é por meio de uma técnica exploratória de dados conhecidos na literatura ecológica por ordenação (Paes & Blinder, 1995).

O termo ordenação refere-se a uma série de técnicas estatísticas multivariadas, que têm como propósito principal reduzir a alta dimensionalidade dos dados florísticos obtidos em estudo de ecologia de comunidades, produzindo

um novo sistema de coordenadas, em que as unidades amostrais com composição similar de espécies estarão próximas nesse novo espaço de dimensões reduzidas, denominado espaço fatorial (Gauch, 1982; Braak, 1995). Posteriormente, trata-se de relacionar a ordem obtida em cada uma das dimensões desse novo espaço com variáveis físico-químicas ou outras na procura de gradientes ambientais (Whittaker, 1967). Um bom método de ordenação é aquele que, além de reduzir a alta dimensionalidade dos dados, também revele fatores ecológicos (Kenkel & Orloci, 1986).

Entre as técnicas de ordenação, a Análise de Correspondência Canônica (CCA) é a que possibilita uma análise de ordenação direta de gradientes ambientais, por meio da qual se explica a distribuição das espécies em relação a variáveis levantadas. O método utiliza duas matrizes para a obtenção de suas correlações. A primeira matriz contém dados compostos por linhas, as quais representam as parcelas e colunas representadas pelas espécies, com a abundância dos indivíduos presentes em cada uma, ao passo que a segunda matriz contém dados de ocorrência das variáveis ambientais (colunas) em cada parcela amostrada (linhas), conforme Mc Cune e Mefford (1997).

Hair et al. (1998) referem-se à CCA como um método que parte do princípio básico de desenvolver uma combinação linear de cada conjunto de variáveis para maximizar a correlação entre ambas, envolvendo a obtenção de um conjunto de pesos para as variáveis dependentes e independentes que geram a correlação máxima entre o conjunto de variáveis dependentes e independentes.

Adicionalmente à CCA, realiza-se o Teste de Permutação de Monte Carlo, que consiste na permutação aleatória das linhas da matriz de variáveis ambientais, com o intuito de testar a significância de correlação entre as duas

matrizes, identificando a probabilidade de acerto da relação encontrada entre as matrizes originais (Souza et al., 2003).

A saída dos dados (*output*), ou seja, o resultado final da CCA é constituída pela descrição gráfica (*biplots*) e pelos pesos dos fatores ambientais utilizados na matriz de dados, para ordenação das espécies e parcelas. A magnitude e orientação das linhas das variáveis no gráfico e acomodação de cada espécie/parcela nos planos dimensionais coordenados pelos eixos de ordenação é uma forma de facilitar a visualização da ordenação e as correlações dos dados, sendo o principal resultado da CCA. Além disso, na saída de dados é apresentada a variância da contribuição de cada componente nos eixos de ordenação e as correlações internas existentes entre as variáveis (Kent & Coker, 1992).

Atualmente, no estado de Minas Gerais, há muitos trabalhos em fitossociologia que utilizam análises multivariadas, com correlação dos fatores ambientais e abundância de espécies. Em meio aos trabalhos fitossociológicos, com o uso de Análise de Correspondência Canônica (CCA) entre abundância das espécies arbóreo-arbustivas, com fatores ambientais de solo e topografia na Região Sudeste, podem-se citar: Botrel et al. (2002), Fagundes (2003), Souza et al. (2003), Oliveira Filho et al. (2004) e Carvalho et al. (2005), entre outros.

Além da CCA, há outros métodos para a caracterização de comunidades vegetais, os quais levam apenas em consideração a composição florística e os parâmetros fitossociológicos. Entre os métodos, pode-se citar a análise de espécies indicadoras (Dufrene & Legendre, 1997), utilizada, por exemplo, por Machado et al. (2008), na Floresta Estacional Semidecidual, em Lavras (MG). Esse é um método de agrupamento classificado como hierárquico, que utiliza como variável a abundância dos indivíduos de cada espécie nas parcelas amostrais.

Para o estudo das relações entre a forma e o tamanho de organismos e populações vegetais, são empregadas técnicas de estudo da alometria de plantas. A forma de um organismo é o resultado da integração entre diversas respostas alométricas durante a ontogenia (Peres-Neto, 1995). Por esse motivo, a diferença entre formas não deve ser estudada apenas pelas análises da geometria dos organismos, sendo também necessário o conhecimento da origem das divergências durante o processo de desenvolvimento. Assim, técnicas que simplesmente removem as informações acerca do tamanho de um organismo podem ser boas no sentido de classificar grupos de organismos; no entanto, nenhuma informação do fenômeno biológico que leva a essa diferenciação resta (Bookstein, 1982).

Entre as técnicas para estudos de alometria de plantas, as mais utilizadas são as de regressões entre variáveis biométricas dos vegetais. Quando essas técnicas são aplicadas a estudos alométricos, constituem-se da regressão de uma variável de interesse  $y$  em função de uma variável de tamanho  $x$ . Apesar de sofrer de problemas com a escolha da variável de tamanho, essa técnica gera uma caracterização bastante prática e imediata das disproporcionalidades existentes entre estruturas morfológicas decorrentes do crescimento de plantas.

Deve-se esperar que as diferenças características morfológicas de um organismo cresçam desproporcionalmente entre si, dando origem a uma relação não linear entre essas características. Foi Huxley (1924) que difundiu a aplicação da função de crescimento linearizada com o uso de propriedades logarítmicas:

$$y = ax^b \Leftrightarrow \log y = \log a + b(\log x)$$

Em que  $b$  (coeficiente angular) é a taxa de disproporcionalidade ao longo do crescimento de  $y$  em função de  $x$ , e  $a$  é o coeficiente linear. Se  $b$  for maior do que 1, indica que  $y$  aumenta proporcionalmente mais do que  $x$  (alometria positiva;  $y \setminus x$  diminui ao longo do crescimento); se  $b$  for igual a 1, observa-se um

fenômeno denominado de isometria, em que a proporção de  $x$  e  $y$  não se altera ao longo do crescimento ( $y/x$  é constante).

Ao utilizar um modelo de regressão para descrever fenômenos alométricos, tem-se que  $y$  é dependente de  $x$ , ao passo que o inverso não ocorre. Entretanto, em estudos alométricos, nenhuma variável pode ser considerada como independente (Gould, 1966). Dessa maneira, alguns estudos aplicam um modelo de regressão do tipo II, em que a variação conjunta de duas variáveis (covariância) é melhor descrita, possibilitando prever tanto  $y$  a partir de  $x$  como o contrário (modelo de interdependência). O modelo do tipo II mais utilizado é a regressão do eixo maior reduzido (Sokal & Rohlf, 1995), em que:

$$b = \sqrt{\frac{\sum y^2}{\sum x^2}} \llcorner a = \bar{Y} - b\bar{X}$$

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, M. T. A. Vegetação. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geografia do Brasil**: região Sudeste. Rio de Janeiro, 1978. v. 3, p. 91-118.

AZEVEDO, L. G. de. Tipos de vegetação do Sul de Minas e Campos da Mantiqueira, Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 2, p. 225-234, 1962.

BALDASSARI, I. B. **Flora de Poços de Caldas**: família Melastomataceae. 1988. 265 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

BOOKSTEIN, F. B. Foundation of morphometrics. **Annual Review in Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 13, p. 451-470, Dec. 1982.

BOTREL, R. T.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; RODRIGUES, L. A.; CURI, N. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbórea-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 195-213, jun. 2002.

BRAAK, C. J. F. ter. Ordination. In: JONGMAN, R. H. G.; BRAAK, C. J. F. ter; TONGEREN, O. F. R. van. **Data analysis in community and landscape ecology**. Cambridge: Cambridge University, 1995. p. 91-173.

BRASIL. **Estratégias nacionais de biodiversidade na América do Sul**: perspectivas para cooperação regional: resultados da reunião para identificação de temas em biodiversidade para cooperação e intercâmbio entre os países da América do Sul. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 285 p.

BRITO, F. R. A.; OLIVEIRA, A. M. H. C.; JUNQUEIRA, A. C. A ocupação do território e a devastação da Mata Atlântica. In: PAULA, J. A. (Ed.). **Biodiversidade, população e economia**: uma região de Mata Atlântica. Belo Horizonte: UFMG, 1997. p. 49-89.

CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; VILELA, E. A.; CURI, N.; BERG, E. van den; FONTES, M. A. L.; BOTEZELLI, L. Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil. **Revista brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 329-345, abr./jun. 2005.

CARVALHO, W. A. C.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L.; CURI, N. Variação espacial da estrutura da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua em Piedade do Rio Grande, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 315-335, abr./jun. 2007.

CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos**. Brasília: MMA/SBF, 2000. 40 p.

CRISTOFOLETTI, A. Características fisiográficas do planalto de Poços de Caldas, MG, Brasil. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 32, p. 1-26, 1972.

DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; MACHADO, A. B. M.; SEBAIO, F. A.; ANTONINI, Y. **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005. 222 p.

DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. Indicator values calculated with method of species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, Ithaca, v. 67, n. 3, p. 345-366, May 1997.

FAGUNDES, A. B. Notas sobre a agricultura e os solos da região de Poços de Caldas. In: ASSOCIAÇÃO CONSULTEC. **Plano de desenvolvimento integrado de Poços de Caldas**. Poços de Caldas, 1968. v. 1, p. 186.

FAGUNDES, L. M. **Caracterização florística e estrutural do componente arbóreo de dois fragmentos de florestas ciliares na região do médio rio Grande, em Alpinópolis e Passos, MG**. 2003. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FALKENBERG, D. B. **Matinhas nebulares e vegetação rupícola dos Aparados da Serra Geral (SC/RS), sul do Brasil**. 2003. 558 p. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FERNANDES, F. A. B. **Estudo de gradientes vegetacionais em uma floresta semidecídua altimontana no Planalto de Poços de Caldas, MG**. 2003. 157 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FERRI, M. G. Histórias da botânica no Brasil. In: FERRI, M. G.; MOTOYAMA, S. (Ed.). **Histórias das ciências no Brasil**. São Paulo: Pedagógica e Universidade, 1980. v. 2, p. 33-89.

FONSECA, R. C. B.; FONSECA, I. C. B. Utilização de métodos estatísticos multivariados na caracterização do mosaico sucessional em floresta semidecidual. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. 351-359, maio/jun. 2004.

FONTES, M. A. L. **Análise da composição florística das florestas nebulares do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais**. 1997. 50 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

FONTES, M. A. L. **Dinâmica de comunidades arbóreas de florestas altimontanas de Minas Gerais**. 2008. 137 p. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FRANÇA, G. S.; STEHMANN, J. R. Composição florística e estrutura do componente arbóreo de uma floresta altimontana no município de Camanducaia, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 19-30, jan./mar. 2004.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. **Atlas da evolução dos remanescentes florestais e ecossistemas associados no domínio da Mata Atlântica no período 1990-1995**. São Paulo, 1998. Disponível em: <<http://www.mendeley.com/research/atlas-da-evolucao-dos-remanescentes-florestais-e-ecossistemas-associados-no-domnio-da-mata-atlantica-no-periodo-19901995/>>. Acesso em: 10 jan. 2010.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, INPE. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2000-2005**. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.mendeley.com/research/atlas-da-evolucao-dos-remanescentes-florestais-e-ecossistemas-associados-no-domnio-da-mata-atlantica-no-periodo-19901995/>>. Acesso em: 10 jan. 2010.

GAUCH, H. G. **Multivariate analysis in community ecology**. Cambridge: Cambridge University, 1982. 312 p.

GENTRY, A. H. Changes in plant community diversity and floristic composition in environmental and geographical gradients. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, Missouri, v. 75, n. 1, p. 1-34, Jan./Mar. 1988.

GENTRY, A. H. Tropical forest biodiversity: distributional patterns and their conservational significance. **Oikos**, Copenhagen, v. 63, n. 1, p. 19-28, Apr. 1992.

GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Belo Horizonte: Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1975. 65 p. (Série Técnica, 3).

GOULD, S. J. Allometry and size in ontogeny and phylogeny. **Biological Review of the Cambridge Philosophical Society**, Cambridge, v. 41, n. 4, p. 587-640, Nov. 1966.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 372 p.

GUIMARÃES, J. C. C.; BERG, E. van den; CASTRO, G. C.; MACHADO, E. L. M.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Dinâmica do componente arbustivo-arbóreo de uma floresta de galeria aluvial no planalto de Poços de Caldas, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 621-632, out./dez. 2008.

HAIR, J. F.; TATHAM, R. L.; ANDERSON, R. R.; BLACK, W. **Multivariate data analysis**. Rio de Janeiro: Prentice-Hall do Brasil, 1998. 730 p.

HAMILTON, L.; MCMILLAN, L. **Guidelines for planning and managing mountain protected areas**. Cambridge: IUCN, 2004. 83 p.

HIROTA, M. M. Monitoramento da cobertura da Mata Atlântica brasileira. In: GALINDOLEAL, C.; CÂMARA, I. G. (Ed.). **Mata Atlântica: biodiversidade, ameaças e perspectivas**. Belo Horizonte: Fundação SOS Mata Atlântica, 2005. p. 60-65, 472 p.

HOLMGREN, P. K.; KEUKEN, W.; SCHFIELD, E. K. **Index herbariorum, part I: the herbaria of the world**. Utrecht: Scholten & Holkema, 1981. 452 p. (Regnum Vegetabile, 106).

HUBBELL, S. P. **The unified neutral theory of biodiversity and biogeography**. New Jersey: Princeton University, 2001. 382 p. (Monographs on Population Biology, 32).

HUXLEY, J. S. Constant differential growth-ratios and their significance. **Nature**, London, v. 114, n. 2877, p. 895-896, Dec. 1924.

JOLLY, W. M.; DOBBERTIN, M.; ZIMMERMANN, N. E.; REICHSTEIN, M. Divergent vegetation growth responses to the 2003 heat wave in the Swiss Alps. **Geophysical Research Letters**, Sacramento, n. 32, p. 18, Sept. 2005.

- KENKEL, N. C.; ORLOCCI, L. Applying metric and nonmetric multidimensional scaling to ecological studies: some news results. **Ecology**, Washington, v. 67, n. 4, p. 919-928, Aug. 1986.
- KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis**. London: Behaven, 1992. 363 p.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa Artes e Textos, 2000. 531 p.
- LAURANCE, W. F. Reflections on the tropical deforestation crisis. **Biological Conservation**, Washington, v. 91, n. 2/3, p. 109-117, Dec. 1999.
- LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M.; PERALTA, R.; HARTSHORN, G. S. Tropical forest structure and composition on a large-scale altitudinal gradient in Costa Rica. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 84, n. 2, p. 137-152, Apr. 1996.
- LOURES, L.; CARVALHO, D. A.; MACHADO, E. L. M.; MARQUES, J. J. G. S. Florística, estrutura e características do solo de um fragmento de floresta paudosa no sudeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 885-896, jul./ago. 2007.
- MACHADO, E. L. M.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; BERG, E. van den; CARVALHO, W. A. C.; SOUZA, J. S.; MARQUES, J. J. G. S. M.; CALEGÁRIO, N. Efeitos do substrato, bordas e proximidade espacial na estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 278-302, abr./jun. 2008.
- MAGALHÃES, G. M. Características de alguns tipos florísticos de Minas Gerais, Brasil. **Boletim da Sociedade Portuguesa de Ciências Naturais**, Lisboa, v. 20, n. 5, p. 91-113, 1956.
- MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD for windows**: multivariate analysis of ecological data. Version 3.12. Gleneden Beach: MJM Software Desingn, 1997. 237 p.
- MEIRELES, L. D.; SHEPHERD, G. J.; KINOSHITA, L. S. Variações na composição florística e na estrutura fitossociológica de uma floresta ombrófila densa alto-montana na Serra da Mantiqueira, Monte Verde, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 559-574, out./dez. 2008.

MELLO-BARRETO, H. L. **Regiões fitogeográficas de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Departamento Geográfico do Estado de Minas Gerais, 1942. 30 p.

METZGER, J. P. Aspectos da composição e diversidade do componente arbóreo das florestas da Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 6, n. 2, 2006. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v6n2/pt/abstract?article+bn00306022006>>. Acesso em: 3 out. 2009.

MITTERMEIER, C. G.; LAMOUREX, J.; FONSECA, G. A. B. **Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**. Washington: CEMEX, 2004. 392 p.

MOURÃO, M. **Poços de Caldas: síntese histórico-social**. São Paulo: Saraiva, 1951. 571 p.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: J. Wiley, 1974. 574 p.

NAPPO, M. E.; FONTES, M. A. L.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Suficiência amostral e análise do tamanho de parcelas para o estudo da regeneração natural do sub-bosque de povoamentos homogêneos de *Mimosa scabrella* Benth, em área minerada, em Poços de Caldas, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 443-453, out./dez. 1999.

NAPPO, M. E.; GRIFFITH, J. J.; MARTINS, S. V.; MARCO-JÚNIOR, P. de; SOUZA, A. L.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Dinâmica da estrutura diamétrica e da regeneração natural de espécies arbóreas e arbustivas no sub-bosque de povoamento puro de *Mimosa scabrella* Benth, em área minerada, em Poços de Caldas, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 35-46, jan./fev. 2005.

NOBRE, C.; CONFALONIERI, U. E. C.; LIMA, M. A.; SALATI, E.; KRUG, T.; CLARKE, R.; MARENGO, J. A.; NEVES, C. F.; MUEHE, D.; CANHOS, V. P.; FREITAS, M. A. V. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima. In: BRASIL. Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica. **Mudança do clima**. Brasília, 2005. v. 1, p. 147-229.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; ALMEIDA, R. J.; MELLO, J. M.; GAVILANES, M. L. Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho de mata ciliar do córrego das Vilas Boas, reserva biológica do Poço bonito, Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 67-85, jan./jun. 1994a.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; CARVALHO, D. A.; VILELA, E. A.; CURI, N.; FONTES, M. A. L. Diversity and structure of the tree community of a fragment of tropical secondary forest of the Brazilian Atlantic Forest domain 15 and 40 years after logging. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 685-701, out./dez. 2004.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica**, Marburg, v. 32, n. 4b, p. 793-810, Mar. 2000.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; MACHADO, J. N. M. Composição florística de uma floresta semidecídua Montana, na Serra de São José, Tiradentes, Minas Gerais. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 71-88, jul./dez. 1993.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. Composição florística e estrutura comunitária de um remanescente de floresta semidecídua montana em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 167-182, jul./dez. 1994b.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; VILELA, E. A.; CARVALHO, D. A. Effects of soil and topography on distribution of tree species in a tropical riverine forest in South-Eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 10, n. 4, p. 483-508, 1994c.

OTTONI, H. B. **Poços de Caldas**. São Paulo: Anhembi, 1960. 322 p.

PAES, E. T.; BLINDER, P. B. Modelos nulos e processos de aleatorização: algumas aplicações em ecologia de comunidades. In: VALENTIN, J. L.; FERNANDEZ, F. (Org.). **Oecologia brasiliensis: tópicos em tratamento de dados biológicos**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1995. v. 2, p. 129-139.

PEDRALLI, G.; FREITAS, V. L. O.; MEYER, S. T.; TEIXEIRA, M. C. B.; GONÇALVES, A. P. S. Levantamento florístico na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 191-213, jan./jun. 1997.

PEREIRA, I. M.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; BOTELHO, S. A.; CARVALHO, W. A. C.; FONTES, M. A. L.; SCHIAVINI, I.; SILVA, A. F. Composição florística do compartimento arbóreo de cinco remanescentes florestais do maciço do Itatiaia, Minas Gerais e Rio de Janeiro. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 1, p. 103-126, 2006.

- PEREIRA, J. A. A.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; LEMOS-FILHO, J. P. Environmental heterogeneity and disturbance by humans control much of the tree species diversity of Atlantic montane forest fragments in SE Brazil. **Biodiversity and Conservation**, London, v. 16, n. 6, p. 1761-1784, 2007.
- PERES-NETO, P. R. Introdução a análises morfométricas. In: VALENTIN, J. L.; FERNANDEZ, F. (Org.). **Oecologia brasiliensis**: tópicos em tratamento de dados biológicos. Rio de Janeiro: UFRJ, 1995. v. 2, p. 57-89.
- PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, G. G.; REIS, M. G. F.; COSTA, J. M. N. Caracterização da radiação solar em fragmento da Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 11-19, jan./fev. 2005.
- RODRIGUES, K. F. **A flora fanerogâmica do município de Poços de Caldas, Estado de Minas Gerais**: família Asteraceae. 2001. 148 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- ROMARIZ, D. A.; TAUILE, R.; VALVERDE, O. Mapa da vegetação original das regiões central, sul e da mata do estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE GEOGRAFIA, 16., 1949, Lisboa. **Anais...** Lisboa: IIGeo, 1949. p. 831-847.
- SAINT-HILAIRE, A. de. **Viagem pelas províncias do Rio de Janeiro e Minas Gerais**. Tradução de Vivaldi Moreira. Belo Horizonte: Itatiaia, 2000. 382 p.
- SCANLON, J.; CASSAR, A.; NEMES, N. **Water as a human right?** Cambridge: IUCN, 2004. 53 p.
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Biometry**: the principles and practice of statistics in biological research. New York: W.H. Freeman, 1995. 850 p.
- SOUZA, J. S.; ÉSPÍRITO-SANTO, F. D. B.; FONTES, M. A. L.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; BOTEZELLI, L. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua às margens do rio Capivari, Lavras, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 185-206, mar./abr. 2003.
- TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. A riqueza de espécies arbóreas na floresta atlântica de encosta no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 217-223, mar./abr. 1999.

VALENTIN, J. L. Agrupamento e ordenação. In: VALENTIN, J. L.; FERNANDEZ, F. (Org.). **Oecologia brasiliensis**: tópicos em tratamento de dados biológicos. Rio de Janeiro: UFRJ, 1995. v. 2, p. 27-55.

VILELA, E. A.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; CARVALHO, D. A.; GALVILANES, M. L. Flora arbustiva de um fragmento de mata ciliar no Alto Rio Grande, Itutinga, Minas gerais. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 87-100, 1995.

WALTER, H. **Vegetação e zonas climáticas**. São Paulo: EPU, 1986. 325 p.

WARREN, D. **A ferro e fogo**: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. São Paulo: Companhia das Letras, 1996. 484 p.

WEBSTER, G. L. The panorama of neotropical cloud forests. In: NEOTROPICAL MONTANE FOREST BIODIVERSITY AND CONSERVATION SYMPOSIUM, 1., 1993, New York. **Proceedings...** New York: The New York Botanical Garden, 1995. p. 53-77.

WHITAKER, R. H. Gradient analysis of vegetation. **Biological Reviews**, Cambridge, v. 42, n. 2, p. 207-264, May 1967.

WHITMORE, T. C. **An introduction to tropical rain forests**. Oxford: Clarendon, 1990. 226 p.

WHITMORE, T. C. Tropical forest disturbance, disappearance, and species loss. In: LAURANCE, W. F.; BIERREGAARD, R. O. (Ed.). **Tropical forest remnants**: ecology, management, and conservation of fragmented communities. Chicago: University of Chicago, 1997. p. 3-12.

YOUNG, K. R. Biogeographical paradigms useful for the study of Tropical Montane Forests and their biota. In: NEOTROPICAL MONTANE FOREST BIODIVERSITY AND CONSERVATION SYMPOSIUM, 1., 1993, New York. **Proceedings...** New York: The New York Botanical Garden, 1995. p. 79-87.

## **CAPITULO 2**

### **Variações estruturais em uma Floresta Altomontana na Serra de São Domingos, Poços de Caldas (MG)**

#### **1 RESUMO**

Foi realizado o levantamento da comunidade arbórea de uma Floresta altomontana, situada na Serra de São Domingos, em Poços de Caldas, MG, Brasil (altitude de 1.200 m a 1.575 m; 21°46'25"S°, 46'24"10"W), com o objetivo de avaliar as variações estruturais e as variáveis ambientais relacionadas. Foram analisados aspectos da estrutura fisionômica (densidade, área basal e distribuição de tamanho das árvores) e comunitária (composição, distribuição e diversidade de espécies). Foram alocadas 22 parcelas de 5 x 100 m no fragmento para amostragem dos indivíduos arbóreos com diâmetro à altura do peito (DAP) = ou > 5cm, e coleta de dados topográficos e amostras de solo superficial (0-20cm) para análises químicas e texturais. Foram registradas 53 famílias botânicas, 104 gêneros, 178 espécies e 1963 indivíduos, assim como três subgrupos de solos: Neossolos Litólicos, Cambissolos e Argissolos (Distróficos e Eutróficos), distribuídos ao longo da variação altitudinal do fragmento. Uma análise de correspondência canônica revelou um gradiente de distribuição das espécies arbóreas principalmente correlacionadas com as variações altitudinal, teor de Magnésio (Mg<sup>++</sup>) e saturação por alumínio (m).

Palavras-chave: altitude, diversidade de espécies, variáveis ambientais, fitossociologia, florística.

## 2 ABSTRACT

A survey of the tree community of a ombrophilous upper montane forest, situated in Poços de Caldas, Brazil (1200-1575 m of altitude; 21°46'25"S°, 46°24'10"W) was accomplished with the purpose of assessing its environmental and structural variation. The physiognomic (density, basal area and distribution of size of the trees) and community structure (composition, distribution and diversity of species) were analyzed through 22 plots of 5 X 100 m where tree individuals with diameter at breast height  $\geq 5$  cm were sampled. Topographic variables were measured and surface soil samples were collected to obtain their chemical and texture attributes. The survey resulted in 53 botanic families, 104 genera, 178 species and 1963 individuals, as well as four soil classes: dystrofic and eutrofic Argisols, Cambisols and Litolic Neosols, distributed sequentially from the hilltop to the base of the fragment. The canonic correspondence analyses showed a gradient of tree species distribution mainly correlated with variations of quotas, magnesium content ( $Mg^{++}$ ) and aluminium saturation (m).

Key words: montane forest, species diversity, environmental variables, phytosociology, floristic.

### 3 INTRODUÇÃO

A Serra de São Domingos, situada no planalto de Poços de Caldas (Moraes & Jiménez-Rueda, 2008) abriga formações de florestas atlânticas altimontanas em suas partes mais elevadas, com cotas superiores a 1.500 m. Essas florestas atlânticas apresentam grande importância para a conservação da biodiversidade e de serviços ambientais, em que se destaca o fornecimento de água (Dudley & Stolton, 2003). No sudeste brasileiro, as florestas encontram-se ameaçadas e na maior parte fragmentadas. Suas características estruturais originais, como a baixa estatura e menor riqueza de espécies, somadas ao desconhecimento sobre essas florestas geram dificuldades na avaliação do seu estado de conservação (Fontes, 2008).

O conhecimento da vegetação natural da região é fundamental para o desenvolvimento de estudos fitogeográficos e fitossociológicos, contribuindo para a caracterização da vegetação primitiva e subsidiando projetos de conservação da biodiversidade e recuperação de áreas alteradas (Stranghenti & Ranga, 1998).

A variação da altitude é um dos principais gradientes ambientais indiretos, capaz de influenciar o crescimento dos vegetais e propiciar mudanças na composição florística e na fisionomia das formações vegetacionais (Pendry & Proctor, 1996; Sanchez, 2001).

Na Região Sudeste do Brasil, as florestas montanas estão situadas entre 16° e 24° de latitude S, ocorrendo em altitudes de 500 m até 1.500 m. As florestas altimontanas são encontradas acima dos limites estabelecidos para a formação montana (Veloso et al., 1994; Oliveira Filho & Fontes, 2000). Nessa tipologia, encontram-se incluídas também as florestas nebulares ou “matas nuvígenas”, localizadas no cume das altas montanhas, geralmente acima de

2.000 m de altitude, como aquelas encontradas na Serra do Itatiaia (Segadas-Vianna, 1968).

Estudos detalhados sobre a composição florística e a ecologia das comunidades vegetais são fundamentais para embasar quaisquer iniciativas de preservação e conservação de remanescentes florestais. Nos últimos anos, houve um aumento da consciência sobre a importância desses recursos florestais e sobre a necessidade de conservá-los, mas, mesmo assim, muito pouco se conhece sobre a composição florística e a estrutura dessas florestas, principalmente as de altitude (Rodrigues et al., 1989; Oliveira Filho & Machado, 1993; Oliveira Filho et al., 1994; Vilela et al., 1995; Pedralli et al., 1997; Oliveira Filho & Fontes, 2000; Werneck et al., 2000; Ribeiro, 2003; Dalanesi et al., 2004; França & Stehmann, 2004; Carvalho et al., 2005; Catharino et al., 2006; Metzger, 2006; Pereira et al., 2006; Meirelles et al., 2008; Durigan et al., 2008).

Dentro das tipologias de uma Floresta Atlântica Superomontana, ocorre uma fitocenose peculiar – as Nanoflorestas latifoliadas (Oliveira Filho, 2009), com ocorrência de árvores latifoliadas em sua quase totalidade, as quais formam um dossel baixo, de 3 a 5 m de altura, com árvores mais altas e espalhadas, emergentes no dossel florestal. O conhecimento, ainda incipiente, das nanoflorestas de altitude, associado à necessidade de preservação dessa vegetação, requer informações ecológicas básicas passíveis de serem utilizadas em processos de preservação, conservação e restabelecimento desse ecossistema.

Áreas de transição entre mata atlântica de encosta e mata nebulosa, devem ter estudos de fitossociologia, inclusive para contribuir para uma definição mais embasada sobre o caráter da mata nebulosa, isto é, se ela corresponde a uma formação vegetacional própria, individualizável, ou se ela pode ser incluída na

formação florestal que está em contato com ela. Para os autores, parece prematura qualquer tentativa de definição dessa questão no momento, sendo necessários mais estudos em áreas de mata atlântica de maior altitude, de porte menor (10 -15 m), em declividades mais íngremes, para saber se suas submatas são semelhantes às da mata nebulosa ou se são distintas (Falkenberg & Voltolini, 1995).

Oliveira Filho & Fontes (2000) realizaram uma análise ampla do complexo geográfico e altitudinal da mata atlântica no sudeste do Brasil; segundo Falkenberg (2003) esses não dispunham de amostras de gradientes inteiros. Por outro lado, a vegetação pode formar um contínuo sob certas condições e constituir comunidades discretas sob outras condições, sendo que a maior parte da vegetação estaria relativamente intermediária entre tais extremos (Beals, 1969), o que vai depender das características biofísicas do ambiente estudado (Kitayama, 1995). Dessa forma, trabalhos que avaliem gradientes altitudinais em florestas de altitude são importantes para a melhor compreensão dos mecanismos que causam essa diferenciação (Kitayama, 1992).

Meirelles et al. (2008) verificaram em uma floresta altimontana da Serra da Mantiqueira uma composição florística distinta das florestas em cotas altitudinais inferiores, apresentando vários táxons restritos às regiões elevadas, distinguindo-se também na fisionomia devido à altura do dossel, densidade e diâmetro dos indivíduos. O autor observou que mudanças na estrutura fitossociológica da floresta, uma acentuada substituição florística, mesmo em um curto gradiente altitudinal.

O Parque Municipal da Serra de São Domingos (PMSSD) possui uma flora exuberante e pouco estudada, por isso é necessária a conservação do remanescente florestal, baseada na preservação da diversidade genética e na importância para a manutenção de outros recursos naturais, como solo, água e fauna, que constituem atração para as atividades turísticas, um importante fator

da economia da área de entorno. O PMSSD é uma das áreas prioritárias para a conservação no município de Poços de Caldas (MG), devido à ocorrência de biótopos com flora arbórea peculiar.

#### **4 OBJETIVOS**

O presente estudo foi realizado em um fragmento com transição de florestas nebulares de altitude, com fisionomia de Floresta Altimontana nas encostas e Nanoflorestas nas partes mais altas. A hipótese de nulidade testada foi que a variação altitudinal e de solos não influencia a abundância das espécies em um gradiente altitudinal longo.

O objetivo deste trabalho foi analisar as correlações entre a distribuição das espécies da comunidade arbórea e as variáveis ambientais de solo e de relevo, em um fragmento de Floresta altimontana na Serra de São Domingos.

Os objetivos específicos foram:

- Analisar as variações estruturais da vegetação entre as diferentes fisionomias encontradas no PMSSD;
- Correlacionar a estrutura da vegetação com as variáveis ambientais expressas pelo solo e relevo;
- Fornecer uma lista com as espécies indicadoras das fisionomias de florestas de altitude do PMSSD.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Caracterização da área de estudo

O fragmento florestal localiza-se na Serra de São Domingos, município de Poços de Caldas (MG), no estado de Minas Gerais/Brasil. Sua altitude varia de 1200 m a 1575 m e possui coordenadas 21°46'25" S e 46°34'10" W (estátua do cristo). O fragmento denominado doravante como Mata do Cristo está localizado no Parque Municipal da Serra de São Domingos, possui uma área de 271,14 ha. Trata-se de um mosaico de Floresta Pluvial superomontana (Oliveira Filho, 2009), com florestas latifoliadas ribeirinhas e de média encosta e Nanoflorestas nebulares nas partes mais elevadas, nas transições com os Campos de Altitude.

A Serra de São Domingos interfere no clima quanto à precipitação, pois são frequentes as chuvas orográficas, associando o choque de massas ao relevo local, formado pela linha de crista circundante do município. A precipitação média anual é de 1695,5 mm e a temperatura média é de 17,7 ° C (Agência Nacional das Águas - ANA, 2009). De acordo com a classificação climática de Köppen, a região apresenta clima temperado chuvoso, do tipo Cwb, subtropical chuvoso.

O Planalto de Polos de Caldas situa-se na borda ocidental da Serra da Mantiqueira e apresenta contato com os extremos orientais da bacia sedimentar do Paraná. O maciço alcalino de Poços de Caldas é uma grande manifestação de rochas alcalinas e faz parte do complexo de intrusões alcalinas do Brasil Meridional, que se associava à Reativação Wealdeliana (Almeida, 1967). Segundo Moraes & Jiménez-Jueda (2008), o Planalto de Poços de Caldas é uma formação que se introduziu no cretáceo Superior nos limites da bacia sedimentar do Paraná, nas imediações da Serra da Mantiqueira. A Serra de São Domingos está inserida em uma faixa intermediária entre planalto alto (1200 a 1400 m) e

muito alto (acima de 1400 m), constituída de cristas e serras, disposta em estrutura anelar, que dá forma às bordas da chaminé vulcânica. Esse relevo é resultado do encaixamento do maciço alcalino. Suas elevações podem atingir 1.700 m (Moraes & Jiménez-Rueda, 2008).

Os solos da Serra de São Domingos são, em geral, pobres em nutrientes devido ao material de origem, com baixos teores de bases trocáveis e saturação de bases. Solos de fertilidade média podem ser encontrados próximos a cursos d'água. As classes de solos observadas dentro da Mata do Cristo são: Argissolo Vermelho-Amarelo (AVA), Cambissolo (C) e Neossolo Litólico (NL).

Os Argissolos ocorrem no planalto, na escarpa e nos morros isolados, os Argissolos que ocorrem freqüentemente em associação com os Cambissolos. São vulneráveis à erosão, limitados quanto à percolação da água no perfil e susceptibilidade à formação de camadas compactadas (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, 2006). Em Poços de Caldas, ocorrem como inclusões no domínio dos Cambissolos (Fernandes, 2003). Na Mata do Cristo, são encontrados os Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos, com presença de cascalhos e os Argissolos Vermelho-Amarelos eutróficos nas partes baixas e mais férteis da Serra.

Os Cambissolos são solos rasos, de sequência de horizontes A-Bi (B incipiente)-C. Apresenta elevada pedregosidade, baixa permeabilidade e instabilidade mecânica. No horizonte C, é notável um porcentual elevado de silte, o que torna os Cambissolos vulneráveis aos processos de ravinamento acelerado, e formação de voçorocas (Fernandes et al., 2003; EMBRAPA, 2006).

Os Neossolos Litólicos são encontrados em pendentes bem inclinadas no relevo de morros paralelos com alto grau de fraturamento, nas altas vertentes e topos, em relevo de morros altos e topos angulosos, da baixa vertente ao topo, todos no planalto, isoladamente ou em associação com Argissolos. Na escarpa e nos morros isolados da planície, os Neossolos Litólicos situam-se nas altas

vertentes, interflúvios e topos, em associações mais frequentes com os Cambissolos (Oliveira, 2005). Na Mata do Cristo, os cambissolos são encontrados na face leste, principalmente, em vegetação de Nanofloresta.

## **4.2 Coleta de dados**

### **4.2.1 Amostragem da vegetação**

No levantamento estrutural, foram alocadas 22 parcelas de 5 x 100 m, perfazendo um total de 1,1 ha de amostra. As parcelas foram alocadas dentro de áreas com fisionomia florestal, distribuídas no fragmento de forma sistemática não regular ou desencontrada (Cochran, 1977), seguindo o gradiente ambiental formado pelo relevo (Figura 1). O inventário sistemático desencontrado é caracterizado por não apresentar distâncias fixas entre parcelas, sendo as parcelas distribuídas de forma a cobrir grande parte da floresta (Mello et al., 2005). A marcação das mesmas foi realizada com o auxílio de uma bússola e GPS, com alinhamentos preferenciais no sentido leste-oeste, no sentido de captar menor variabilidade do relevo dentro de cada parcela. Com isto, em locais com relevo mais acidentado, as parcelas tiveram angulações modificadas. Concomitante, o levantamento altimétrico (cotas) da área foi realizado com o barômetro acoplado ao GPS, para avaliação dos efeitos altitudinais na estrutura e composição de espécies do fragmento. O desnível foi mensurado a partir das diferenças entre a maior e menor cota cada parcela.

Para coleta dos dados dendrométricos, foram registrados todos os indivíduos arbóreos-arbustivos vivos presentes dentro das parcelas e com circunferência à altura do peito (CAP) igual ou superior a 15,7 cm. Os indivíduos com caules divididos abaixo de 1,30 m, ou perfilhados, foram considerados no levantamento quando seu diâmetro médio quadrático foi superior a 5 cm. Foram coletadas amostras de material botânico das espécies

registradas nas parcelas e realizados caminhamentos para coleta e identificação de espécies não encontradas nas parcelas.

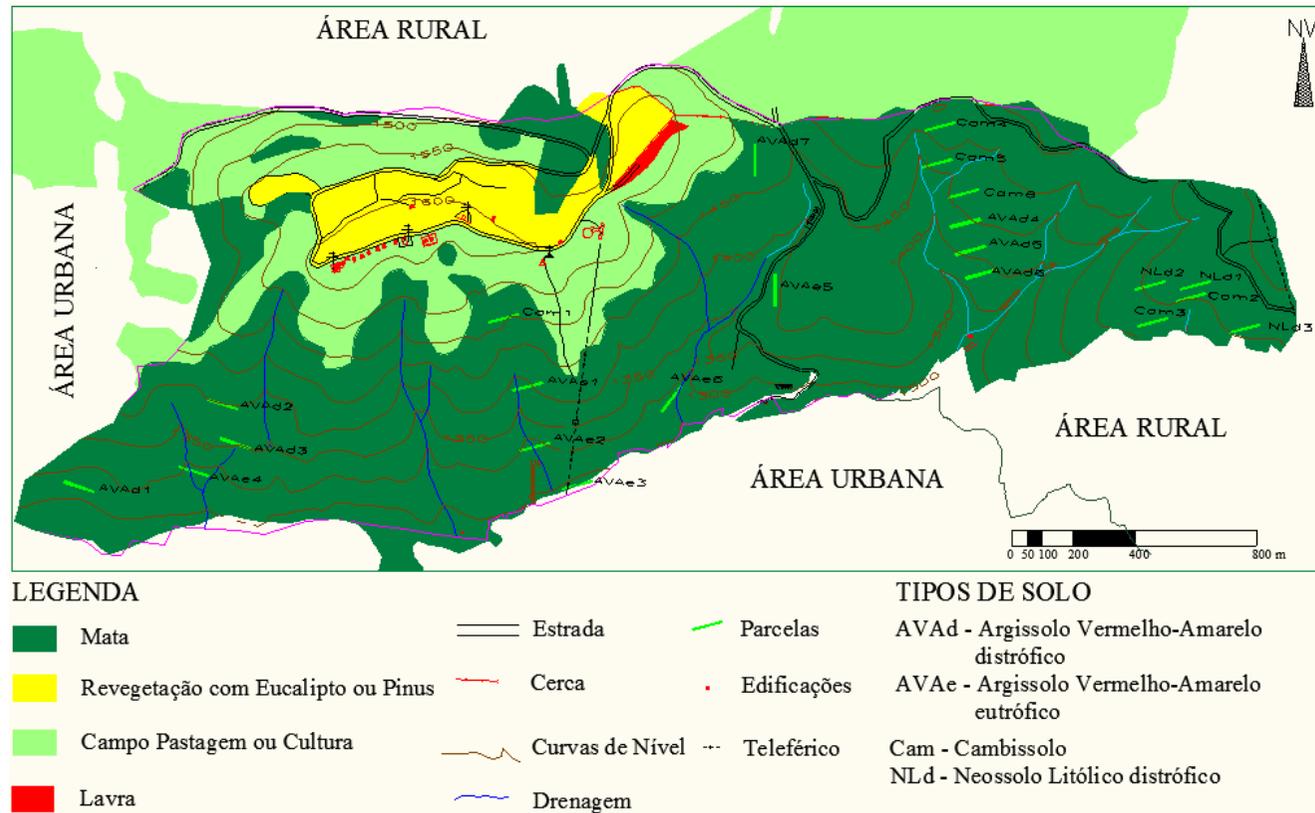


FIGURA 1 Mapa temático da Mata do Cristo com a localização e numeração das parcelas de acordo com classificação do solo.

#### **4.2.2 Herborização e identificação do material botânico**

As espécies encontradas com material fértil foram coletadas, enquanto as encontradas apenas com material vegetativo foram identificadas em campo, sem coletas de materiais botânicos. A herborização dos materiais botânicos coletados no inventário florestal foi realizada no Herbário ESAL, do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras, e a coleção testemunha, incorporada ao acervo do próprio Herbário.

A identificação do material botânico foi realizada com a utilização da coleção botânica já existente e também por meio de consultas à literatura e especialistas. A sinonímia e a grafia dos taxons foram atualizadas mediante consulta ao índice de espécies do banco de dados do Missouri Botanical Garden (<http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>). As identificações taxonômicas de angiospermas (todas, exceto Cyatheaceae) seguem o sistema APG II (Angiosperm Phylogeny Group, 2003).

#### **4.2.3 Coleta e análises de solo**

Foram coletadas aleatoriamente no interior de cada parcela cinco amostras simples do solo superficial (0-20 cm), as quais foram misturadas e homogeneizadas para formar uma amostra composta por parcela, com cerca de 500 g de solo, para avaliar o efeito do substrato na composição e estrutura da comunidade. As amostras foram enviadas para o Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Ciências do Solo da UFLA para análises químicas e texturais, realizadas segundo o protocolo da EMBRAPA (1997). As variáveis de solo obtidas foram: pH; teores de P, K<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup> e Al<sup>+++</sup>; soma de bases (SB); saturação por bases (V) e por alumínio (m); capacidade de troca de cátions efetiva (t), capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7,0 (T), H+Al, teor de matéria orgânica (MO), fósforo remanescente (P-rem) e proporções de matéria orgânica, areia, silte e argila.

### **4.3 Análise de dados**

#### **4.3.1 Análise dos dados de solos**

As parcelas foram caracterizadas em relação aos grupos de solos encontrados no fragmento. Foram realizadas comparações entre os quatro grupos de solos pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (H) para amostras independentes e comparações entre médias pelo método de Dunn.

#### **4.3.2 Estrutura fisionômica e diversidade de espécies**

Para análise fitossociológica dos dados, realizou-se o estudo da estrutura horizontal da floresta por meio do cálculo dos seguintes parâmetros quantitativos por espécie: densidade absoluta (número de indivíduos da espécie por hectare), frequência absoluta (porcentagem de parcelas com registro de determinada espécie), dominância absoluta (área basal da espécie por hectare) e valor de importância (VI%). Esse último obtido, em porcentagem, da soma de valores relativos dos parâmetros densidade, frequência e dominância (Mueller-Dombois & Elleberg, 1974).

A diversidade e riqueza de espécies arbóreas na amostra total e nos habitats de solo, classificados a partir de metodologia da EMBRAPA (2006), e foram avaliadas pelos seguintes parâmetros: riqueza de espécies, densidade de espécies por parcela e índices de diversidade de Shannon ( $H'$ ) e de equabilidade de Pielou ( $J'$ ) (Brower et al., 1984). Os valores de  $H'$  dos habitats foram comparados pelo de  $t$  de Hutcheson (Zar, 1996). As comparações foram feitas aos pares porque esse teste é o único disponível para comparações estatísticas entre valores de  $H'$ . Também foi calculado o quociente de mistura de Jentsch (QM), que é a razão entre o número de espécies e o número de indivíduos, e serve para dar uma idéia geral da composição florística da floresta, sendo usado

como um fator para mediar a intensidade da mistura das espécies (Longhi, 1980).

Nas comparações entre os quatro habitats definidos pela combinação entre grupos de solos, foram utilizadas análises de variância seguidas de testes de Tukey-Kramer. Para isso, foi adotado um delineamento em blocos inteiramente casualizados com números de parcelas diferentes e os quatro habitats de solo como tratamentos.

Para analisar graficamente a diversidade e dominância de espécies arbóreo-arbustivas na comunidade, elas foram classificadas em ordem decrescente de abundância e foi construído um histograma com distribuição de frequências (Preston, 1948). Para o eixo x, foram utilizados as seguintes oitavas: 0-1, 1-2, 2-4, 4-8, 8-16, 16-32, 32-64 indivíduos, e assim por diante. Quando encontradas abundâncias no limite entre duas oitavas, o número de espécies é dividido entre as oitavas (Preston, 1948). A distribuição de normalidade foi analisada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (Zar, 1999), o que é recomendado para tratamento de dados com modelos de distribuição de abundância (Hill & Hamer, 1998).

#### **4.3.3 Distribuição das estruturas diamétrica**

Os indivíduos foram distribuídos em classes de diâmetro e de alturas, sendo que o centro da primeira classes diamétrica foi de 7,5 cm, com intervalos de 5 cm. Essas distribuições diamétrica foram realizadas para toda a comunidade e para as espécies de maior valor de importância.

#### **4.3.4 Correlações entre espécies e variáveis ambientais**

Para analisar as correlações entre os gradientes ambientais e vegetacionais, foi empregada uma análise de correspondência canônica (CCA) (Braak, 1987) utilizando o programa CANOCO for Windows versão 4.5 (Braak

& Smilauer, 2002). A matriz de abundância das espécies foi constituída da abundância (número de indivíduos) por parcela da amostra total. De acordo com as recomendações de Braak (1995), os valores de abundância foram transformados pela expressão  $\log_{10}(a + 1)$  para compensar os desvios causados por alguns poucos valores muito elevados.

Os subgrupos de solo foram discriminados no diagrama de ordenação das parcelas para facilitar a interpretação dos padrões emergentes. A matriz de variáveis ambientais incluiu, a princípio, as duas variáveis topográficas (cota e desnível), além de todas as 17 variáveis químicas e texturais dos solos, totalizando 19 variáveis. Após realizar uma CCA preliminar, foram eliminadas 16 variáveis ambientais fracamente correlacionadas ou altamente redundantes com outras variáveis. A CCA final foi processada com as três variáveis correlacionadas com os eixos de ordenação: a cota média, o Magnésio ( $Mg^{++}$ ) e a saturação por alumínio (m).

Com base nos padrões emergentes da CCA, foram definidos quatro 'habitats de solo' para então classificar as 22 parcelas (Figura 2.1): Neossolo Litólico, n = 3; Cambissolo, n = 6, Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, n = 7; Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, n = 6. Foi utilizada a Análise de Espécies Indicadoras (Dufrêne & Legendre, 1997) processada pelo programa PC-ORD for Windows versão 5.0 (McCune & Mefford, 2006) como ferramenta na determinação das preferências das espécies pelos quatro habitats de solo. Esse método combina a informação sobre a concentração da abundância de uma espécie em um certo grupo de unidades amostrais e sobre a fidelidade da ocorrência desta espécie a este mesmo grupo. Um valor indicador (ValInd) é gerado para cada espécie em cada grupo e a significância da diferença de um valor gerado pelo acaso é determinada pelo teste de permutação de Monte Carlo. Com isso, uma espécie só é considerada indicadora de um habitat quando

apresenta o maior ValInd para o mesmo e o resultado do teste de Monte Carlo é significativo (Dufrene & Legendre, 1997; Machado et al., 2008).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Ambiente físico

Entre as variáveis topográficas, para o conjunto total de parcelas a cota média variou entre 1345,5 e 1539,2 m e o desnível dentro das parcelas entre 2,0 a 23,75 m. Para o Neossolo Litólico, a cota média variou entre 1569,0 e 1575,5 m e o desnível dentro das parcelas entre 8,8 a 10,9 m. No Cambissolo a cota média variou entre 1483,1 e 1551,2 m e o desnível dentro das parcelas entre 6,2 a 15,6 m. No Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, a variação da cota média ficou entre 1353,66 e 1462,1 m, enquanto o desnível dentro das parcelas, entre 3,8 a 14,5 m. No Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, a cota média variou entre 1277,3 e 1408,4 m e o desnível dentro das parcelas, entre 2,5 a 39,0 m.

No caso das variáveis de solo, foram encontradas diferenças significativas entre os quatro solos para a maioria das variáveis químicas (Tabela 1); as exceções foram o pH, os níveis de P e  $\text{Ca}^{++}$  e o  $\text{Al}^+$ . Os Argissolos Eutróficos apresentaram maiores valores de  $\text{K}^+$ , níveis de  $\text{Mg}^{++}$ , soma de bases (S) e saturação por bases (V). Os Neossolos litólicos destacaram-se pelos níveis mais elevados de saturação por alumínio. Os Cambissolos e Argissolos Distróficos com cascalho, na maioria das vezes, apresentaram valores estatisticamente homogêneos com os outros tipos de solos. Em síntese, pode-se salientar que o *status* nutricional global é superior nos Argissolos em comparação com os Cambissolos e Neossolos Litólicos.

TABELA 1 Variáveis do solo superficial (0-20 cm) nas 22 parcelas (5 × 100m) utilizadas para amostrar a Mata do Cristo, Poços de Caldas (MG).

Variáveis de solo	Neossolo Litólico	Cambissolo	Argissolo distrófico	Argissolo eutrófico	H	P
<b>Químicas</b>						
pH em H <sub>2</sub> O	4,34 <sup>a</sup> ±0,13	4,61 <sup>a</sup> ± 0,23	4,46 <sup>a</sup> ± 0,13	4,7 <sup>a</sup> ± 0,29	7,36	ns
P – Mehlich (mg dm <sup>-3</sup> )	1,11 <sup>a</sup> ± 0,17	1,64 <sup>a</sup> ± 1,23	1,11 <sup>a</sup> ± 0,28	1,81 <sup>a</sup> ± 0,26	8,14	ns
K <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	41,17 ± 5,51 <sup>a</sup>	63,83 ± 20,58 <sup>ab</sup>	71,11 ± 17,57 <sup>ab</sup>	105,67 ± 44,87 <sup>b</sup>	10,07	*
Ca <sup>++</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,1 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,1125 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,46 ± 0,76 <sup>a</sup>	1,175 ± 1,57 <sup>a</sup>	9,29	ns
Mg <sup>++</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,1 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,125 ± 0,04 <sup>ab</sup>	0,16 ± 0,07 <sup>ab</sup>	0,33 ± 0,23 <sup>b</sup>	9,70	*
Al <sup>+++</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	2,3 ± 0,15	1,97 ± 0,32	2,18 ± 0,65	1,53 ± 0,54	6,13	ns
SB – soma de bases (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,32 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,40 ± 0,12 <sup>ab</sup>	0,80 ± 0,82 <sup>ab</sup>	1,78 ± 1,88 <sup>b</sup>	11,02	*
V – saturação por bases (%)	2,2 ± 0,27 <sup>a</sup>	2,75 ± 0,29 <sup>a</sup>	6,08 ± 6,05 <sup>ab</sup>	12,81 ± 12,83 <sup>bc</sup>	14,81	**
m – saturação por alumínio	88,08 ± 0,58 <sup>a</sup>	82,88 ± 1,39 <sup>ab</sup>	79 ± 8,49 <sup>ab</sup>	57,83 ± 22,29 <sup>b</sup>	13,67	**
Matéria Orgânica (dag kg <sup>-1</sup> )	5,62 ± 0,42	6,72 ± 3,25	4,66 ± 0,73	5,80 ± 1,03	4,06	ns
<b>Texturais</b>						
Areia (%)	15,33 ± 2,27	16,33 ± 4,60	12,86 ± 5,19	19,42 ± 9,32	2,59	ns
Silte (%)	31,17 ± 1,88	33,21 ± 6,70	30,18 ± 4,11	33,25 ± 5,11	1,10	ns
Argila (%)	53,5 ± 0,90	50,46 ± 7,26	56,96 ± 6,60	47,33 ± 6,50	7,66	ns

Os valores são médias ± desvios padrão das *n* amostras de cada um dos quatro subgrupos de solo. As médias são comparadas por testes *Kruskal- Wallis* (H) para amostras independentes e pelo método de Dunn. \* *P* < 0,05; \*\* *P* < 0,01; \*\*\* *P* < 0,001; ns = não significativo.

## 7.2 Composição florística da comunidade arbórea

A listagem florística da comunidade arbórea na Mata do Cristo foi composta pelas espécies amostradas no levantamento fitossociológico e pelas espécies coletadas fora das parcelas. Foram encontradas 178 espécies de porte arbóreo, distribuídas em 53 famílias e 104 gêneros (Tabela 2). As famílias (Figura 2) que apresentaram maior riqueza de espécies na Mata do Cristo foram: Myrtaceae (com 32 espécies), Lauraceae (17), Fabaceae (10), Melastomataceae (7), Asteraceae e Sapindaceae (6), Euphorbiaceae, Malvaceae e Salicaceae (5 cada). As demais famílias apresentaram menos de 5 espécies cada uma.

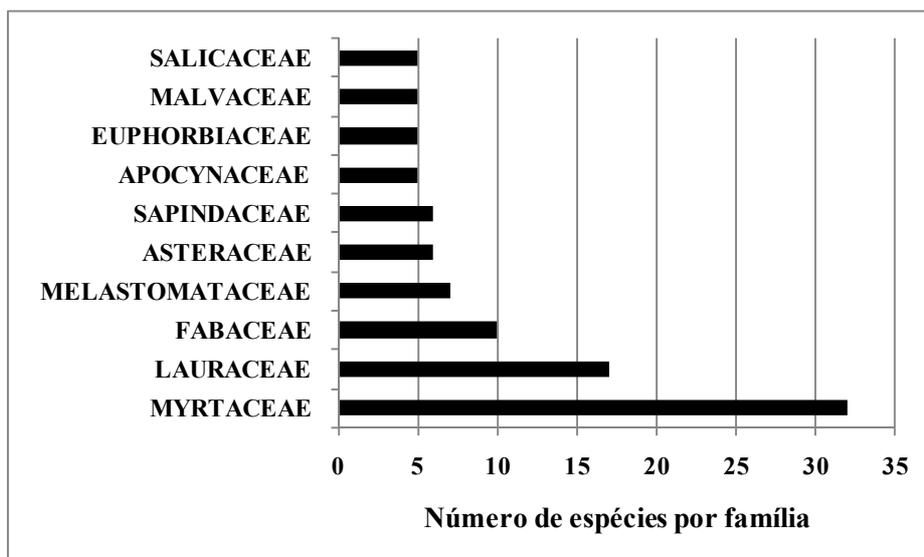


FIGURA 2 Riqueza de espécies em relação às 10 famílias de maior representatividade na Mata do Cristo, Poços de Caldas, MG.

Os gêneros que apresentaram maior riqueza de espécies arbóreas na Mata do Cristo (Figura 3) foram: *Eugenia* (10), *Ocotea* (7), *Miconia* e *Myrcia* (6 cada), *Casearia* e *Ilex* (4 cada), *Aspidosperma*, *Calyptranthes*, *Cupania*, *Handroanthus*, *Marlierea*, *Maytenus*, *Myrsine*, *Nectandra*, *Persea*, *Protium* e

*Siphoneugena* (3 cada). Os demais gêneros apresentaram menos de duas espécies cada.

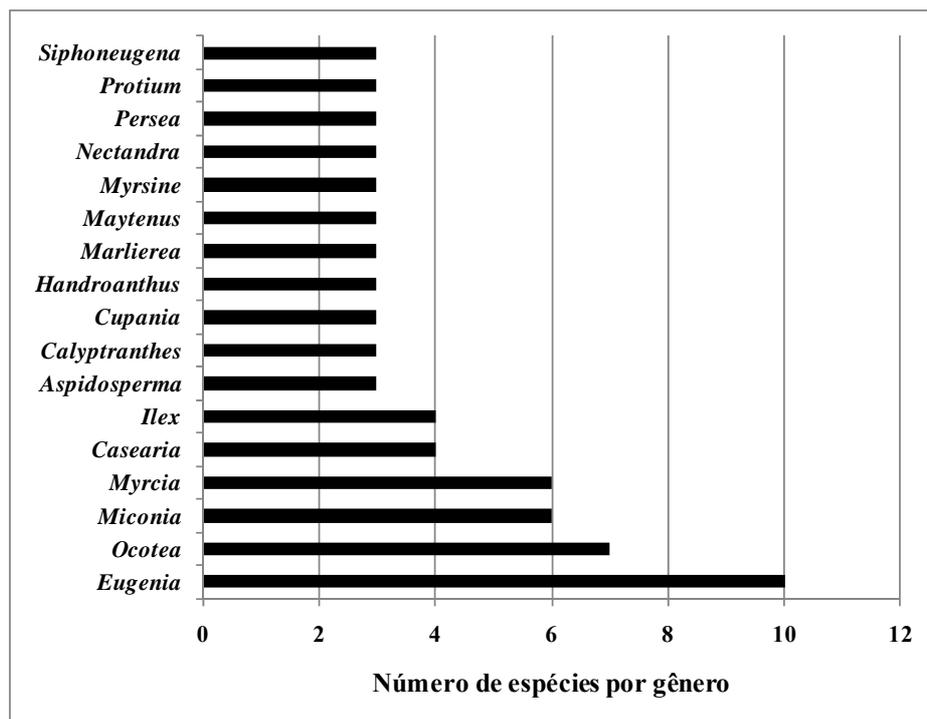


FIGURA 3 Riqueza de espécies em relação aos gêneros de maior representatividade na Mata do Cristo, Poços de Caldas, MG.

Entre as espécies arbóreo-arbustivas encontradas na Mata do Cristo, muitos gêneros foram registrados por Ledru (1996), na lagoa de Salitre, como táxons que ficaram isolados em locais mais úmidos nos períodos secos do Pleistoceno, e expandiram a sua distribuição com a elevação da umidade, temperatura e sazonalidade, ocorrida entre Pleistoceno tardio e o Holoceno. A Mata do Cristo ocorre em uma serra que retém grande umidade, e trata-se de um dos locais onde os gêneros dispersaram e colonizaram durante o período úmido. Entre os gêneros encontrados no levantamento, citam-se: *Alchornea*, *Ilex*,

*Protium, Maytenus, Clethra, Sloanea, Casearia, Sapium, Cariniana, Laplacea, Miconia, Myrsine, Campomanesia, Galesia, Prunus, Roupala, Vochysia, Simplicoc e Matayba.*

O remanescente estudado constitui vestígio da vegetação arbórea original, que segundo Azevedo (1962), cobria os altos dos morros pertencentes ao complexo da Serra da Mantiqueira, que se estendia pelos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, acompanhando as diferenciações climáticas e de altitude. Devido à ocupação humana nessas regiões, a grande extensão de floresta foi reduzida a vários remanescentes, localizados nas áreas mais elevadas e de difícil exploração, mas que provavelmente ainda guardam características da floresta que existiu no passado (França & Stehman, 2004). A família Myrtaceae, que aparece em primeiro lugar em número de espécies no presente estudo, também o foi nas florestas de altitude de Camanducaia (França & Stehmann, 2004), e Bocaina de Minas (Carvalho et al., 2005). As famílias Lauraceae, Melastomataceae, Asteraceae, importantes aqui, são também nas áreas citadas, fato observado por Oliveira Filho & Fontes (2000).

Fabaceae que ocorreu em pequena expressão em Camanducaia (França & Stehmann, 2004), com apenas uma espécie, neste trabalho ocorreu de forma expressiva, assim como em Bocaina de Minas (Carvalho et al., 2005). De acordo com a teoria de Gentry (1988), existe uma diminuição no número de espécies da família Fabaceae com o aumento da altitude.

Das espécies encontradas na área do PMSSD, 19 são consideradas ameaçadas e apresentaram diferentes status de conservação. Entre as de baixo risco de extinção constam: *Ilex paraguariensis*, *Lafoensia vandelliana*, *Mollinedia argyrogyna*, *Myrceugenia miersiana*, *Ocotea aciphylla* e *Trichilia pallens*. Enquanto as espécies *Ilex theezans*, *Pimenta pseudocaryophyllus*, *Siphoneugena densiflora*, *Siphoneugena widgreniana*, *Sorocea guillemianiana* são classificadas como vulneráveis. Em perigo, foram encontradas *Casearia*

*lasiophylla*, *Gloxinia sylvatica*, *Handroanthus catarinensis*, *Ocotea odorífera*, *Ocotea pomaderroides* e *Ocotea pulchella*. E, criticamente em perigo, as espécies *Euterpe edulis* e *Persea rufotomentosa*.

### **7.3 Estrutura fisionômica e diversidade de espécies da comunidade arbórea**

Foram amostrados 1.963 indivíduos no inventário, distribuídos entre 156 espécies arbóreas, pertencentes a 88 gêneros e 46 famílias (Tabela 2).

Do total de indivíduos, as dez espécies com maior valor de importância (%) foram: *Alchornea triplinervia*, *Pera glabrata*, *Calyptranthes widgreniana*, *Eugenia dodonaefolia*, *Myrsine umbellata*, *Cyathea pharelata*, *Aspidosperma australe*, *Tapirira obtusa*, *Daphnopsis fasciculata* e *Clethra scabra*.

Os dez maiores valores de Dominância absoluta (DoA), em m<sup>2</sup>/ha, foram registrados para *Alchornea triplinervia*, *Pera glabrata*, *Tapirira obtusa*, *Eugenia dodonaefolia*, *Aspidosperma australe*, *Cyathea pharelata*, *Clethra scabra*, *Ocotea bicolor*, *Myrsine umbellata* e *Schefflera calva*.

As espécies mais frequentes no fragmento foram *Myrsine umbellata*, *Alchornea triplinervia*, *Roupala Montana* e *Ocotea corymbosa*, *Pera glabrata*, *Tapirira obtusa*, *Clethra scabra*, *Ocotea bicolor* e *Daphnopsis fasciculata*, *Eugenia dodonaefolia*, *Aspidosperma australe* e *Calyptranthes widgreniana*.

As dez espécies com maior densidade (indivíduos por hectare) foram: *Calyptranthes widgreniana*, *Myrsine umbellata*, *Daphnopsis fasciculata* e *Myrsine coriaceae*, *Eugenia dodonaefolia*, *Cyathea pharelata*, *Alchornea triplinervia*, *Rudgea jasminoides*, *Clethra scabra* e *Siphoneugena widgreniana*.

Entre as 156 espécies na amostra total do inventário, a variação por habitats de solo foi de 107 no Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico, 94 no Argissolo distrófico, 85 no Cambissolo, e 30 no Neossolo Litólico (Tabela 3). Quando consideradas as árvores como unidades de amostra da riqueza, pelo quociente de mistura de Jentsch (nº de espécies / nº de árvores), os Argissolos

apresentam maior riqueza do que os Neossolos Litólicos e os cambissolos não apresentarem diferenças significativas com os outros habitats de solo.

Nos locais de fundo de vales (grotas), houve dominância de *Cyathea phalerata* e em menor escala *Cyathea delgadii*. Há presença de blocos rolados e matacões e a serrapilheira é apenas uma fina camada de matéria orgânica, não ultrapassando 10 cm de espessura, sendo possível, muitas vezes, visualizar o afloramento da rocha mãe. O sub-bosque é ralo, sendo composto por uma mescla de espécies pertencentes ao próprio sub-bosque, como os recrutas de espécies arbóreas componentes de dossel como *Cupania vernalis*, *Matayba guianensis*, *Euplassa legalis* e *Handroanthus catarinae*. Já o dossel no subdossel destacaram-se as Mirtáceas, como *Myrceugenia miersiana*, *Calypttranthes clusaefolia*, *Calypttranthes widgreniana* e *Eugenia dodonaefolia*, e as Lauráceas *Ocotea bicolor* e *Nectandra membranacea*. Outras espécies que compõem o dossel como *Vochysia magnifica* e *Pera glabrata*, frequentemente comportam-se como emergentes, ultrapassando os 20 m de altura.

Os locais com Floresta latifoliada Montana, que correspondem à maioria das biocenoses encontradas na área de estudo, apresentaram uma estrutura peculiar, ou seja, todas as parcelas alocadas apresentaram alta densidade e baixa dominância em trechos onde a luminosidade foi mais incidente. Em relevos suaves, com dossel com estratos verticais bem definidos e com densidade de indivíduos reduzida, ocorreram algumas espécies com elevada área basal, como: *Persea rufotomentosa*, *Schefflera calva*, *Eugenia dodonaefolia* e *Cabrlea canjerana*. A serrapilheira é mais espessa e o acúmulo de matéria orgânica (responsável pela ciclagem de nutrientes) é nítido, haja vista o grande número de árvores caídas e clareiras naturais ocasionadas pela queda. No sub-bosque destacaram-se *Geonoma schottiana* e *Geonoma brevispatha*. Enquanto o dossel e o subdossel particionam algumas espécies que alternam suas posições nos

estratos verticais. Como exemplo, citam-se *Machaerium nictitans*, *Myrsine umbellata*, *Myrsine coriacea*, *Clethra scabra* e *Daphnopsis fasciculata*.

Nas Nanoflorestas Latifoliadas Nebulares, localizadas em altitudes superiores a 1500 m com aparente acúmulo de umidade ocasionada por freqüentes chuvas orográficas, observou-se um tapete de musgos, líquens e hepáticas, que cobrem a rocha-mãe e formam uma camada de matéria orgânica capaz de sustentar inúmeros táxons herbáceos dos complexos rupestres de altitude. Não há estratificação vertical e as árvores são pequenas e adensadas, formando um falso dossel que não ultrapassa 5 m de altura. É importante ressaltar que, a princípio, essas são as mesmas espécies ocorrentes em outras fisionomias, como, por exemplo, *Myrsine coriacea*, *Eugenia dodonaefolia*, *Clethra scabra* e *Miconia urophylla*. Porém, todas elas apresentam padrões de tamanho distintos, como folhas menores e copas mais densas. Descendo a encosta gradativamente, é possível perceber que essas nanoflorestas dão lugar às matas de encostas, corroborando com a semelhança na composição florística do estrato arbóreo, conforme mencionado.

TABELA 2 Espécies arbóreas registradas na Mata do Cristo, em Poços de Caldas, MG, dispostas em ordem alfabética de famílias botânicas com seus números (Nº) de coletor e parâmetros quantitativos obtidos na amostra de 22 parcelas de 5×100m: DA= Densidade absoluta (indivíduos / ha); FA=Freqüência absoluta; DoA = Dominância absoluta (área basal / ha); e VI% = Valor de importância. 'Flora' é a designação para espécies registradas fora das parcelas amostrais.

Famílias e suas respectivas espécies	Nº Coletor	DA	FA	DoA	VI%
<b>ANACARDIACEAE</b>					
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.		0.9091	0.0455	0.0134	0.0789
<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D.Mitch.	Costa 92	40.0000	0.6364	1.2402	2.7910
<b>ANNONACEAE</b>					
<i>Annona laurifolia</i> (Schltdl.) H.Rainer		0.9091	0.0455	0.0682	0.1402
<i>Annona sylvatica</i> A.St.-Hil.		4.5455	0.1818	0.0600	0.3401
<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil.	Costa 36	14.5455	0.3182	0.2523	0.8827
<i>Guatteria pogonopus</i> Mart.	Costa 7	6.3636	0.2727	0.0788	0.4890
<b>APOCYNACEAE</b>					
<i>Aspidosperma australe</i> Müll.Arg.	Costa 3	46.3636	0.5909	1.1896	2.8064
<i>Aspidosperma olivaceum</i> Müll.Arg.		12.7273	0.3636	0.2656	0.9107
<i>Aspidosperma spruceanum</i> Benth. ex Müll.Arg.	Melo 2994			Flora	
<i>Malouetia arborea</i> (Vell.) Miers	Melo 2985			Flora	
<i>Tabernaemontana laeta</i> Mart.		1.8182	0.0455	0.0740	0.1636
<b>AQUIFOLIACEAE</b>					
<i>Ilex dumosa</i> Reissek		2.7273	0.0909	0.0507	0.2017
<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.	Melo 3128	5.4545	0.1818	0.0593	0.3562
<i>Ilex sapotifolia</i> Reissek	Costa 29	14.5455	0.4545	0.2834	1.0585
<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek		5.4545	0.1818	0.1658	0.4751

"...continua..."

“TABELA 2, Cont.”

<b>ARALIACEAE</b>						
<i>Aralia warmingiana</i> (Marchal) J.Wen	Costa 27	0.9091	0.0455	0.0179	0.0840	
<i>Oreopanax capitatus</i> (Jacq.) Decne. & Planch.	Melo 2843			Flora		
<i>Schefflera calva</i> (Cham.) Frodin & Fiaschi	Costa 4	18.1818	0.3636	0.6826	1.4782	
<b>ARECACEAE</b>						
<i>Euterpe edulis</i> Mart.		3.6364	0.0909	0.0325	0.1984	
<i>Geonoma brevispatha</i> Barb.Rodr.	Melo 2820	0.9091	0.0455	0.0022	0.0665	
<i>Geonoma schottiana</i> Mart.	Melo 3176	16.3636	0.2273	0.0514	0.5984	
<b>ARAUCARIACEAE</b>						
<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	Melo 3635			Flora		
<b>ASTERACEAE</b>						
<i>Austrocritonia velutina</i> (Gardner) R.M.King & H.Rob.	Melo 2989		Flora			
<i>Dasyphyllum tomentosum</i> (Spreng.) Cabrera	Costa 57	1.8182	0.0455	0.1084	0.2021	
<i>Mikania trichophila</i> DC.	Melo 2971			Flora		
<i>Morithamnus ganophyllus</i> R.M.King & H.Rob.	Melo 2830			Flora		
<i>Piptocarpha macropoda</i> Baker	Costa 113	0.9091	0.0455	0.0021	0.0664	
<i>Piptocarpha axillaris</i> (Less.) Baker	Costa 107	6.3636	0.2273	0.0801	0.4435	
<b>BIGNONIACEAE</b>						
<i>Handroanthus catarinensis</i> (A.H.Gentry) S.O.Grose		3.6364	0.1364	0.0385	0.2520	
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex A.DC.) Mattos	Costa 77	0.9091	0.0455	0.0036	0.0681	
<i>Handroanthus selachidentatus</i> (A.H.Gentry) S.O.Grose	Melo 2982			Flora		
<i>Jacaranda macrantha</i> Cham.	Costa 99	0.9091	0.0455	0.0033	0.0677	

“...continua...”

“TABELA 2, Cont.”

<b>BORAGINACEAE</b>					
<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	Melo 2864			Flora	
<b>BURSERACEAE</b>					
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	Melo 3654	0.9091	0.0455	0.0024	0.0667
<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.	Costa 90	19.0909	0.4091	0.5625	1.4082
<i>Protium widgrenii</i> Engl.	Melo 3654	0.9091	0.0455	0.0577	0.1284
<b>CELASTRACEAE</b>					
<i>Maytenus glazioviana</i> Loes.	Costa 43	20.0000	0.4091	0.1895	1.0087
<i>Maytenus horrida</i> Reissek		3.6364	0.0909	0.0336	0.1996
<i>Maytenus salicifolia</i> Reissek	Costa 47	20.0000	0.4545	0.2301	1.1010
<b>CLETHRACEAE</b>					
<i>Clethra scabra</i> Pers.	Melo 2865	50.9091	0.6364	0.7900	2.4922
<b>CLUSIACEAE</b>					
<i>Garcinia brasiliensis</i> Mart.	Costa 38	0.9091	0.0455	0.0026	0.0669
<b>CONNARACEAE</b>					
<i>Conarus regnellii</i> G.Schellenb.	Costa 34	0.9091	0.0455	0.0091	0.0742
<b>CUNONIACEAE</b>					
<i>Lamanonia grandistipularis</i> (Taub.) Taub.	Costa 41	1.8182	0.0455	0.0169	0.0999
<i>Lamanonia ternata</i> Vell.	Costa 129	9.0909	0.2727	0.1184	0.5843
<b>CYATHEACEAE</b>					
<i>Cyathea delgadii</i> Sternb.		2.7273	0.0909	0.0309	0.1795
<i>Cyathea phalerata</i> Mart.	Melo 2819	61.8182	0.5455	1.1209	2.9716
<b>ELAEOCARPACEAE</b>					
<i>Sloanea monosperma</i> Vell.	Costa 14	7.2727	0.1818	0.2655	0.6205
<i>Sloanea stipitata</i> Spruce ex Benth.	Costa 50	0.9091	0.0455	0.0040	0.0685
<b>ERYTHROXYLACEAE</b>					
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.		1.8182	0.0455	0.0116	0.0939

“...continua...”

“TABELA 2, Cont.”

<b>EUPHORBIACEAE</b>					
<i>Actinostemon klotzschii</i> (Didr.) Pax	Melo 2855	4.5455	0.0909	0.0895	0.2790
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	Melo 3001	59.0909	0.6818	2.2419	4.3134
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Costa 22	6.3636	0.0909	0.2297	0.4696
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	Melo 2957	31.8182	0.6364	1.8833	3.3561
<i>Sapium haematospermum</i> Müll.Arg.	Costa 67	0.9091	0.0455	0.0032	0.0676
<b>FABACEAE</b>					
<i>Bauhinia longifolia</i> (Bong.) D.Dietr.	Melo 2850			Flora	
<i>Dalbergia villosa</i> (Benth.) Benth.	Costa 120	3.6364	0.1364	0.0386	0.2521
<i>Deguelia hatschbachii</i> Az.- Tozzi	Costa 66	0.9091	0.0455	0.0050	0.0696
<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.) Az.-Tozzi & H.C.Lima		2.7273	0.0909	0.0265	0.1747
<i>Lonchocarpus muehlbergianus</i> Hassl.		0.9091	0.0455	0.0021	0.0663
<i>Leucochloron incuriale</i> (Vell.) Barneby & J.W.Grimes	Melo 2947			Flora	
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel		1.8182	0.0455	0.0395	0.1251
<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth.		16.3636	0.3182	0.4578	1.1463
<i>Platycamus regnellii</i> Benth.		0.9091	0.0455	0.0120	0.0775
<i>Senna rugosa</i> (G.Don) H.S.Irwin & Barneby	Melo 3022			Flora	
<b>HUMIRIACEAE</b>					
<i>Humiriaceae</i> sp		0.9091	0.0455	0.0020	0.0662
<i>Sacoglottis guianensis</i> Benth.		0.9091	0.0455	0.0114	0.0767
<b>LAMIACEAE</b>					
<i>Vitex polygama</i> Cham.	Melo 3115	18.1818	0.3636	0.2596	1.0059

“...continua...”

“TABELA 2, Cont.”

<b>LAURACEAE</b>					
<i>Cinnamomum glaziovii</i> (Mez) Kosterm.	Costa 68	3.6364	0.1364	0.0539	0.2692
<i>Cinnamomum triplinerve</i> (Ruiz & Pav.) Kosterm.		0.9091	0.0455	0.0080	0.0730
<i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez	Costa 37	6.3636	0.2273	0.0935	0.4585
<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F.Macbr.	Costa 26	5.4545	0.2273	0.0212	0.3607
<i>Nectandra lanceolata</i> Nees		2.7273	0.0909	0.0774	0.2315
<b>LAURACEAE</b>					
<i>Nectandra membranacea</i> (Sw.) Griseb.		5.4545	0.1818	0.2822	0.6052
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	Melo 2831	11.8182	0.5000	0.0826	0.8304
<i>Ocotea aciphylla</i> (Nees) Mez		0.9091	0.0455	0.0050	0.0696
<i>Ocotea bicolor</i> (Meisn.) Mez	Costa 113	24.5455	0.6364	0.6863	1.8835
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	Costa 24	25.4545	0.6818	0.4967	1.7358
<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	Costa 78	1.8182	0.0909	0.0056	0.1343
<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer	Costa 58	18.1818	0.4545	0.3941	1.2502
<i>Ocotea pomaderroides</i> (Meisn.) Mez		2.7273	0.0455	0.0465	0.1500
<i>Ocotea pulchella</i> Mart.	Costa 107	4.5455	0.1818	0.0152	0.2900
<i>Persea major</i> L.E.Kopp		0.9091	0.0455	0.2931	0.3913
<i>Persea rufotomentosa</i> Nees & Mart. ex Nees	Costa 116	10.9091	0.2273	0.5403	1.0424
<i>Persea willdenowii</i> Kosterm.	Costa 23	1.8182	0.0909	0.0103	0.1396
<b>LECYTHIDACEAE</b>					
<i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze	Costa 65	1.8182	0.0455	0.1984	0.3026
<b>LOGANIACEAE</b>					
<i>Strychnos brasiliensis</i> (Spreng.) Mart.	Melo 2810			Flora	
“...continua...”					

“TABELA 2, Cont.”

<b>LYTHRACEAE</b>					
<i>Lafoensia glyptocarpa</i> Koehne	Melo 3655			Flora	
<i>Lafoensia vandelliana</i> Cham. & Schltdl.	Costa 73	3.6364	0.1364	0.0955	0.3157
<b>MALVACEAE</b>					
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	Melo 3173			Flora	
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.		7.2727	0.2273	0.2121	0.6079
<i>Heliocarpus americanus</i> L.	Costa 101	0.9091	0.0455	0.0219	0.0884
<i>Pseudobombax endecaphyllum</i> ( Vell.) A.Robyns		0.9091	0.0455	0.0020	0.0662
<i>Sterculia chicha</i> A.St.-Hil.		0.9091	0.0455	0.0020	0.0663
<b>MELASTOMATACEAE</b>					
<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	Costa 21	45.4545	0.3636	0.3375	1.6028
<i>Miconia chartacea</i> Triana	Melo 3146	19.0909	0.3636	0.1843	0.9389
<i>Miconia cubatanensis</i> Hoehne	Melo 2904			Flora	
<i>Miconia latecrenata</i> (DC.) Naudin	Melo 2800			Flora	
<i>Miconia pepericarpa</i> DC.	Melo 2909	1.8182	0.0909	0.0044	0.1330
<i>Miconia tristis</i> Spring	Melo 2851			Flora	
<i>Tibouchina sellowiana</i> (Cham.) Cogn.	Melo 2832			Flora	
<b>MELIACEAE</b>					
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.		10.0000	0.4091	0.5067	1.1759
<i>Trichilia pallens</i> C.DC.		2.7273	0.0455	0.0085	0.1075
<i>Trichilia pallida</i> Sw.	Melo 3130	1.8182	0.0909	0.0056	0.1343
<b>MONIMIACEAE</b>					
<i>Mollinedia argyrogyna</i> Perkins	Costa 103	8.1818	0.2273	0.1608	0.5676
<i>Mollinedia widgrenii</i> A.DC.		12.7273	0.2727	0.2178	0.7633

“...continua...”

“TABELA 2, Cont.”

<b>MORACEAE</b>					
<i>Ficus enormis</i> (Mart. ex Miq.) Mart.		0.9091	0.0455	0.1025	0.1785
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C.Burger et al.		1.8182	0.0455	0.0168	0.0998
<i>Sorocea guilleminiana</i> Gaudich.		42.7273	0.4545	0.2961	1.5997
<b>MYRSINACEAE</b>					
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) Roem. & Schult.	Costa 122	70.9091	0.3636	0.3621	2.1063
<i>Myrsine lineata</i> (Mez) Imkhan.	Costa 35	13.6364	0.3182	0.1080	0.7046
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Costa 88	79.0909	0.8182	0.6856	3.0906
<b>MYRTACEAE</b>					
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	Costa 69	0.9091	0.0455	0.0144	0.0801
<i>Calyptranthes brasiliensis</i> Spreng.	Melo 2910	1.8182	0.0455	0.0086	0.0906
<i>Calyptranthes clusiifolia</i> O.Berg	Melo 2977	8.1818	0.2727	0.2860	0.7544
<i>Calyptranthes widgreniana</i> O.Berg	Melo 3126	110.0000	0.5909	0.6033	3.3417
<i>Campomanesia guaviroba</i> (DC.) Kiaersk.	Costa 70	0.9091	0.0455	0.0029	0.0672
<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg		0.9091	0.0455	0.0219	0.0884
<i>Eugenia acutata</i> Miq.	Costa 71	2.7273	0.1364	0.0874	0.2896
<i>Eugenia adenantha</i> O.Berg		0.9091	0.0455	0.0051	0.0697
<i>Eugenia blastantha</i> (O.Berg) D.Legrand	Costa 91	0.9091	0.0455	0.0018	0.0660
<i>Eugenia dodonaeifolia</i> Cambess.	Costa 53	62.7273	0.5909	1.2200	3.1464
<i>Eugenia florida</i> DC.	Melo 2848	2.7273	0.1364	0.0083	0.2013
<b>MYRTACEAE</b>					
<i>Eugenia hiemalis</i> Cambess.		10.9091	0.2727	0.2036	0.7134
<i>Eugenia involucrata</i> DC.		0.9091	0.0455	0.0021	0.0663
<i>Eugenia leitonii</i> ined.		0.9091	0.0455	0.0265	0.0936
<i>Eugenia sonderiana</i> O.Berg	Costa 1	0.9091	0.0455	0.0153	0.0811

“...continua...”

“TABELA 2, Cont.”

<i>Eugenia widgrenii</i> Sonder ex O.Berg		0.9091	0.0455	0.0056	0.0703
<i>Marlierea excoriata</i> Mart.	Costa 123	11.8182	0.2273	0.3172	0.8102
<i>Marlierea laevigata</i> (DC.) Kiaersk.	Costa 114	16.3636	0.3182	0.6715	1.3848
<i>Marlierea racemosa</i> (Vell.) Kiaersk.	Costa 15	5.4545	0.0909	0.0711	0.2754
<i>Myrceugenia miersiana</i> (Gardner) D.Legrand & Kausel		8.1818	0.0909	0.1567	0.4220
<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	Costa 119	11.8182	0.1818	0.1176	0.5404
<i>Myrcia obovata</i> (O.Berg) Nied.	Costa 55	26.3636	0.5000	0.2789	1.3216
<i>Myrcia pulchra</i> (O.Berg) Kiaersk.	Costa 13	10.0000	0.3182	0.1204	0.6506
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Melo 3025	10.0000	0.3636	0.0732	0.6449
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.		3.6364	0.1364	0.0628	0.2792
<i>Myrcia venulosa</i> DC.	Costa 6	6.3636	0.1818	0.0715	0.3869
<i>Myrciaria floribunda</i> (H.West ex Willd.) O.Berg		20.9091	0.2273	0.0889	0.7253
<i>Myrciaria tenella</i> (DC.) O.Berg		18.1818	0.2273	0.0805	0.6649
<i>Pimenta</i> <i>pseudocaryophyllus</i> (Gomes) Landrum	Costa 75	7.2727	0.2727	0.0919	0.5207
<i>Siphoneugena densiflora</i> O.Berg	Melo 3002	4.5455	0.1818	0.0676	0.3486
<b>MYRTACEAE</b>					
<i>Siphoneugena reitzii</i> D.Legrand	Costa 8	2.7273	0.1364	0.0071	0.2000
<i>Siphoneugena widgreniana</i> O.Berg	Costa 56	50.9091	0.5000	0.3813	1.8948
<b>NYCTAGINACEAE</b>					
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	Costa 22	6.3636	0.1364	0.0938	0.3648

“...continua...”

“TABELA 2, Cont.”

<b>OCHNACEAE</b>					
<i>Ouratea semiserrata</i> (Mart. & Nees) Engl.	Costa 28	24.5455	0.1818	0.1809	0.8490
<i>Ouratea spectabilis</i> (Mart. & Engl.) Engl.		1.8182	0.0909	0.0310	0.1626
<b>OLACACEAE</b>					
<i>Heisteria silvianii</i> Schwacke	Costa 31	0.9091	0.0455	0.0551	0.1256
<b>OPILIACEAE</b>					
<i>Agonandra excelsa</i> Griseb.		2.7273	0.1364	0.0090	0.2020
<b>PENTAPHYLACACEAE</b>					
<i>Ternstroemia brasiliensis</i> Cambess.	Costa 18	6.3636	0.2273	0.0632	0.4247
<b>PHYTOLACCACEAE</b>					
<i>Gallesia integrifolia</i> (Spreng.) Harms		0.9091	0.0455	0.0134	0.0789
<b>PICRAMNIACEAE</b>					
<i>Picramnia glazioviana</i> Engl.	Melo 3020			Flora	
<b>PROTEACEAE</b>					
<i>Euplassa legalis</i> (Vell.) I.M.Johnst.	Costa 84	4.5455	0.1818	0.0630	0.3434
<i>Roupala montana</i> Aubl.	Melo 2904	30.9091	0.6818	0.6292	1.9858
<b>RHAMNACEAE</b>					
<i>Rhammidium elaeocarpum</i> Reissek	Costa 49	1.8182	0.0455	0.0170	0.1000
<b>ROSACEAE</b>					
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Costa 32	6.3636	0.2727	0.1211	0.5363
<b>RUBIACEAE</b>					
<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	Melo 2816	15.4545	0.4091	0.2008	0.9363
<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K.Schum.		10.0000	0.1364	0.1146	0.4560
<i>Rudgea jasminoides</i> (Cham.) Müll.Arg.	Costa 40	52.7273	0.5455	0.6797	2.3090
“...continua...”					

“TABELA 2, Cont.”

<b>RUTACEAE</b>					
<i>Conchocarpus</i> sp.	Costa 44	8.1818	0.1364	0.0695	0.3716
<i>Esenbeckia febrifuga</i> (A.St.-Hil.) A.Juss. ex Mart.	Melo 2796		Flora		
<b>SABIACEAE</b>					
<i>Meliosma sinuata</i> Urb.	Costa 63	4.5455	0.0455	0.0679	0.2078
<b>SALICACEAE</b>					
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Costa 83	9.0909	0.2727	0.0981	0.5616
<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler		1.8182	0.0455	0.0399	0.1256
<i>Casearia obliqua</i> Spreng.		1.8182	0.0909	0.0140	0.1436
<b>SALICACEAE</b>					
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Costa 59	10.0000	0.3182	0.0895	0.6160
<i>Xylosma prockia</i> (Turcz.) Turcz.	Costa 2	2.7273	0.1364	0.0362	0.2324
<b>SAPINDACEAE</b>					
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., Cambess. & A.Juss.) Radlk.	Costa 62	0.9091	0.0455	0.0082	0.0731
<i>Cupania racemosa</i> (Vell.) Radlk.	Melo 2859	0.9091	0.0455	0.0055	0.0702
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Melo 3688	0.9091	0.0455	0.0153	0.0811
<i>Cupania zanthoxyloides</i> Cambess.	Costa 106	6.3636	0.3182	0.0362	0.4885
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	Costa 30	12.7273	0.2727	0.3589	0.9208
<i>Matayba juglandifolia</i> Radlk.	Melo 2867		Flora		
<b>SYMPLOCACEAE</b>					
<i>Symplocos celastrinea</i> Mart. ex Miq.	Costa 111	0.9091	0.0455	0.0059	0.0706
<b>THEACEAE</b>					
<i>Laplacea fruticosa</i> (Schrad.) Kobuski	Costa 110	0.9091	0.0455	0.0051	0.0697
<i>Laplacea tomentosa</i> (Mart. & Zucc.) G.Don		0.9091	0.0455	0.0093	0.0744
<b>THYMELAEACEAE</b>					
<i>Daphnopsis fasciculata</i> (Meisn.) Nevling		70.9091	0.6364	0.6771	2.7401

“...continua...”

“TABELA 2, Cont.”

<b>VOCHYSIACEAE</b>					
<i>Vochysia magnifica</i> Warm.	Costa 9	22.7273	0.4545	0.3368	1.2712
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	Melo 2870	20.9091	0.4545	0.3236	1.2224
Total		1782.73	32.23	29.85	100.00

A diferença na diversidade de espécies foi correspondida pelo índice de Shannon, ou  $H'$  (Tabela 3), o qual foi significativamente maior no Argissolo eutrófico do que no Cambissolo ( $t = -3,756$ ,  $P < 0,001$ ) e no Neossolo Litólico ( $t = -4,834$ ,  $P < 0,001$ ), mas não se diferenciou do Argissolo distrófico ( $t = 0,645$ ,  $P > 0,05$ ). Os valores de  $H'$  no Argissolo distrófico foram significativamente maiores que no Neossolo Litólico ( $t = -3,475$ ,  $P < 0,001$ ), mas não diferiram significativamente do Cambissolo ( $t = 0,576$ ,  $P > 0,05$ ). Entre o Cambissolo e o Neossolo Litólico, o valor de  $H'$  foi significativamente maior no primeiro ( $t = -2,917$ ,  $P < 0,01$ ). Os valores da equabilidade de Pielou seguiram o mesmo padrão, decrescendo do Argissolo eutrófico para distrófico e deste para o Cambissolo e Neossolo litólico (Tabela 3), sugerindo, nesse sentido, uma dominância ecológica crescente, ou seja, uma crescente concentração de abundâncias em poucas espécies no Neossolo Litólico.

De acordo com a ‘Teoria da Fertilidade Intermediária dos Solos’ (Tilman, 1982, 1986), espera-se que ambientes físicos com disponibilidade nutricional intermediária apresentem maior diversidade que locais cujo *status* nutricional seja mais ou menos elevado. Já a ‘Hipótese de Distúrbios Intermediários’ (Connell, 1978) preconiza que as florestas tropicais encontram-se submetidas a frequentes distúrbios, a partir dos quais o equilíbrio nunca é alcançado; assim, o máximo de diversidade deve ocorrer em locais submetidos à intensidade, frequência e duração dos distúrbios intermediários, acrescido à real possibilidade de que as diferentes fases sucessionais possam ocorrer simultaneamente em uma dada área (Roberts & Gilliam, 1995). Considerando-se as variações internas da Mata do Cristo, verifica-se que os valores de diversidade podem ser ajustados às idéias de Connell.

Em relação à densidade de indivíduos por hectare (ind ha<sup>-1</sup>), foram encontradas diferenças entre os habitats de solo, sendo o Neossolo Litólico inferior aos demais tipos de solo, os quais não se distinguiram

entre si. Em relação à dominância, expressa em área basal por hectare ( $m^2 ha^{-1}$ ), as comparações entre os habitats de solo detectaram diferenças entre o Neossolo Litólico e os outros três tipos de solos. O Cambissolo não se diferenciou do Argissolo distrófico, e sim do Argissolo eutrófico; os Argissolos não se diferenciaram entre si.

Um aspecto da estrutura fisionômica da Mata do Cristo que pôde ser parcialmente relacionado à altitude foi o adensamento de árvores finas e pequenas nos habitats de Neossolo e Cambissolo. Essa diferença pode ser relacionada a algumas particularidades desses habitats. A disponibilidade de água é menor devido à elevação topográfica. Os Neossolos apresentaram baixos valores de densidade, pois, na maioria das parcelas, eram nanoflorestas que, em transição com os campos de altitude, muitas vezes, trechos dentro delas eram campos de altitude sem árvores ou arbustos, dentro do critério de inclusão do inventário.

TABELA 3 Variáveis fisionômico-estruturais e de diversidade de espécies do compartimento arbóreo da Mata do Cristo, Poços de Caldas (MG), na amostra total e nos quatro habitats de solo.

	Amostra Total	Neossolo Litólico	Cambissolo	Argissolo distrófico	Argissolo eutrófico	(q)	P
<b>Amostragem:</b>							
Número de parcelas (N)	22	3	6	7	6		
Número de espécies (S)	156	30	85	94	107		
<b>Diversidade de espécies:</b>							
Quociente de mistura de Jentsch (parcela)		0,23 <sup>a</sup> ± 0,07	0,33 <sup>ab</sup> ± 0,15	0,46 <sup>b</sup> ± ,13	0,44 <sup>b</sup> ± 0,11	24,69	**
Índice de Shannon (H')	4,26	2,47 <sup>a</sup>	3,75 <sup>b</sup>	3,94 <sup>bc</sup>	4,13 <sup>c</sup>		
Equabilidade de Pielou (J')	0,56	0,46	0,57	0,64	0,65		
<b>Demografia e fisionomia da vegetação:</b>							
Densidade de árvores (ind ha <sup>-1</sup> ):	1782,7	1473.33 <sup>a</sup> ± 600,1	2356.67 <sup>b</sup> ± 755.2	1610 <sup>b</sup> ± 253,0	1571.43 <sup>b</sup> ± 634,3	44,99	***
Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> ):	29,85	9.17 <sup>a</sup> ± 4,14	29.71 <sup>b</sup> ± 6,77	36,06 <sup>c</sup> ± 6,27	33,10 <sup>bc</sup> ± 6,62	10,48	***

Onde as ANOVAs indicaram diferenças significativas entre os habitats de solo, médias seguidas da mesma letra minúscula não diferiram significativamente entre si em testes de Tukey-Kramer (q). \*  $P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ ; \*\*\*  $P < 0,001$ ; ns = não significativo.

De acordo com o gráfico abaixo (Figura 4), de avaliação da dominância e diversidade da comunidade total, foram encontradas oito classes octagonais, com a primeira classe (0-1 indivíduos) sendo a modal, com 26,92% das espécies amostradas. A distribuição de abundância de espécies arbóreas não seguiu uma distribuição lognormal, de acordo com o teste de Kolmogorov-Smirnov ( $p = 0,01$ ). A partir da curva de distribuição observada, encontraram-se 42 espécies na classe octagonal modal (Figura 5), o que denota que o fragmento estudado apresentou elevada raridade de espécies. A Mata do Cristo mostrou grande heterogeneidade na distribuição e abundância de espécies arbóreas, o que pode ser atribuído à grande diversidade biológica nas Florestas Atlânticas, em parte, à heterogeneidade ambiental. A altitude desempenha um papel significativo nessa diversidade de Florestas Atlânticas (Scudeller et al., 2001; Martinelli, 2007), concomitante ao aumento de espécies de Myrtaceae e Lauraceae (Oliveira Filho & Fontes, 2000).

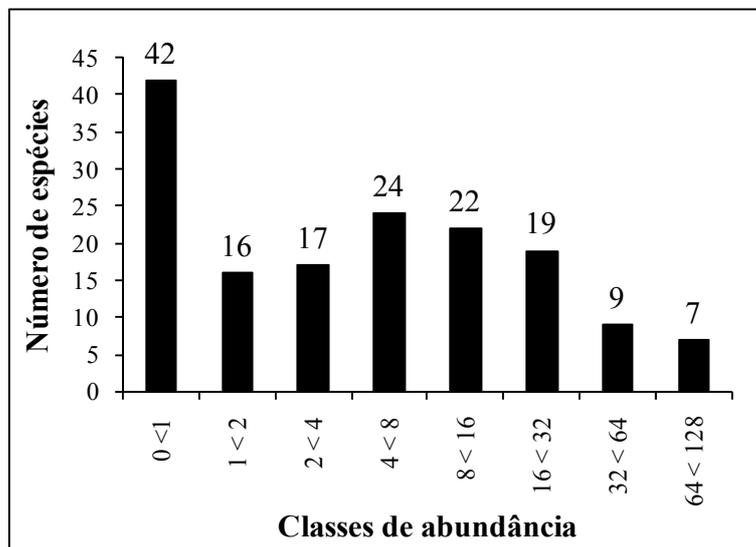


FIGURA 4 Distribuição de abundância de espécies de porte arbóreo amostradas na Mata do Cristo, Serra de São Domingos, Poços de Caldas (MG).

#### 7.4 Distribuições da estrutura diamétrica comunidade

A curva de frequência da distribuição de indivíduos por classe de diâmetro (Figura 5) segue o padrão característico de florestas inequiâneas, ou seja, apresenta uma distribuição exponencial na forma de “J” reverso, sendo a maior frequência de indivíduos observada nas menores classes de diâmetros. A estrutura diamétrica evidenciou que mais da metade dos indivíduos amostrados (73,9%) foi inventariada na classe diamétrica de 5 a 10 cm, retratando uma mata de árvores finas. De acordo com Falkenberg (2003), o porte menor dos indivíduos em áreas elevadas pode ser causado pela presença de sistema radicular superficial e instabilidade dos solos devido à menor profundidade. Além disso, o resultado encontrado é o padrão esperado para floresta inequiâneas, tendo sido atribuído como normal o elevado número de indivíduos jovens nas classes de diâmetros mais baixos, devido ao processo natural de recrutamento de novas gerações.

*Calyptranthes widgreniana* (Figura 5) apresentou o maior número de indivíduos; entretanto, esteve presente apenas até a terceira classe de diâmetro. *Myrsine umbellata* (Figura 5) ficou com o segundo lugar em número de indivíduos, e esteve presente até a quarta classe de diâmetro, indicando que essas espécies são representadas por grande número de indivíduos jovens e de área basal pouco expressiva.

Para *Daphnopsis fasciculata*, o número total de indivíduos foi 79 (Figura 7). Essa espécie esteve distribuída até a sexta classe de diâmetro, com ausência de indivíduos na quarta classe. *Eugenia dodonaeifolia* esteve distribuída até a quarta classe de diâmetro, podendo-se notar que o número de indivíduos da primeira classe é bem maior do que na segunda (Figura 5).

*Alchornea triplinervia* esteve representada em nove das 11 classes de diâmetro (Figura 5), com pouca desigualdade no número de indivíduos entre as classes, indicando que a espécie possui uma distribuição de diâmetros uniforme na comunidade. *Tapirira obtusa* e *Aspidosperma australe* apresentaram distribuição similar à *Alchornea triplinervia*; entretanto, na população de *Tapirira* houve mais ausência de indivíduos na sexta, sétima e oitava classes (Figura 6), enquanto na população de *Aspidosperma* houve uma maior desigualdade entre a primeira classe e as outras, ou seja, a espécie coloniza o ambiente em menos tempo do que a *Alchornea triplinervia* e *Tapirira obtusa*.

*Cyathea pharelata* apresentou indivíduos nas 6 primeiras classes de diâmetro (Figura 6), com maior número de indivíduos na segunda classe (12,6 cm), o que é normal para uma Pteridófito arborescente, pois não apresenta crescimento secundário característico. *Rudgea jasminoides* apresentou indivíduos até a sexta classe de diâmetro (Figura 6), de forma decrescente, similar à estrutura diamétrica da comunidade. *Clethra scabra* apresentou uma distribuição similar. A análise das classes de diâmetro indica que para as 11 espécies com o maior número de indivíduos, o ciclo de vida está se

completando; portanto, deverão continuar com um elevado número de indivíduos na estrutura dessa comunidade florestal.

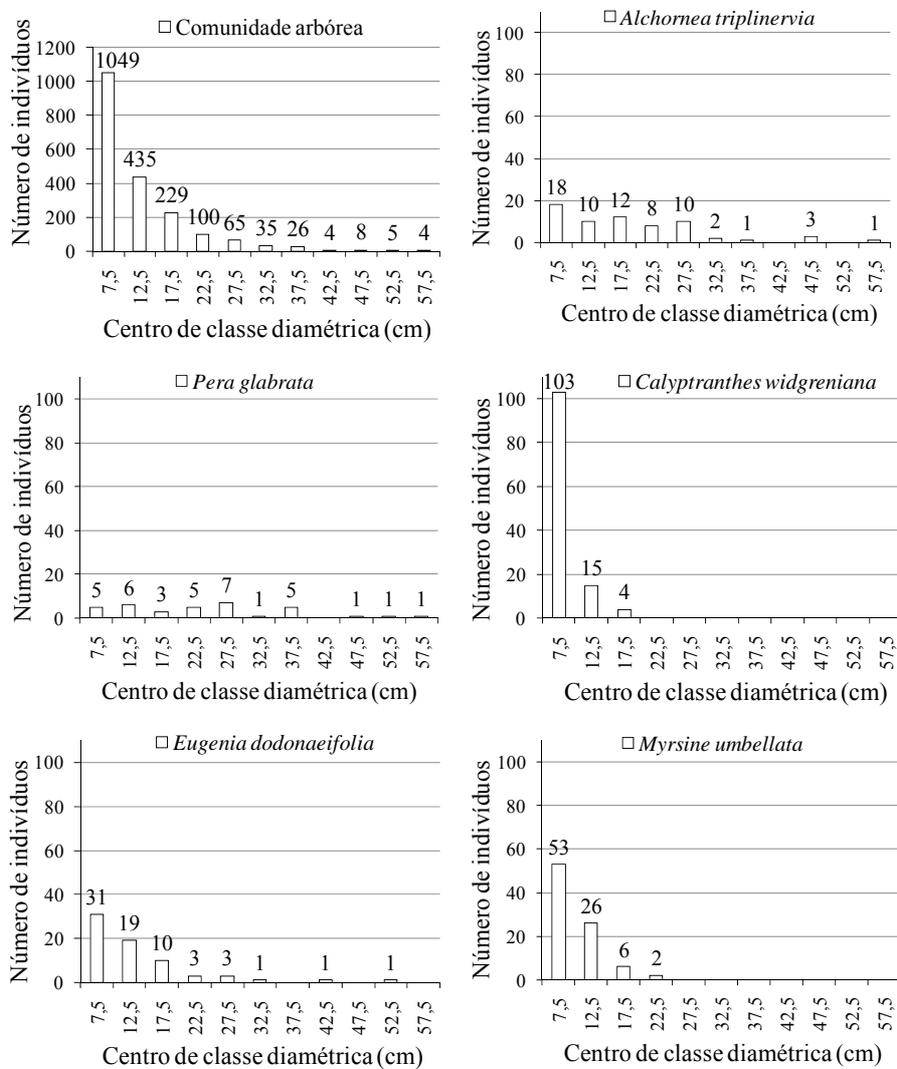


FIGURA 5 Distribuição das classes de diâmetros de toda a comunidade arbóreo-arbustiva, e das espécies *Alchornea triplinervia*, *Pera glabrata*, *Calyptanthes widgreniana*, *Eugenia dodonaefolia*, e *Myrsine umbellata*. Mata do Cristo, Parque Municipal Serra de São Domingos (MG).

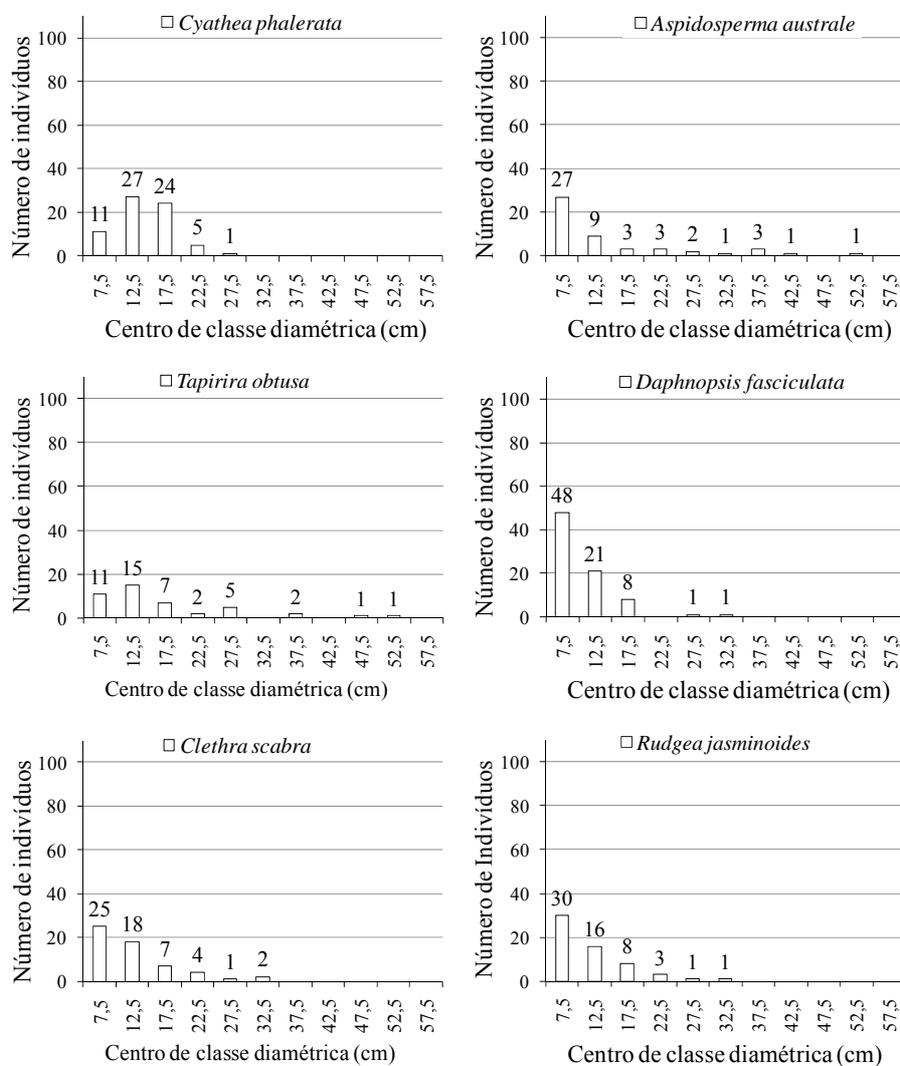


FIGURA 6 Distribuição das classes de diâmetros das espécies *Cyathea phalerata*, *Aspidosperma australe*, *Tapirira obtusa*, *Daphnopsis fasciculata*, *Clethra scabra* e *Rudgea jasminoides*. Mata do Cristo, Parque Municipal Serra de São Domingos (MG).

### 7.5 Correlações entre espécies e variáveis ambientais

A ordenação separou com clareza as parcelas de acordo com seus habitats de solo, concentrando os Neossolos na porção direita, os Cambissolos na parte central e os Argissolos na esquerda, além dos últimos se separarem no eixo 2, com os distróficos na parte inferior e os eutróficos na parte superior (Figura 7).

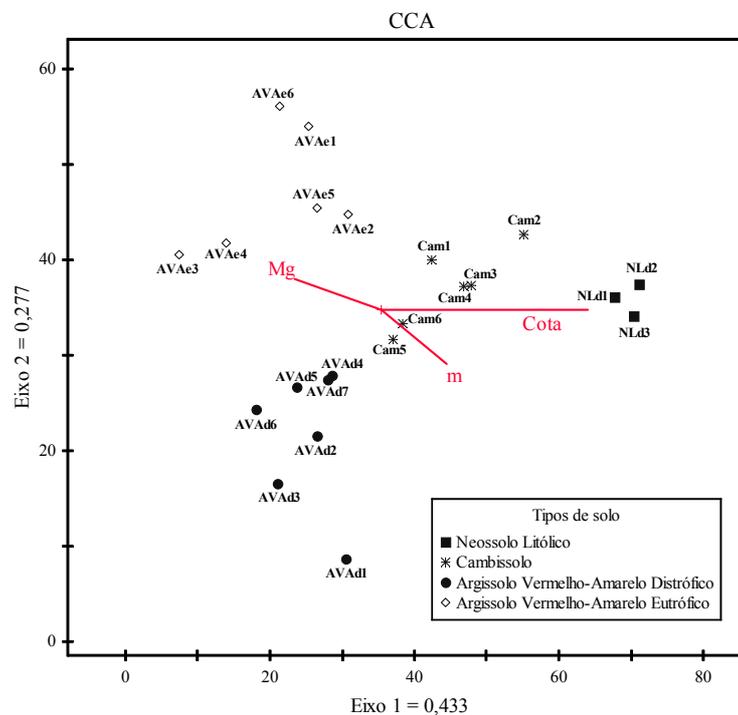


FIGURA 7 Diagrama de ordenação de uma Análise de Correspondência Canônica (CCA) nas parcelas da Mata do Cristo, em Poços de Caldas (MG).

Os autovalores dos três eixos da CCA foram baixos, e a variância total explicada foi de apenas 23,5%, indicando que as variáveis florísticas utilizadas contêm muito ruído, ou seja, alta proporção de variância não explicada, o que é comum em dados de vegetação (Braak, 1987), devido à estocasticidade comum

em fragmentos florestais (Hubbel, 2001), pois a competição, luminosidade, umidade e efeitos de fatores bióticos, como síndromes de dispersão e polinização não são facilmente perceptíveis. No entanto, isso não compromete os resultados, já que as correlações entre a abundância das espécies e as variáveis ambientais foram elevadas (eixo 1 = 0,961; eixo 2 = 0,906) e significativamente correlacionadas para os dois primeiros eixos e para o somatório de todos os eixos, pelo teste de permutação de Monte Carlo (Tabela 4). A CCA apresentou autovalores baixos para os dois primeiros eixos, isto é, todos < 0,5. Isso significa que os gradientes são curtos nos dois eixos, ou seja, há pouca substituição de espécies e a maioria delas distribui-se ao longo dos gradientes, variando a abundância (Braak, 1995).

TABELA 4 Resumo dos resultados das análises de correspondência canônica da abundância de 156 espécies distribuídas nas 22 parcelas (5 × 100 m) utilizadas para amostrar a Mata do Cristo, Poços de Caldas (MG), em interação com variáveis ambientais, e dos testes de permutação de Monte Carlo correspondentes.

	<b>Eixo 1</b>	<b>Eixo 2</b>	<b>Eixo 3</b>	<b>Todos Eixos</b>
Autovalores	0,433	0,277	0,264	4,150
Correlação espécies x ambiente	0,961	0,906	0,930	
Variância acumulada para dados de espécies (%)	10,4	17,1	23,5	
Teste de permutação de Monte Carlo (p)	0,005	0,005		0,001

Na Tabela 5, apresentam-se as correlações entre os dois primeiros eixos da CCA e as variáveis ambientais, e dessas entre si. O primeiro eixo foi positivamente correlacionado com a cota e saturação por alumínio e negativamente o Magnésio. O segundo eixo foi positivamente correlacionado com o Magnésio, e negativamente com a saturação por alumínio. As correlações mais elevadas (>0,5) foram marcadas em negrito na tabela, e foram: o magnésio, com correlação negativa com o alumínio e a cota

altitudinal; e a correlação positiva entre as cotas altitudinas e a saturação por alumínio.

Foram encontradas correlações claras entre características da comunidade arbórea e as variáveis ambientais relacionadas ao substrato. É comum que a fertilidade química dos solos de uma catena cresça do topo para a base da encosta (Kitayama & Aiba, 2002; Oliveira, 2005; Resende et al., 2007).

TABELA 5 Correlações “intraset” das variáveis ambientais com os dois primeiros eixos da CCA, e matriz de correlações ponderadas entre as variáveis. Correlações > 0,5 são salientadas em negrito.

	Correlação “intraset”			
	Eixo 1	Eixo 2	Mg <sup>++</sup>	m
Mg <sup>++</sup>	<b>-0,722</b>	<b>0,637</b>		
m	<b>0,513</b>	<b>-0,653</b>	<b>-0,937</b>	
Cota	<b>0,895</b>	-0,120	<b>-0,685</b>	<b>0,620</b>

Onde: Mg<sup>++</sup>: Magnésio; m = saturação por alumínio; Cota = altitude média das parcelas.

De uma maneira geral, a radiação solar e a disponibilidade de água e de nutrientes minerais são os fatores preponderantes na determinação dos padrões de distribuição de plantas ao redor do mundo (Hugget, 1995). Na Mata do Cristo, as variações da radiação solar foram avaliadas unicamente pelo efeito das cotas altimétricas, ao passo que os outros dois foram avaliados pelas propriedades do substrato. A hipótese nula do presente estudo de que os padrões de distribuição da estrutura fisionômica e da diversidade e composição de espécies não se correlacionam com as variáveis do ambiente físico foi rejeitada no caso do substrato (Mg<sup>++</sup> e m) e das cotas altimétricas.

As variações ambientais da Mata do Cristo foram correspondidas por distribuições diferenciais da abundância das espécies arbóreas, com consequências para os padrões de diversidade. A heterogeneidade ambiental

em florestas tropicais não controla diretamente a distribuição do número de espécies por meio da variação espacial da disponibilidade de recursos, mas age sobre a exclusão competitiva, o que permite a distribuição diferencial de algumas espécies (Stevens & Carson, 2002; Machado et al., 2008). Dessa forma, a quantidade de habitats tem influência nas abundâncias relativas de algumas espécies, embora isso não seja estático no tempo, pois varia com as fases de regeneração da floresta, além de sofrer a influência de eventos estocásticos (Decocq, 2007).

Os autovalores da CCA para os dois primeiros eixos de ordenação foram baixos, 0,43 (eixo 1) e 0,27 (eixo 2), indicando a existência de gradientes curtos, ou seja, a maioria das espécies distribui-se por todo o gradiente, com algumas delas variando apenas a abundância relativa.

A ordenação das espécies pela CCA (Figura 8) sugere que espécies, como *Myrciaria tenella*, *Miconia sellowiana*, *Calyptranthes brasiliensis*, *Ocotea pulchella* e *Lamanonia ternata* tendem a ser mais abundantes nas áreas com maiores cotas altiméticas, e com predominância de Cambissolos e Neossolos. No outro extremo do gradiente, correspondente aos sítios mais úmidos, adjacentes ao rio e com predominância dos Argissolos eutróficos, concentram-se espécies como *Allophylus edulis*, *Coutarea hexandra*, *Nectandra lanceolata*, *Annona sylvatica*, *Xylosma prockia* e *Croton floribunsus*. Em condições intermediárias do gradiente, ou indiferentes a ele, relacionam-se espécies como *Cryptocarya aschersoniana*, *Vitex polygama*, *Marlierea laevigata*, *Eugenia blastantha*, *Schefflera calva* e *Ilex sapotifolia*.

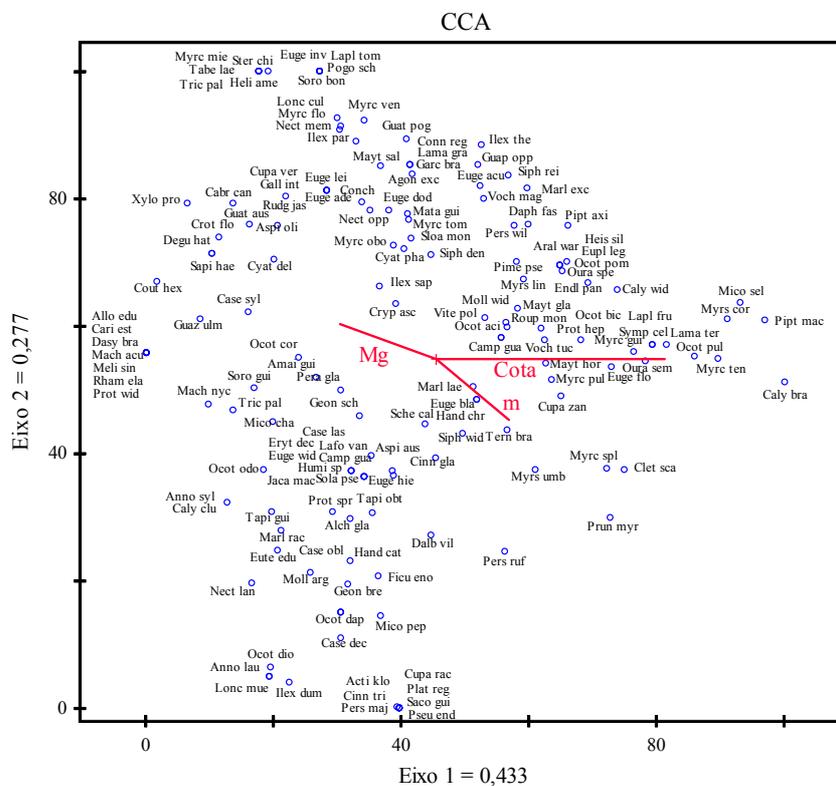


FIGURA 8 Diagrama de ordenação de uma Análise de Correspondência Canônica (CCA) das espécies nos dois primeiros eixos CCA, na Mata do Cristo, em Poços de Caldas (MG). Os nomes das espécies são abreviados com as quatro primeiras letras do gênero e as três primeiras do epíteto específico.

Das 156 espécies analisadas pelo método das espécies indicadoras (Tabela 6), apenas 18 (11,54%) apresentaram preferência significativa por um dos habitats de solo devido ao gradiente curto observado na CCA, sendo 4 (2,56%) pelo Neossolo Litólico, 6 (3,85%) pelo Camissolo, 4 pelo Argissolo vermelho-amarelo distrófico e 4 espécies (2,56%) pelo Argissolo vermelho-amarelo eutrófico.

TABELA 6 Resultados significativos na análise de espécies indicadoras (ISA) realizada com base nos quatro habitats de solo (VIO = valor indicador observado; VIE = valor indicador esperado; *s* = desvio-padrão; P = significância).

Habitats de solo Espécie	VIO	VIE			Abundância (%)			
		Média	<i>s</i>	<i>P</i>	NLd	Cam	AVAd	AVAc
<b>Neossolo Litólico</b>								
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) Roem. & Schult.	86.3	28.6	12.33	***	86	11	1	1
<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	89.1	28.7	12.52	**	89	8	0	3
<i>Myrciaria tenella</i> (DC.) O.Berg	82.7	23.8	11.93	**	83	15	3	0
<i>Clethra scabra</i> Pers.	58	35.3	10.81	*	58	34	5	3
<b>Cambissolo</b>								
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	76.4	29.5	10.86	**	16	76	3	4
<i>Roupala montana</i> Aubl.	61.8	33.4	8.89	**	11	62	7	20
<i>Vitex polygama</i> Cham.	70.8	28.4	12.36	**	0	85	0	15
<i>Daphnopsis fasciculata</i> (Meisn.) Nevling	58.5	33.1	9.58	*	10	59	7	24
<i>Cupania zanthoxyloides</i> Cambess.	53	24.6	10.39	*	25	64	11	0
<i>Mollinedia widgrenii</i> A.DC.	49.1	24.2	11.98	*	0	74	19	7
<b>Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico</b>								
<i>Alchornea triplinervia</i> Poepp. & Endl.	61	32.1	8.09	***	0	19	61	20
<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	73.6	27.8	10.82	***	0	0	74	26
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	53.3	31.1	7.27	**	0	16	53	31
<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer	57.1	29.2	10.61	*	0	0	67	33
<b>Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico</b>								
<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth.	80.3	25.8	11.54	***	0	0	20	80
<i>Maytenus salicifolia</i> Reissek	73.7	28.7	10.77	**	0	18	8	74
<i>Cabrlea canjerana</i> (Vell.) Mart.	55.2	26.8	9.87	*	0	9	24	66
<i>Rudgea jasminoides</i> (Cham.) Müll.Arg.	70.9	35.6	12.86	*	0	2	27	71

Abundância relativa de indivíduos em cada habitat de solo (NLd = Neossolo litólico; Cam = Cambissolo; AVAd = Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico; AVAc = Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico). \* P < 0,05; \*\* P < 0,01; \*\*\* P < 0,001.

A grande proporção de variação não explicada e o pequeno número de espécies significativamente identificadas como indicadoras de habitats reforça a ideia de que padrões estocásticos podem preponderar sobre os ambientais não como um agente causal, mas casual, na distribuição de espécies e na diversidade alfa, implicando no fato de a maioria delas ser, de fato, generalistas de habitats (Hubbell, 2001).

A Mata do Cristo apresentou correlação entre a distribuição de espécies e as características do substrato, com ênfase nas cotas altitudinais e na disponibilidade de Mg e acidez nos solos. Apesar disso, também foi identificado um razoável montante de variância não explicado pelas variáveis ambientais utilizadas ('ruído'), e isso se deve, provavelmente, à estocasticidade dos fenômenos de estabelecimento e crescimento, embora não se possa descartar a possível existência de variáveis importantes, mas nem sempre facilmente perceptíveis ou mensuráveis, como condições de luz atuais e pretéritas, variáveis associadas à dispersão das espécies e competição por recursos.

## 8 CONCLUSÕES

Com base nas análises realizadas neste trabalho, conclui-se que:

1. Houve pouca variação na composição de espécies entre as fisionomias de vegetação estudadas, mas houve variação na abundância das espécies entre as fisionomias estudadas;
2. A análise de correspondência canônica indicou pouca relação entre as variáveis ambientais com a estrutura da vegetação devido ao estocasticidade da vegetação; entretanto, as variações de relevo expressas pela altitude, o teor de Magnésio e saturação por alumínio foram as variáveis ambientais mais correlacionadas com as mudanças estruturais da vegetação;
3. As comunidades vegetais apresentaram um padrão decréscimo da diversidade e da equabilidade com a elevação na Serra. Os padrões estruturais, como área basal e abundância, apresentaram distinções, como maior abundância de indivíduos e menor área basal nos locais de maior altitude;
4. A transição entre a floresta e a nanofloresta latifoliadas revelou que, apesar de poucas distinções florísticas entre as fisionomias, houve mudanças significativas entre as variáveis demográficas, sendo a nanofloresta da mata do cristo uma vegetação associada à floresta de encosta, com características peculiares para a região e de grande importância para a conservação da biodiversidade.

## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Hidroweb**: dados hidrológicos, séries históricas, sistema de informações hidrológicas. Disponível em: <<http://www.hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb/>>. Acesso em: 5 out. 2008.

ALMEIDA, F. F. M. **Origem e evolução da plataforma brasileira**. Rio de Janeiro: DNPM/DGM, 1967. 36 p.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 141, p. 399-436, 2003. Disponível em: <<http://www.biodiversitas.org.br/floraBr/apg2.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2010.

AZEVEDO, L. G. de. Tipos de vegetação do Sul de Minas e Campos da Mantiqueira, Brasil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 34, n. 2, p. 225-234, 1962.

BEALS, E. W. Vegetational change along altitudinal gradients. **Science**, New York, v. 165, p. 981-985, 1969.

BRAAK, C. J. F. ter. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. **Vegetatio**, Dordrecht, v. 69, v. 1, p. 69-77, Jan./June 1987.

BRAAK, C. J. F. ter. Ordination. In: JONGMAN, R. H. G.; BRAAK, C. J. F. ter.; TONGEREN, O. F. R. van. **Data analysis in community and landscape ecology**. Cambridge: Cambridge University, 1995. p. 91-173.

BRAAK, C. J. F. ter; SMILAUER, P. **CANOCO reference manual and canodraw for Windows user's guide**: software for canonical community ordination. Version 4.5. Ithaca: Microcomputer Power, 2002. 500 p.

BROWER, J. E.; ZAR, J. H.; ENDE, C. N. von. **Field & laboratory methods for general ecology**. Boston: McGraw-Hill Science, 1997. 288 p.

CARVALHO, D. A.; ARY, T.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; VILELA, E. A.; CURI, N.; BERG, E. van den; FONTES, M. A. L.; BOTEZELLI, L. Distribuição de espécies arbóreo-arbustivas ao longo de um gradiente de solos e topografia em um trecho de floresta ripária do Rio São Francisco em Três Marias, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 329-345, abr./jun. 2005.

CATHARINO, E. L.; BERNACCI, L. C.; FRANCO, G. A. D. C.; DURIGAN, G.; METZGER, J. P. Aspectos da composição e diversidade do componente arbóreo das florestas da Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 1-28, maio 2006.

COCHRAN, W. G. **Sampling techniques**. 3. ed. New York: J. Wiley, 1977. 555 p.

CONNELL, J. H. Diversity in tropical rain forest and coral reefs. **Science**, New York, v. 199, n. 4335, p. 1302-1310, Mar. 1978.

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

DECOCQ, G. Determinism, chaos and stochasticity in plant community successions: consequences for phytosociology and conservation ecology. In: GAFTA, D.; AKEROYD, J. (Ed.). **Nature conservation: concepts and practice**, environmental science and engineering. Berlin: Springer Heidelberg, 2006. p. 254-266.

DUDLEY, N.; STOLTON, S. (Ed.). **Running pure: the importance of forest protected areas to drinking water**. London: WWF Alliance for Forest Conservation and Sustainable Use, 2003. 103 p.

DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. Indicator values calculated with method of species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, Ithaca, v. 67, n. 3, p. 345-366, May 1997.

DURIGAN, G.; BERNACCI, L. C.; DAHER, G. A.; FRANCO, C.; ARBOCZ, G. F.; METZGER, J. P.; CATHARINO, E. L. M. Estádio sucessional e fatores geográficos como determinantes da similaridade florística entre comunidades florestais no Planalto Atlântico, Estado de São Paulo, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 12-17, jan./mar. 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 211 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FALKENBERG, D. B. **Matinhas nebulares e vegetação rupícola dos aparados da Serra Geral (SC/RS), sul do Brasil**. 2003. 558 p. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FALKENBERG, D. B.; VOLTOLINI, J. C. The montane cloud forest in southern Brazil. In: HAMILTON, L. S.; JUVIK, J. O.; SCATENA, F. N. (Ed.). **Tropical montane cloud forests**. New York: Springer Verlag, 1995. p. 138-149.

FERNANDES, M. R. (Coord.). **Poços de Caldas, caracterização de ecossistemas**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2003. 56 p.

FONTES, M. A. L. **Dinâmica de comunidades arbóreas de florestas altimontanas de Minas Gerais**. 2008. 137 p. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FRANÇA, G. S.; STEHMANN, J. R. Composição florística e estrutura do componente arbóreo de uma floresta altimontana no município de Camanducaia, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 19-30, jan./mar. 2004.

GENTRY, A. H. Changes in plant community diversity and floristic composition in environmental and geographical gradients. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, Missouri, v. 75, n. 1, p. 1-34, Jan./Mar. 1988.

HILL, J. K.; HAMER, K. C. Using species abundance models as indicators of habitat disturbance in tropical forests. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 35, n. 3, p. 458-460, June 1998.

HUBBELL, S. P. **The unified neutral theory of biodiversity and biogeography**. New Jersey: Princeton University, 2001. 382 p. (Monographs on Population Biology, 32).

HUGGET, R. J. **Geocology**: an evolutionary approach. London: Routledg, 1995. 320 p.

KITAYAMA, K. An altitudinal transect study of the vegetation on Mount Kinabalu, Borneo. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 102, n. 2, p. 149-171, Oct. 1992.

KITAYAMA, K. Biophysical conditions of the montane cloud forests of Mount Kinabalu, Sabah, Malaysia. In: HAMILTON, L. S.; JUVIK, J. O.; SCATENA, F. N. (Ed.). **Tropical montane cloud forests**. Berlin: Springer-Verlag, 1995. p. 183-197. (Ecological Studies, 110).

KITAYAMA, K.; AIBA, S. I. Ecosystem structure and productivity of tropical rain forest along altitudinal gradients with contrasting soil phosphorus pools on Mount Kinabalu, Borneo. **Journal of Ecology**, London, v. 90, n. 1 p. 37-51, Jan. 2002.

LEDRU, M. P. The last 50,000.00 yers in the Neotropics, Southern Brazil: evolution of vegetation and climate. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Oxford, v. 123, n. 1/4, p. 239-257, July 1996.

LONGHI, S. J. **A estrutura de uma floresta natural de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, no sul do Brasil**. 1980. 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MACHADO, E. L. M.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; BERG, E. van den; CARVALHO, W. A. C.; SOUZA, J. S.; MARQUES, J. J. G. S. M.; CALEGÁRIO, N. Efeitos do substrato, bordas e proximidade espacial na estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 287-302, abr./jun. 2008.

MARTINELLI, G. Mountain biodiversity in Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 587-597, jul./ago. 2007.

McCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD**: multivariate analysis of ecological data. Version 5.0. Oregon: PC-ORD, 2006. 40 p.

MEIRELES, L. D.; SHEPHERD, G. J.; KINOSHITA, L. S. Variações na composição florística e na estrutura fitossociológica de uma floresta ombrófila densa alto-montana na Serra da Mantiqueira, Monte Verde, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 4, p. 559-574, out./dez. 2008.

MELLO, J. M.; BATISTA, J. L. F.; OLIVEIRA, M. S.; RIBEIRO JUNIOR, P. J. Estudo da dependência espacial de características dendrométricas para *Eucalyptus grandis*. **Revista Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 113-126, abr./jun. 2005.

METZGER, J. P. Aspectos da composição e diversidade do componente arbóreo das florestas da Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 6, n. 2, 2006. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v6n2/pt/abstract?article+bn00306022006>>. Acesso em: 3 out. 2009.

MORAES, F. T.; JIMÉNEZ-RUEDA, F. R. Fisiografia da região do planalto de Poços de Caldas, MG/SP. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 196-208, mar. 2008.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: J. Wiley, 1974. 574 p.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia aplicada**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 2005. 574 p.

OLIVEIRA FILHO, A. T. Classificação das fitofisionomias da América do Sul cisandina tropical e subtropical: proposta de um novo sistema - prático e flexível - ou uma injeção a mais de caos? **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 2, p. 237-258, ago./dez. 2009.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; FONTES, M. A. L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica**, Marburg, v. 32, n. 4b, p. 793-810, Mar. 2000.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; MACHADO, J. N. M. Composição florística de uma floresta semidecídua Montana, na Serra de São José, Tiradentes, Minas Gerais. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 71-88, abr./maio 1993.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. Composição florística e estrutura comunitária de um remanescente de floresta semidecídua montana em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 167-182, mar./abr. 1994a.

PEDRALLI, G.; FREITAS, V. L. O.; MEYER, S. T.; TEIXEIRA, M. C. B.; GONÇALVES, A. P. S. Levantamento florístico na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 191-213, jan./jun. 1997.

PENDRY, C. A.; PROCTOR, J. The causes of altitudinal zonation of rain forests on bukit belalong, brunei. **Journal of Ecology**, London, v. 84, n. 3, p. 407-418, June 1996.

PEREIRA, I. M.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; BOTELHO, S. A.; CARVALHO, W. A. C.; FONTES, M. A. L.; SCHIAVINI, I.; SILVA, A. F. Composição florística do compartimento arbóreo de cinco remanescentes florestais do maciço do Itatiaia, Minas Gerais e Rio de Janeiro. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 57, n. 1, p. 103-126, 2006.

PRESTON, F. W. The commonness and the rarity of species. **Ecology**, Washington, v. 29, n. 3, p. 254-283, July 1948.

RESENDE, M.; CURTI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. **Pedologia**: base para a distinção de ambiente. 5. ed. Lavras: UFLA, 2007. 322 p.

RIBEIRO, C. A. N. **Florística e fitossociologia de um trecho de Floresta Atlântica de altitude na fazenda da Neblina, parque estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais**. 2003. 52 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ROBERTS, M. R.; GILLIAM, F. S. Patterns and mechanisms of plant diversity in forested ecosystems: implications for forest management. **Ecological Applications**, Tempe, v. 5, n. 4, p. 969-977, Nov. 1995.

RODRIGUES, R. R.; MORELLATO, L. P. C.; JOLY, C. A.; LEITÃO-FILHO, H. F. Estudo florístico e fitossociológico em um gradiente altitudinal de mata estacional mesófila semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 12, n. 1/2, p. 71-84, 1989.

SANCHEZ, M. **Composição e estrutura da comunidade arbórea num gradiente altitudinal da Mata Atlântica**. 2001. 136 p. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SCUDELLER, V. V.; MARTINS, F. R.; SHEPHERD, G. J. Distribution and abundance of arboreal species in the atlantic ombrophilous dense forest in Southeastern Brazil. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 152, n. 2, p. 121-134, Feb. 2001.

SEGADAS-VIANNA, F. Ecology of the Itatiaia Range, Southeastern Brazil: I., altitudinal zonation of the vegetation. **Arquivos do Museu Nacional**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 53, p. 7-30, jan./dez. 1968.

STEVENS, M. H. H.; CARSON, W. P. Resource quantity, not resource heterogeneity, maintains plant diversity. **Ecology Letters**, Marseille, v. 5, n. 3, p. 420-426, May 2002.

STRANGHETTI, V.; RANGA, N. T. Levantamento florístico das espécies vasculares da floresta estacional mesófila semidecídua da Estação Ecológica de Paulo de Faria, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 295-304, dez. 1998.

TILMAN, D. **Resource competition and community structure**. New Jersey: Princeton University, 1982. 296 p.

TILMAN, D. Evolution and differentiation in terrestrial plant communities: the importance of the soil resource: light gradient. In: DIAMOND, J.; CASE, T. J. (Ed.). **Community ecology**. New York: Harper and Row, 1986. p. 359-380.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124 p.

VILELA, E. A.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; CARVALHO, D. A.; GALVILANES, M. L. Flora arbustiva de um fragmento de mata ciliar no Alto Rio Grande, Itutinga, Minas gerais. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 87-100, jan./fev. 1995.

WERNECK, M. S.; PEDRALLI, G.; KOENIG, R.; GISEKE, L. F. Florística e estrutura de três trechos de uma floresta semidecídua na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 97-106, jan./mar. 2000.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice-Hall, 1996. 620 p.

## CAPÍTULO 3

### Padrões alométricos de espécies arbóreas em Floresta de Altitude, Poços de Caldas (MG)

#### 1 RESUMO

Neste estudo, foi investigada a existência de padrões alométricos em seis espécies arbóreas tropicais, comuns em Floresta Atlântica de altitude, que refletem suas características de crescimento e estratégias de ocupação vertical e horizontal de suas copas. As espécies estudadas foram: *Alchornea triplinervia*, *Clethra scabra*, *Miconia sellowiana*, *Myrsine coriacea*, *Rudgea jasminoides* e *Sorocea guilleminiana*. Foi realizado em vegetação secundária de mata atlântica, no Parque Municipal Serra de São Domingos, Poços de Caldas, sul de Minas Gerais. Medidas morfométricas e arquiteturas foram comparadas entre as espécies que ocupam diferentes estratos no dossel da vegetação. Foram analisadas as relações entre o diâmetro do tronco, a altura total, a profundidade e o diâmetro da copa. Os padrões de ramificação foram relacionados com o número de competidores circunvizinhos ao indivíduo. Encontraram-se três padrões distintos: um padrão de crescimento com maior investimento em altura e diâmetro de copa, objetivando a garantia de espaço no dossel, outro mais ligado ao crescimento em profundidade copa, para aproveitamento de luz em várias posições do dossel e outro na ocupação do espaço horizontal, nos estratos inferiores do dossel. Os indivíduos competidores influenciaram os processos de ramificação de algumas espécies. Espécies de locais mais elevados, mais expostas a intempéries climáticas apresentaram menor grau de esbeltez e copas assimétricas.

Palavras-chave: Arquitetura e alometria de plantas, competição de copa, dossel florestal, floresta secundária.

## 2 ABSTRACT

Allometric patterns of six tree species were studied in an upper highland tropical forest, southeast Brazil. The dimensional relationships and branching process of a two understory species (*Sorocea guilleminiana* and *Rudgea jasminoides*) were contrasted with those of two species undefined stratification (*Miconia sellowiana* and *Myrsine coriacea*) and one canopy species (*Alchornea triplinervia*) in Poços de Caldas, Minas Gerais. For all trees with diameter at breast height (dbh)  $\geq 5$  cm we recorded dbh, total height, branching order, crown width, crown length and surrounding competing trees were recorded. Observed allometric relationships indicated interspecific variation in crown shape with trunk diameter and height. Three species (*Myrsine*, *Rudgea*, *Sorocea*) conformes to the elastic similarity model, two species (*Alchornea* and *Miconia*) conformed to the stress constant model, and *Clethra scabra* that showed thicker trunks and a scaling exponent conformed to the geometric model. The general allometric function used to describe the overall relationship (all sizes combined) specifies exceptional variation in crown shape between species of contrasting adult stature (canopy vs. understory species). Different strategies of growth, maintenance and expansion of crown became evident. Crown shapes varied more in canopy and understory species than in the subcanopy one, suggesting that larger statures species might be more flexible in the relative allocation of energy to height, diameter, and crown growth than smaller-statured ones. For the architectural patterns, individual competitors influenced the branching processes of some species. Species of higher ground, exposed to worse weather, presented lower degree of slenderness and asymmetric tops.

Key words: Plant architecture and allometry, crown competition, forest canopy, secondary forest.

### 3 INTRODUÇÃO

Estudos sobre a alometria de populações arbóreas são considerados fundamentais para a compreensão dos mecanismos para a estabilização mecânica de espécies em florestas tropicais. Trata-se de uma ferramenta importante no entendimento das diferenças no investimento de recursos das espécies em diferentes condições bióticas e abióticas do meio, onde apresentam diferentes respostas ou padrões. Esses estudos permitem, assim, entender melhor as estratégias adaptativas das espécies.

A alometria é o estudo do crescimento de uma parte do organismo em relação ao todo, como a investigação das consequências do tamanho na forma do organismo, como a propriedade que certos objetos têm de conservarem sua geometria e forma, enquanto eles variam de tamanho (Kohyama, 1990; Niklas, 1995), ou ainda, as consequências biológicas e funções ambientais de determinados padrões alométricos (Niklas, 2004). É utilizado para descrever relações quantitativas entre mudanças no tamanho de diversos organismos e uma variedade de características morfológicas, fisiológicas e de crescimento (Aiba & Kohyama, 1996; Gayon, 2000; Vieira & Gandolfi, 2008). Fornecem subsídios para comparação e entendimento das diferentes estratégias adaptativas dos seres vivos quanto à adaptação, sobrevivência e reprodução no ambiente (Sposito & Santos, 2001a; Wright et al., 2007).

Os padrões de crescimento de plantas lenhosas variam entre espécies e ambientes (King, 1990a; Sumida et al., 1997). Para espécies arbóreas, diferenças no padrão de alocação de recursos destinados ao crescimento em altura ou ao crescimento da copa estão vinculadas a distintas estratégias de ocupação do espaço (Hara et al., 1991; Sumida et al., 1997; Sposito & Santos, 2001a). O tamanho, formato e posição da copa de uma árvore são determinantes da quantidade de luz interceptada, enquanto as dimensões do tronco estão

relacionadas à resistência mecânica diante das pressões exercidas por fatores como vento e a massa da própria copa (King, 1986). As relações entre tamanho e forma das plantas irão influenciar o padrão estrutural e funcional dos diferentes tipos de vegetação (Fontes, 2000).

Existem espécies com caracteres morfológicos que variam intra e inter-populações nos ambientes e suas estratégias de alocação de recursos devem ser estudadas para uma melhor compreensão de suas respostas adaptativas a partir do desenvolvimento de suas estruturas mecânicas (Niklas, 1992; Crawley, 1997; Grace, 1997). Com base nas relações entre diâmetro e altura, foram propostos modelos para explicar como se combinam as forças em um caule para que ele mantenha a estrutura e arquitetura do espécime (McMahon, 1973; Niklas, 1994a, 2000; Sterck & Bongers, 1998).

Esses atributos, entre outros, são utilizados para comparação de estrutura mecânica entre plantas (King, 1990a; Niklas & Spatz, 2004), associações vegetais envolvendo diferentes estádios sucessionais (Percy et al., 2005; Poorter et al., 2006) ou dentro do mesmo estágio (Fontes, 2000). Permitem inferir sobre plantas com distintas formas de ocupação do perfil vertical de uma floresta (O'Brien et al., 1995) e sobre a história de vida de árvores em Florestas Neotropicais (King, 1996; Turner, 2001).

Segundo Niklas (1994b), as explicações evolutivas para o sucesso adaptativo de espécies vegetais em diferentes ambientes são a eficiência na interceptação de luz e na utilização de recursos, a estabilização mecânica e a capacidade de reproduzir-se no local. Várias características biológicas definem a capacidade competitiva das plantas de se perpetuarem em diferentes ambientes. Uma mínima nuance morfológica em certas espécies pode fornecer aptidão suficiente para que elas desenvolvam plasticidade ambiental.

A forma da copa e a exposição espacial de suas folhas afetam diretamente a captura de luz, transporte de água, apoio mecânico, reprodução,

resistência ao vento e, finalmente, a vantagem competitiva de árvores (Givnish, 1988; Sposito & Santos, 2001b).

As florestas tropicais possuem características marcantes de mostrar fortes gradientes verticais de luz (Clark & Clark, 2001). As diferenças na disponibilidade de luz ao longo do gradiente entre o bosque e o dossel de uma floresta tropical podem ser originários de diversas estratégias de ocupação do espaço e alocação de recursos para área fotossintética entre as espécies arbóreas que diferem em tamanho máximo alcançado (Thomas & Bazzaz, 1999).

A relação entre o diâmetro do tronco e as medidas da copa (profundidade e largura) podem minimizar o esforço em crescimento em altura (Givnish, 1986). Padrões alométricos observados em espécies arbóreas tropicais têm sido relacionados a diferentes condições de luz, resultando em estratégias de crescimento contrastantes entre alocação de recursos em copa e nas dimensões do tronco (Alves & Santos, 2002). Dentro de uma floresta natural, existe uma dicotomia entre espécies que investem no crescimento em altura para explorar luz no dossel e as que expandem a copa horizontalmente para sobreviverem sob condições sombreadas (Poorter et al., 2006).

Em geral, a relação entre o diâmetro do tronco ( $D_{ap}$ ) e a altura total ( $At$ ) em espécies do dossel está de acordo com modelos de similaridade elástica ou de estresse constante (King, 1990b, 1996; O'Brien et al., 1995; Sterck & Bongers, 1998; Alves & Santos, 2002). Em alguns estudos, demonstra-se que as espécies de menor porte possuem troncos mais espessos, copas maiores e mais largas do que as espécies de maior estatura, provavelmente para aumentar a persistência e a sobrevivência contra danos causados por galhos caídos no estrato inferior da floresta (Thomas, 1996).

No entanto, a variedade de crescimento e estratégias de alocação de recursos encontradas nas árvores das regiões tropicais denotam padrões alométricos que não podem ser apenas explicados por diferenças nos níveis de

luz e tolerância à sombra (Kohyama & Hotta, 1990; Aiba & Kohyama, 1997) ou estatura máxima quando adulta (Sterck & Bongers, 1998). Principalmente, em florestas de altitude, que muitas vezes apresentam dossel sem estratificação definida.

Neste trabalho, as relações alométricas foram analisadas para seis espécies de uma floresta tropical altimontana no Brasil. As relações dimensionais foram comparadas entre as espécies de sub-bosque, subdossel e dossel. As seguintes hipóteses de nulidade foram assim elaboradas:

- (1) As plantas que ocorrem em altitude mais elevada apresentam padrões morfométricos distintos, como estratégia de adaptação ambiental;
- (2) As espécies *Clethra scabra*, *Miconia sellowiana* e *Myrsine coriacea* apresentam diferentes estratégias de estabilização mecânica em uma nanofloresta;
- (3) Espécies presentes que ocupam distintas posições da estratificação vertical no dossel de uma Floresta altimontana de encosta possuem diferentes investimentos em relação ao crescimento da copa;

#### 4 OBJETIVOS

A proposta na presente pesquisa é analisar padrões alométricos de espécies arbóreas neotropicais em posições diferentes no dossel de uma floresta altimontana, na Serra de São Domingos, para gerar informações sobre a adaptação destas em ambiente de altitude, a partir dos seguintes objetivos específicos:

- Caracterizar padrões na arquitetura e morfometria que evidenciem estratégias de crescimento e plasticidade morfológica entre as espécies;
- Analisar o desenho mecânico das espécies no fragmento estudado;

- Avaliar o investimento em recursos, com ênfase na caracterização da copa das espécies de diferentes posições no dossel do fragmento.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Caracterização da área – Item 4. 1 – Capítulo 2

### 5.2 Caracterização das espécies estudadas

As espécies foram caracterizadas quanto às suas posições sociológicas (Longhi, 1980), de acordo com a estratificação vertical da vegetação no local, a partir da caracterização no campo do posicionamento da copa no dossel fragmento, quando alcançado o porte adulto da espécie.

As características estudadas nas plantas foram definidas conforme critérios elaborados por Clark & Clark (2001), assim considerados: Emergente, quando a planta encontra-se acima do dossel da floresta e sem sobreposição de competidoras na sua copa; Dossel, quando a copa da planta ocupa a parte mais alta da vegetação, com poucas competidoras compartilhando a posição; Sub-dossel, quando a planta ocupa parte do dossel, mas possui mais competidoras acima da sua copa; e Sub-bosque, quando a planta ocupa os estratos inferiores da vegetação e possuem vizinhas com copas sobrepostas na parte superior.

As espécies selecionadas foram: *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg., *Clethra scabra* Pers., *Miconia sellowiana* Naudin, *Myrsine coriácea* (Sw.) Roem. & Schult., *Rudgea jasminoides* (Cham.) e *Sorocea guilleminiana* (Gaudich.).

*Alchornea triplinervia* é planta da família Euphorbiaceae que está distribuída desde as florestas amazônicas até as florestas do Brasil central, mata atlântica de altitude e florestas de araucárias (Oliveira Filho, 2009). É uma planta dioica de 10 a 20 metros de altura, com folhas simples, recortadas nas bordas. Entre suas características ecológicas, destaca-se que é perenifólia, heliófita, seletiva higrófila, e de dispersão zoocórica, muito apreciada pela

avifauna (Pascotto, 2006); possui arquitetura com fuste ortotrópico e crescimento simpodial.

*Clethra scabra* é planta da família Clethraceae que está distribuída desde o Rio de Janeiro e Minas Gerais até o Rio Grande do Sul, Peru, Bolívia e Argentina, ocorrendo no interior ou na orla de matas primárias e secundárias (Sleumer, 1967). Planta com altura que varia de 4 a 8 metros, com copa irregular, ramos novos rufo-pubescentes. Tronco tortuoso, ramificado, com casca rugosa nos indivíduos mais velhos (Grande & Lopes, 1975). Possui folhas simples com filotaxia alterno-espiraladas, subcoriáceas com dois estratos de pêlos estrelados distintos e reticulação das nervuras saliente na face abaxial (Rossi, 1989). Sua inflorescência ocorre em racemos axilares terminais, com flores alvo-tomentosas. É uma planta semidecídua, heliófita, de dispersão anemocórica, pioneira e característica de matas secundárias de altitude. Possui arquitetura com fuste plagiotrópico e crescimento simpodial.

*Miconia sellowiana* é planta da família Melastomataceae que está distribuída pelas florestas atlânticas do sudeste brasileiro, característica comum na família Melastomataceae, ocorrendo desde as florestas ombrófilas de altitude, até as florestas mistas com Araucária e as semidecíduas. Seus representantes geralmente ocorrem em altitudes de 1.000 a 2.000 m e, raramente, ao nível do mar (Boeger et al., 2008). Pode ser encontrada com hábito arbóreo, atingindo até oito metros de altura, em formações florestais secundárias, perenifólias ou semidecíduas ou ainda em cerrado, ou com hábito arbustivo, com menos de um metro de altura, em afloramentos rochosos (Goldenberg, 2004). Trata-se de uma planta pioneira (ou secundária inicial), heliófita facultativa e com dispersão zoocórica. Possui arquitetura com fuste ortotrópico e crescimento simpodial.

*Myrsine coriacea* é planta da família Myrsinaceae que está distribuída desde as florestas amazônicas até o Rio Grande do Sul e regiões dos chacos argentinos. Planta com altura de 5 a 30 m com copa ovalada, tronco cilíndrico e

tortuoso, casca espessa e com fissuras longitudinais nas plantas mais velhas. A espécie possui folhas simples coriáceas alternas, e concentradas nas pontas dos ramos, sendo sua inflorescência fasciculada. Fruto tipo drupa esférica, de polpa suculenta e de cor preta quando madura. Trata-se de uma planta perenifólia, heliófita e de dispersão zoocórica (Oliveira Filho & Scolforo, 2008). Possui arquitetura com fuste plagiotrópico e crescimento simpodial.

*Rudgea jasminoides* é uma planta da família Rubiaceae que se encontra distribuída pelas florestas atlânticas do sudeste brasileiro, ocorrendo desde as florestas ombrófilas de altitude, mistas com araucária até as semidecíduas (Oliveira Filho, 2009). Podem ser arvoretas de aproximadamente 3,5 metros de altura ou árvores de 10 a 15 metros, com folhas simples e opostas, estípulas com dentes subulados (estreitamento em direção ao ápice, terminando em ponta fina). Inflorescências em panículas com ramos dicotômicos. Entre suas características ecológicas, destaca-se que é perenifólia, esciófita, e de dispersão zoocórica. Possui arquitetura com fuste plagiotrópico e crescimento simpodial.

*Sorocea guillemiana* é uma espécie da família Moraceae que se encontra distribuída desde a floresta Amazônia até as florestas atlânticas do sudeste brasileiro, com destaque as formações de altitude (Oliveira Filho, 2009). Possui altura que varia entre 12 a 30 metros. Trata-se de uma planta dioica lactescente de tronco reto e cilíndrico, com casca fina e quase lisa. Folhas simples, coriáceas, de bordos providos de pequenos espinhos, com face axial brilhante e abaxial opaca de cor verde mais clara, com nervuras proeminentes. Inflorescência em racemos axilares, com flores unisexuadas. Fruto tipo baga ovalada, lactescente e cor vermelho-viva. Planta perenifólia de luz difusa, seletiva higrófila e com dispersão zoocórica. Comum no dossel de matas de altitude na região sudeste do Brasil (Oliveira Filho & Scolforo, 2008). Possui arquitetura com fuste ortotrópico e crescimento monopodial.

### 5.3 Coleta de dados

No período entre 12 de outubro a 17 de outubro de 2009, foi amostrado um total de 181 indivíduos de espécies arbóreas tropicais na Mata do Cristo, em Poços de Caldas (MG). Entre as espécies, foram medidos 26 indivíduos de *Alchornea triplinervia*, 28 de *Clethra scabra*, 30 de *Miconia sellowiana*, 34 de *Myrsine coriaceae*, 32 de *Rudgea jasminoides* e 31 de *Sorocea guilleminiana*. Percorreu-se o fragmento para evitar a amostragem de vários indivíduos num mesmo ponto, para que as condições ecológicas particulares não mascarassem as características peculiares das espécies.

De cada planta, foram mensurados os seguintes dados: diâmetro do tronco a uma altura de 1,30 m (Dap); altura total (At); altura dos primeiros ramos com folha da copa (Af); altura da primeira (A1°R) e da segunda ramificação (A2°R) da planta; o diâmetro da copa (Dc), obtido a partir de sua projeção no solo e tomado como a média entre o maior comprimento (Dc1) e sua medida perpendicular (Dc2); a distância do centro da copa até o centro do tronco (D); número de competidores sobre a copa do indivíduo, em que a árvore vizinha é considerada competidora quando apresenta altura de pelo menos 80% da altura total do indivíduo mensurado; e ordem de ramificação, mensurada de forma análoga à metodologia de Strahler (1957) para bacias hidrográficas (e.g. os ramos terminais serão de primeira ordem, e a junção desses dois ramos irá formar um de segunda ordem e a junção de dois de segunda ordem irá formar um de terceira ordem, e assim por diante). A mensuração dos diâmetros foi realizada com suta, as alturas com vara graduada, e a projeção da copa no solo com trenas.

## **5.4 Análise de dados**

### **5.4.1 Análise morfométrica**

Com base nos valores medidos de Dap, altura total (At), altura dos primeiros ramos com folha da copa (Af), o diâmetro de copa (Dc), e a distância do centro do tronco ao centro da copa, foi possível calcular as seguintes características morfométricas e arquiteturas (Tabela 1): o grau de esbeltez (GE), o índice de saliência (IS), o índice de abrangência (IA), o formal de copa (FC), proporção de copa (PC), grau de deflexão (Gd) e o deslocamento relativo da copa (Dcp).

O Grau de Esbeltez (GE) é a relação entre a altura total da árvore e o DAP. Uma relação superior a 1 significa que o crescimento em diâmetro é reduzido em relação à altura (Durlo, 2001).

A razão entre o comprimento de copa e altura total da copa em porcentagem também é conhecida como a Proporção de Copa (PC) e indica a fração (%) que a copa abrange em relação à árvore. Quanto maior a porcentagem de copa, tanto mais vital e produtiva é a árvore (Durlo & Denardi, 1998).

O Índice de Saliência (IS) é a relação entre o diâmetro de copa e o DAP e indica quantas vezes o diâmetro de copa é maior que o DAP. Esse índice pode ser usado como indicador de competição sobre a planta, pois fornece uma noção do espaço ao redor de uma árvore selecionada (Durlo & Denardi, 2004).

A razão entre o diâmetro de copa e a altura total da árvore também é conhecida como Índice de Abrangência (IA). Esse índice fornece um indicativo do investimento da planta no desenvolvimento horizontal da copa com o crescimento em altura (Durlo & Denardi, 1998). O Formal de Copa (FC) é a relação entre o diâmetro e a altura de copa. Quanto menor o formal de copa, melhor é a produtividade da árvore (Durlo, 2001).

O grau de deflexão (GD) e o deslocamento da copa (Dcp) são características que informam o nível de assimetria da copa da planta (Young & Perkocha, 1994), ou seja, o quanto o centro de gravidade da copa está afastado do centro do tronco.

Os caracteres morfométricos indicados na Tabela 1 foram analisados por meio de análise de variância, seguida de teste de Tukey (Q) para comparação entre médias (Sokal & Rohlf, 1995).

TABELA 1 Formulário com os caracteres morfométricos calculados para cada planta das espécies selecionadas na Mata do Cristo, Poços de Caldas (MG).

<b>Parâmetro</b>	<b>Fórmula</b>
Área da copa	$Ac = Dc_1 \times Dc_2$
Grau de esbeltez (GE)	$GE = \frac{At}{Dap}$
Proporção de Copa (PC)	$PC = \left( \frac{At - Af}{At} \right) \times 100$
Índice de Saliência (IS)	$IS = \frac{Dc}{Dap}$
Formal da Copa (FC)	$FC = \frac{Dc}{(At - Af)}$
Índice de Abrangência (IA)	$IA = \frac{Dc}{At}$
Grau de Deflexão da copa (GD)	$GD = \arctan\left(\frac{D}{At}\right)$
Deslocamento da Copa (Dcp)	$Dcp = \frac{D}{\sqrt{Ac}}$

Onde: At = Altura total; Af = Altura das folhas; Dap = Diâmetro do tronco; Dc = Diâmetro da copa; D = Distância do centro do tronco ao centro da copa; e Ac = Área da copa calculada a partir dos dois diâmetro perpendiculares e considerada na forma de uma elipse.

#### 5.4.2 Análise alométrica

Para análise alométricas das populações estudadas, foi utilizado o modelo proposto por Huxley (1924), que avaliou um número grande de correlações entre forma e tamanho de organismos. A tendência pode ser estimada pelo seguinte modelo de regressão:

$$y_{ij} = \beta x_{ij}^{\alpha} + \xi_{ij}$$

Em que:  $y_{ij}$  = valor observado na  $j$ -ésima árvore do  $i$ -ésima espécie;  $x_{ij}$  = valor da variável independente;  $\beta$  = constante alométrica;  $\alpha$  = expoente de escala alométrica;  $i = 1, 2, \dots, g$ ; e  $j = 1, 2, \dots, n_i$ ;  $\xi_{ij}$  = erro aleatório.

Entretanto, apesar dos inúmeros trabalhos nos quais se adaptaram essa fórmula para um modelo log-linear (Niklas, 2004), no presente estudo utilizou-se a fórmula original com o emprego de modelos de regressões não lineares.

Uma importante diferença do modelo de regressão não linear é que o número de parâmetros regressores  $p$  não é, necessariamente, diretamente relacionado ao número de variáveis explicativas no modelo (Kutner et al., 2005). A principal característica desse modelo é que ele decorre de um processo determinístico deduzido a partir de suposições teóricas (equações diferenciais e métodos iterativos), sendo os parâmetros resultantes interpretáveis e a parte aleatória definida como erros homogêneos. Assim, aproximá-los para os modelos normais lineares, mesmo que sejam alcançados ajustes satisfatórios, prejudica a obtenção de estimativas mais realistas dos parâmetros e dificulta a interpretação dos parâmetros (Sousa, 1998).

Para o ajuste dos modelos não lineares, foi utilizado o método dos mínimos quadrados e o algoritmo de iteração de Gauss-Newton, sendo os parâmetros iniciais escolhidos em função de pré-ajustes anteriores com modelos log-linear.

Para avaliação do desenho mecânico das espécies, foram realizadas regressões entre os parâmetros biométricos altura total (At) em função do diâmetro do tronco (Dap) e, a partir do intervalo de confiança das estimativas dos parâmetros, analisou-se em que tipo de desenho mecânico a espécie se enquadra.

Para caracterização dos padrões alométricos (Niklas, 1994a), foram estabelecidas regressões entre o diâmetro da copa, como variável dependente, em que o Dap foi utilizado como variável independente em um modelo e a altura total em outro modelo. A profundidade da copa das espécies foi analisada em função da altura total dos indivíduos.

A comparação entre as espécies foi realizada a partir de interpretação biológica das estimativas dos parâmetros das equações e das curvas ajustadas. As estimativas dos parâmetros foram comparadas por meio do teste da razão de Verossimilhança (Sousa, 1998), com aproximação dada pela estatística F, uma vez que a taxa de erro tipo I (rejeitar a hipótese nula quando ela é verdadeira) é menor, independentemente do número de observações (amostras).

A acurácia dos modelos não lineares foi analisada por meio do critério de informação de *Akaike* (AIC) e o critério de informação *Bayesiano* (BIC), conforme as equações ilustradas abaixo:

$$AIC = -2 \ln L_{\max} + 2k \quad BIC = -2 \ln L_{\max} + k \ln N$$

Em que:  $\ln$  = Logaritmo neperiano;  $L_{\max}$  = Máxima verossimilhança;  $k$  = Número de parâmetros do modelo; e  $N$  = número de unidades amostrais.

Para analisar se o número de competidores influencia a ordem de ramificação das espécies, foram realizadas regressões lineares generalizadas (GLM). Como os dados de competidores e de ramificação são dados de

contagem, a regressão foi generalizada com a distribuição de Poisson (Crawley, 2007).

A interpretação dos critérios parte do princípio de que quanto menores os valores de AIC e BIC, mais eficaz é o modelo (Akaike, 1977), assim como o erro-padrão residual.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1 Caracterização da posição sociológica

Em função do porte das espécies da idade adulta e de sua posição nos diferentes estratos da vegetação, foi definida a posição sociológica das espécies.

*Alchornea triplinervia* e *Sorocea guilleminiana* foram caracterizadas como de dossel na vegetação estudada, pois apresentaram maior número de indivíduos no dossel da vegetação, além de alguns emergentes .

*Clethra scabra* foi caracterizada como uma espécie de subdossel, pois apesar de apresentar maior número de indivíduos no dossel, é uma planta de menor porte do que *Alchornea triplinervia*, e distribui-se principalmente em locais da vegetação onde a floresta apresenta menor porte (Nanofloresta).

*Miconia sellowiana* e *Myrsine coriaceae* apresentam elevado número de indivíduos caracterizados como de dossel; entretanto, essas espécies são de pequeno porte (Tabela 2) e ocorreram em vegetação de borda e em nanoflorestas com dossel sem estratificação vertical, e assim foram caracterizadas como posição sociológica indefinida.

*Rudgea jasminoides* apresentou grande número de indivíduos no sub-dossel e sub-bosque da floresta, mas a partir do conhecimento ecológico dessa espécie e em comparação com outras espécies da vegetação, ela foi caracterizada como espécie de sub-bosque na Floresta de altitude estudada.

TABELA 2 Limites mínimo e máximo dos dados biométricos mensurados e média com desvio-padrão da altitude de ocorrência para as seis espécies arbóreas da Mata do Cristo, Poços de Caldas (MG).

Espécie	Altura (m)	Diâmetro (cm)	Ramos (n°)	Altura da copa (m)	Proporção da copa (m)	Diâmetro da copa (m)	N°C	Altitude	n
<i>Alchornea triplinervia</i>	6-21	5.9-24.8	6-23	0.5-9.5	0,5-9,5	1.4-9.6	3-14	1452±48	26
<i>Clethra scabra</i>	2-19	5.3-30.1	7-17	0.5-3.5	0,5-3,5	0.7-9	4-14	1544±51	28
<i>Miconia sellowiana</i>	2.5-10	5.3-25.9	8-19	0.3-3.9	0,3-3,9	1.2-4.4	0-15	1558±40	30
<i>Myrsine coriacea</i>	3.5-13	5.3-16.1	9-26	0.5-4.5	0,5-4,5	1.6-4	1-10	1560±55	34
<i>Rudgea jasminoides</i>	3.2-17	5.1-19.4	6-26	1.5-11.5	1,5-11,5	2-6.5	4-16	1401±42	32
<i>Sorocea guillemiana</i>	4.5-18	5.3-23.2	6-19	1.2-9.3	1,2-9,3	2-5.8	4-13	1407±50	31

Em que: N°C=Número de competidores sobre a área de copa das plantas mensuradas; n = número de indivíduos amostrados para cada espécie.

## 6.2 Análise morfométrica das espécies

A Tabela 3 apresenta os resultados da análise de variância (ANOVA), seguida de teste de Tukey (Q), para a avaliação das diferenças nos parâmetros morfométricos entre as espécies do fragmento. Tanto as variáveis morfométricas (GE, IS, FC, IA, PC) quanto as arquiteturas (Gd, Dcp, H1°R, H2°R) apresentaram diferenças significativas, o que evidencia a heterogeneidade nos padrões de forma das espécies no fragmento.

O grau de esbeltez ( $GE = At/Dap$ ) foi diferenciado em dois grupos de acordo com o teste de Tukey (Q). As espécies *Alchornea triplinervia*, *Rudgea jasminoides* e *Sorocea guilleminiana* apresentaram o mais elevado grau de esbeltez; conseqüentemente, suas populações tendem a ser mais susceptíveis à quebra. As populações das espécies *Clethra scabra*, *Myrsine coriacea* e *Miconia sellowiana* apresentaram menores graus de esbeltez, e como são plantas com ocorrência predominante na bordas de floresta e em fisionomias de maior altitude, torna-se coerente que elas invistam mais em diâmetro de tronco do que no crescimento em altura.

O índice de saliência ( $IS = Dc/Dap$ ) diferenciou-se em dois grupos, o primeiro com as espécies *Alchornea triplinervia*, *Myrsine coriacea*, *Rudgea jasminoides* e *Sorocea guilleminiana* e o segundo com as espécies *Clethra scabra* e *Miconia sellowiana*. As quatro primeiras espécies investem mais em diâmetro de copa, em proporção ao diâmetro do tronco, pois possuem menor necessidade de sustentação da copa, já que apresentam maior nível de competição e proteção devido à presença de mais indivíduos na circunvizinhança, que servem de proteção.

TABELA 3 Parâmetros morfométricos calculados para as seis espécies arbóreas da Mata do Cristo, Poços de Caldas (MG).

Espécies	<i>Alchornea triplinervia</i>		<i>Clethra scabra</i>		<i>Myrsine coriacea</i>		<i>Miconia sellowiana</i>		<i>Rudgea jasminoides</i>		<i>Sorocea guilleminiana</i>		Anova	
	<i>X</i>	<i>q</i>	<i>X</i>	<i>q</i>	<i>X</i>	<i>q</i>	<i>X</i>	<i>q</i>	<i>X</i>	<i>q</i>	<i>X</i>	<i>q</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
<b>GE</b>	110,97 - 37,38	a	53,43 - 24,13	b	67,07 - 24,74	b	57,55 - 26,31	b	106,61 - 34,53	a	99,32 - 26,34	a	19,75	***
<b>IS</b>	35,52 - 11,57	a	26,17 - 7,65	b	32,29 - 5,33	a	25,12 - 8,47	b	38,75 - 10,71	a	39,66 - 10,56	a	11,81	***
<b>FC</b>	1,53 - 0,86	ab	2,12 - 1,04	b	1,71 - 0,93	ab	2,34 - 2,07	b	0,93 - 0,45	a	1,23 - 0,56	a	6,21	***
<b>IA</b>	0,34 - 0,10	a	0,54 - 0,17	c	0,52 - 0,15	c	0,47 - 0,15	bc	0,39 - 0,12	ab	0,42 - 0,13	ab	8,86	***
<b>PC</b>	27,93 - 13,31	a	32,38 - 18,60	ab	39,36 - 20,08	ab	32,43 - 20,16	a	47,72 - 16,13	b	39,32 - 16,81	ab	4,40	***
<b>GD</b>	8,14 - 5,30	ab	13,61 - 10,15	c	8,44 - 5,33	ab	12,67 - 6,40	bc	7,38 - 6,60	a	7,17 - 4,62	a	5,29	***
<b>DCP</b>	0,45 - 0,34	ab	0,49 - 0,36	ab	0,30 - 0,18	a	0,51 - 0,28	b	0,33 - 0,25	ab	0,32 - 0,20	ab	3,48	**
<b>H1°R</b>	7,57 - 3,36	c	3,23 - 2,70	ab	2,17 - 1,87	a	2,21 - 2,71	a	3,75 - 2,37	ab	4,19 - 1,92	b	17,18	***
<b>H2°R</b>	9,38 - 3,45	c	4,00 - 2,85	ab	2,91 - 1,89	a	2,95 - 1,24	a	5,61 - 2,49	b	5,57 - 2,11	b	24,00	***

Os valores são médias  $\pm$  desvios-padrão das n amostras de cada espécie. As médias são comparadas por ANOVA com teste de Tukey (q) em teste F significativo. \* P < 0,05; \*\* P < 0,01; \*\*\* P < 0,001; ns = não significativo.

O formal da copa ( $FC = Dc/(At-Af)$ ) apresentou média superior nas espécies *Clethra scabra* e *Miconia sellowiana*, do que em *Rudgea jasminoides* e *Sorocea guilleminiana*; *Myrsine coriacea* e *Alchornea triplinervia* não se diferenciaram das outras. As copas mais achatadas estão relacionadas ao maior investimento em luz lateral do que vertical, pois a estratificação vertical é maior nas espécies com menor formal de copa.

Quanto aos parâmetros relacionados à assimetria das plantas (Gd e Dcp), quando a assimetria foi relacionada à altura da planta (Figura 1), *Clethra scabra* destacou-se, entretanto, a assimetria foi relacionada com a área da copa (Figura 2), *Miconia sellowiana* obteve maior valor. Em síntese, a assimetria dessas espécies não foi diferenciada.

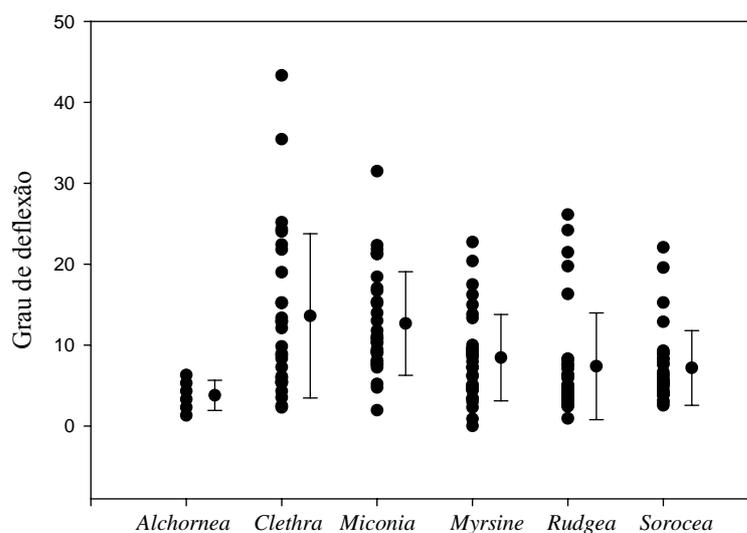


FIGURA 1 Diagrama com distribuição dos dados, com os valores médios e desvio-padrão do grau de deflexão da altura das seis espécies estudadas na Mata do Cristo, Poços de Caldas (MG).

Em relação às alturas da primeira e da segunda ramificação, os maiores valores foram para *Alchornea triplinervia*. As alturas das ramificações refletem uma correspondência ao primeiro período, com maior possibilidade de desenvolvimento do indivíduo, momento em que a planta utiliza mais recursos e investe em cobertura de copa. Na população de *Alchornea triplinervia*, as plantas investem em altura para obter luz, em uma fração do estrado vertical e, posteriormente, ramificar-se para estabelecer sua copa no dossel, por isso, suas ramificações são mais altas e tardias, de modo a contribuir para uma eficaz utilização futura da luz pela copa (Sterck & Bongers, 2001; Alves & Santos, 2002). A menor incidência de luz em decorrência da densidade da vegetação arbórea na Floresta aumenta a competição, favorecendo os galhos mais altos em detrimento dos baixos.

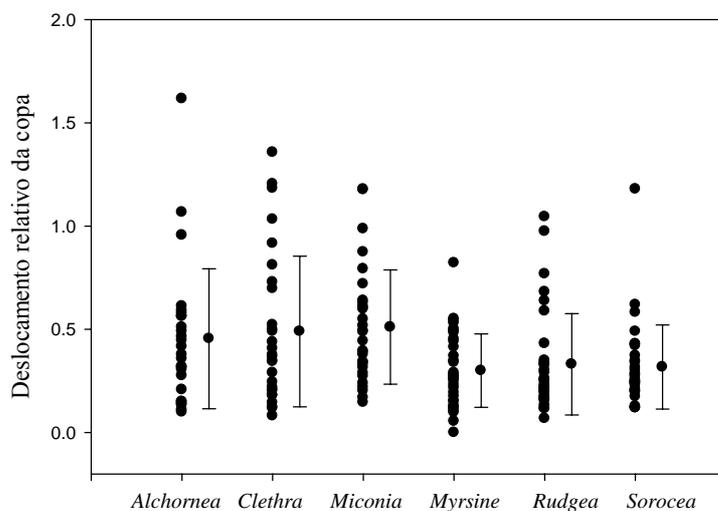


FIGURA 2 Diagrama com distribuição dos dados, com os valores médios e desvio-padrão do deslocamento relativo da copa das seis espécies estudadas na Mata do Cristo, Poços de Caldas (MG).

### 6.3 Análise alométrica das espécies

Todas as regressões não lineares entre diâmetro do tronco e altura total foram significativas (Figura 3). Entretanto, a variação da altura total é explicada com mais precisão pelo diâmetro do tronco em *Miconia sellowiana* do que nas outras espécies (Tabela 4). De acordo com os valores dos coeficientes alométricos ( $\beta_1$ ), as espécies *Alchornea triplinervia* e *Miconia sellowiana* enquadram-se no desenho mecânico de Stress constante ( $\beta_1=0,5$ ), enquanto *Myrsine coriacea*, *Rudgea jasminoides* e *Sorocea guilleminiana* enquadram-se no desenho mecânico elástico ( $\beta_1=0,67$ ), e *Clethra scabra*, em um desenho mecânico geométrico (1).

As relações alométricas entre Dap-At diferem significativamente entre as espécies em estudo, mas estão dentro da faixa relatada por outros estudos, em ambientes de floresta (King, 1990b; Thomas, 1996; Alves & Santos, 2002). As análises denotam que algumas espécies seguem os padrões de desenho mecânico de similaridade elástica (3 espécies) e de similaridade de estresse constante (2 espécies), com proporções maiores do que a observada para o desenho de similaridade geométrica (1 espécie). Dessa forma, nenhum dos modelos podem descrever os padrões alométricos observados para um desenho mecânico ideal (Niklas, 1994a; Niklas & Spatz, 2004).

Pelos dados obtidos, infere-se que a similaridade geométrica é a melhor aproximação para o padrão de crescimento observado para as árvores menores ( $\beta_1 = 1$ ) e de similaridade de estresse constante e elástica para as plantas maiores ( $\beta_1 = 0,5$ ;  $\beta_1 = 0,67$ ). Assim, as mudanças no tamanho parecem influenciar das relações de escala entre Dap-At, nas árvores da floresta tropical.

TABELA 4 Estimativas de ajuste dos modelos de regressão entre: diâmetro do tronco (Dap) e altura total (At); diâmetro do tronco (Dap) e diâmetro da copa (Dc).

Y	$\beta_0$	F	$\beta_1$	F	Intervalos de confiança (95%)		AIC	BIC
					Mínimo	Máximo		
<b>At (m) vs. Dap (cm)</b>								
<i>Alchornea triplinervia</i>	3,80 <sup>a</sup>	***	0,49 <sup>a</sup>	***	0,40	0,59	135,13	138,90
<i>Clethra scabra</i>	0,66 <sup>b</sup>	*	0,92 <sup>b</sup>	***	0,75	1,10	128,02	132,02
<i>Miconia sellowiana</i>	2,60 <sup>c</sup>	***	0,31 <sup>c</sup>	**	0,26	0,37	108,32	112,52
<i>Myrsine coriacea</i>	1,52 <sup>d</sup>	*	0,63 <sup>a</sup>	**	0,52	0,73	142,31	146,89
<i>Rudgea jasminoides</i>	2,54 <sup>c</sup>	**	0,63 <sup>a</sup>	***	0,52	0,74	167,42	171,82
<i>Sorocea guilleminiana</i>	2,08 <sup>cd</sup>	***	0,67 <sup>ab</sup>	***	0,55	0,79	141,25	145,55
<b>Dc (m) vs. Dap (cm)</b>								
<i>Alchornea triplinervia</i>	0,63 <sup>a</sup>	**	0,76 <sup>ab</sup>	***	0,61	0,90	84,94	88,72
<i>Clethra scabra</i>	0,30 <sup>b</sup>	***	0,97 <sup>a</sup>	***	0,79	1,16	56,13	60,13
<i>Miconia sellowiana</i>	0,69 <sup>a</sup>	***	0,57 <sup>bc</sup>	***	0,47	0,67	57,58	61,79
<i>Myrsine coriacea</i>	0,77 <sup>a</sup>	***	0,61 <sup>bc</sup>	***	0,50	0,71	27,15	31,72
<i>Rudgea jasminoides</i>	1,30 <sup>c</sup>	**	0,48 <sup>c</sup>	***	0,40	0,57	94,62	99,02
<i>Sorocea guilleminiana</i>	1,26 <sup>c</sup>	***	0,47 <sup>c</sup>	***	0,38	0,55	81,45	85,75

Onde:  $\beta_0$  e  $\beta_1$  são as estimativas dos parâmetros das equações; Valores seguidos por letras distintas em uma mesma coluna são diferentes estatisticamente pelo teste da razão de verossimilhança associado a uma estatística F. AIC = Critério de informação de Akaike; BIC = Critério de informação bayesiana. Sendo: ns - não significativo; ' -  $P < 0,1$ ; \* -  $P < 0,05$ ; \*\* -  $P < 0,01$ ; \*\*\* =  $P < 0,001$ .

Alguns autores demonstraram resultados semelhantes de escala próxima ao modelo de similaridade elástica para as árvores emergentes (O'Brien et al., 1995), enquanto outros têm detectado relacionamento de similaridade geométrica para as espécies de sub-bosque (King, 1990b, 1996; Kohyama & Hotta, 1990; Sposito & Santos, 2001a), como também foi detectada para os mesmos grupos de espécies neste estudo. Mas, deve-se observar que os padrões de alocação e crescimento, bem como as mudanças físicas que ocorrem durante o desenvolvimento da árvore (por exemplo, mudanças em recursos de luz e densidade de plantas vizinhas) alteram o coeficiente alométrico, e raramente são considerados na explicação do desenho mecânico das árvores.

Na realidade, Niklas & Spatz (2004) mostraram que a regra de similaridade elástica é violada por árvores pequenas e médias e sugeriram que um dimensionamento baseado no crescimento e nas propriedades hidráulicas das árvores pode fornecer dados biologicamente mais precisos e realistas para modelos de estabilidade mecânica. As causas relacionadas à escala ainda não estão esclarecidas, apesar das muitas hipóteses propostas. Entre essas, incluem-se a resistência à deformação elástica, transferência de massa e a influência do comportamento fractal de ramificações das partes internas das plantas. Todas essas hipóteses ressaltam que a escala é uma resposta à necessidade de distribuir fluidos de forma eficiente (McMahon, 1973; West et al., 1997; Niklas & Spatz, 2004).

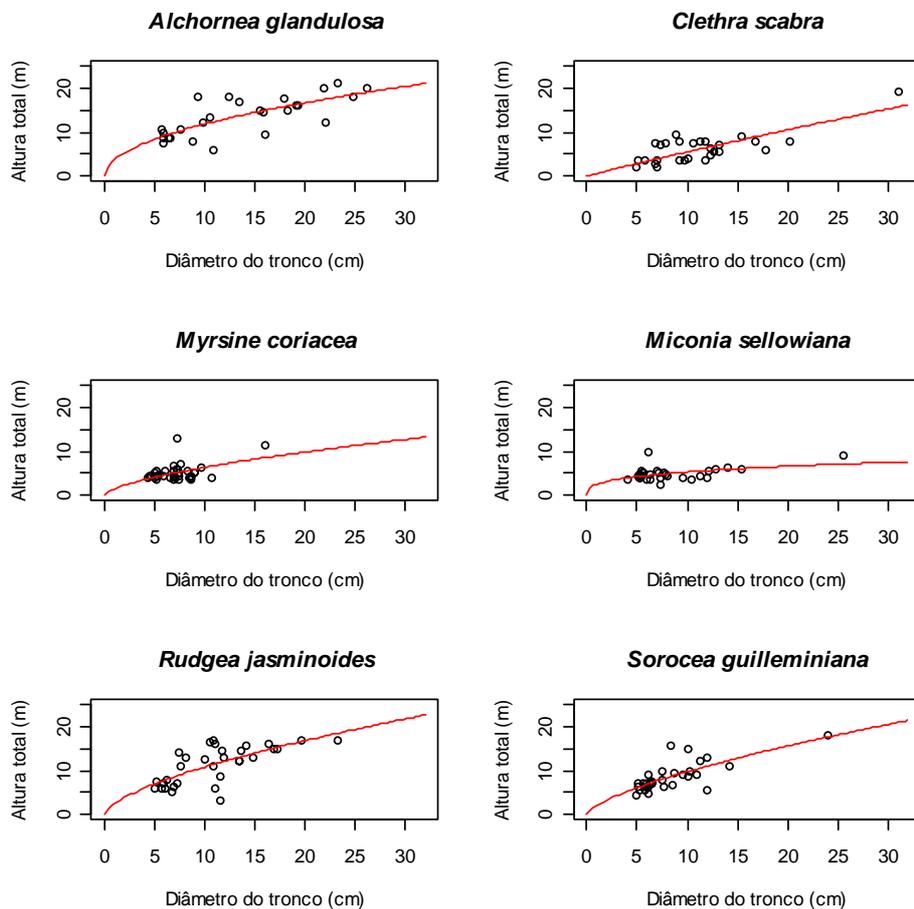


FIGURA 3 Curvas obtidas da relação entre o diâmetro do tronco e a altura total e valores observados para as seis espécies estudadas na Mata do Cristo, Poços de Caldas, MG.

A relação entre o diâmetro do tronco ( $D_{ap}$ ) e o da copa ( $D_c$ ) foi positiva em todas as espécies ( $P < 0,05$ ). As espécies com maior precisão na explicação do diâmetro da copa em função do diâmetro do tronco foram *Myrsine coriacea* (AIC = 27,15; BIC = 31,72), seguida por *Clethra scabra* (AIC = 56,13; BIC = 60,13) e *Miconia sellowiana* (AIC = 57,58; BIC = 61,79). Pelos coeficientes

exponenciais ( $\beta_2$ ) das regressões, infere-se que as espécies *Clethra scabra* ( $\beta_2=0,97$ ) e *Alchornea triplinervia* ( $\beta_2=0,76$ ) apresentaram maior investimento em expansão lateral da copa, de acordo com o crescimento do tronco, do que *Rudgea jasminoides* ( $\beta_2=0,48$ ). A *Alchornea triplinervia* possui investimento indiferente ao das espécies *Miconia sellowiana* ( $\beta_2=0,57$ ) e *Myrsine coriacea* ( $\beta_2=0,61$ ); essas duas não se distinguem de *Rudgea jasminoides*.

Em geral, é interessante observar, que os traços arquitetônicos da copa em relação ao diâmetro do tronco (Figura 4), que as plantas de sub-bosque (*Rudgea jasminoides* e *Sorocea guimeliniana*) apresentaram menor investimento em diâmetro de copa do que *Clethra scabra*, e não se distinguiram das outras. Uma provável implicação da competição dos indivíduos circunvizinhos nessas espécies é maior, enquanto a *Clethra scabra* investe no crescimento horizontal da copa para aproveitar mais luz, já que ocorre em fisionomia com dossel irregular e em altitudes maiores, e compete menos com os vizinhos para obter luz no dossel.

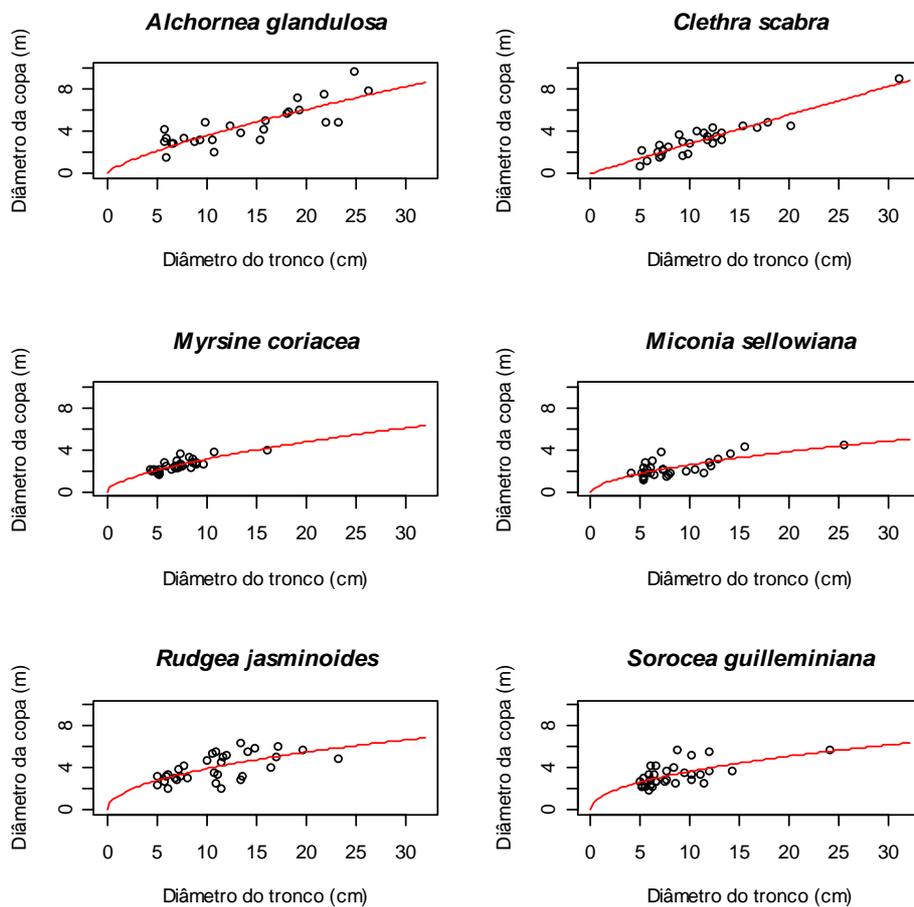


FIGURA 4 Curvas obtidas da relação entre os diâmetros do tronco e da copa e valores observados para as seis espécies estudadas na Mata do Cristo, Poços de Caldas, MG.

A relação entre a altura total (At) e o diâmetro da copa (Dc) foi positiva em todas as espécies (Tabela 5). As espécies com maior precisão na explicação do diâmetro da copa em função da altura total foram *Myrsine coriacea* (AIC = 52,61; BIC = 57,19), seguida por *Miconia sellowiana* (AIC = 69,29; BIC = 73,49). Os coeficientes de exponencial das regressões ( $\beta_1$ ) obtiveram diferenças significativas entre a *Myrsine coriacea* ( $\beta_1 = 0,36$ ), em um primeiro grupo, e *Rudgea jasminoides* ( $\beta_1 = 0,52$ ) e *Sorocea guilleminiana* ( $\beta_1 = 0,55$ ), no segundo grupo, e de *Alchornea triplinervia* ( $\beta_1 = 0,87$ ), *Clethra scabra* ( $\beta_1 = 0,85$ ) e *Miconia sellowiana* ( $\beta_1 = 0,67$ ), em um terceiro grupo.

Na maioria dos casos, os traços arquitetônicos podem se alterar significativamente com a altura das plantas, tanto dentro como entre as espécies para lidar com a crescente disponibilidade de luz e carga de maior respiração, com a elevação das árvores nos estratos verticais. As árvores tendem a aumentar a largura da copa com o crescimento em altura. Essa hipótese é confirmada pelos trabalhos em florestas tropicais ao redor do globo (King, 1996; Sterck & Bongers, 1998; Sterck et al., 2001).

TABELA 5 Estimativas de ajuste dos modelos de regressão entre: altura total (At) e diâmetro da copa (Dc); altura total (At) e profundidade da copa (Pc).

Y	$\beta_0$	F	$\beta_1$	F	Intervalos de confiança (95%)		AIC	BIC
					Mínimo	Máximo		
<b>Dc (m) vs. At (m)</b>								
<i>Alchornea triplinervia</i>	0.48	ns	0.87 <sup>c</sup>	***	0,70	1.04	97.56	101.34
<i>Clethra scabra</i>	0.67 <sup>a</sup>	***	0.85 <sup>c</sup>	***	0,69	1.02	72.68	76.68
<i>Miconia sellowiana</i>	0.79 <sup>a</sup>	**	0.67 <sup>c</sup>	**	0,55	0.79	69.29	73.49
<i>Myrsine coriacea</i>	1.42 <sup>b</sup>	***	0.36 <sup>a</sup>	***	0,30	0.42	52.61	57.19
<i>Rudgea jasminoides</i>	1.18 <sup>b</sup>	**	0.52 <sup>b</sup>	***	0,42	0.61	91.62	96.01
<i>Sorocea guilleminiana</i>	1.04 <sup>ab</sup>	***	0.55 <sup>b</sup>	***	0,45	0.65	80.17	84.48
<b>PC (m) vs. At (m)</b>								
<i>Alchornea triplinervia</i>	0,43 <sup>a</sup>	.	0,84 <sup>b</sup>	*	0,67	1.00	109,46	113,24
<i>Clethra scabra</i>	1,04 <sup>b</sup>	**	0,28 <sup>a</sup>	.	0,23	0.34	64,92	68,92
<i>Miconia sellowiana</i>	0,35 <sup>a</sup>	.	0,94 <sup>b</sup>	**	0,76	1,11	83,45	97,65
<i>Myrsine coriacea</i>	1,02 <sup>b</sup>	*	0,41 <sup>a</sup>	.	0,34	0,47	102,71	107,29
<i>Rudgea jasminoides</i>	0,38 <sup>a</sup>	.	1,09 <sup>b</sup>	***	0,90	1,29	137,64	142,04
<i>Sorocea guilleminiana</i>	0,43 <sup>a</sup>	.	0,97 <sup>b</sup>	***	0,79	1,14	126,52	130,52

Em que:  $\beta_0$  e  $\beta_1$  são as estimativas dos parâmetros das equações; Valores seguidos por letras distintas em uma mesma coluna são diferentes estatisticamente pelo teste da razão de verossimilhança associado a uma estatística F. AIC = Critério de informação de Akaike; BIC = Critério de informação bayesiana. Sendo que: ns - não significativo; . -  $P < 0,1$ ; \* -  $P < 0,05$ ; \*\* -  $P < 0,01$ ; \*\*\* =  $P < 0,001$ .

Entre as espécies, o diâmetro da copa variou significativamente com a altura (Figura 5), o que denota um forte indício no que diz respeito à competição intraespecífica, em que a busca horizontal para a luz é vantajosa. Esse resultado mostra que as árvores de *Alchornea*, *Clethra* e *Miconia* maximizam a interceptação de luz por um crescimento horizontal da copa extensivo à custa do crescimento em altura, enquanto *Rudgea*, *Sorocea* e *Myrsine* investem menos no crescimento horizontal da copa.

Alguns autores (Horn, 1971; Kohyama & Hotta, 1990; King, 1991) argumentam que a expansão lateral da copa alta deve ser mais acentuada em espécies de sub-bosque do que em outras posições sociológicas, mas outros pesquisadores (O'brien et al., 1995; Sterck & Bongers, 1998; Poorter et al., 2003, 2006) verificaram essa distinção característica entre os três estágios de altura para uma mesma espécie. Para comparações interespecíficas e intraespecíficas de estatura de plantas adultas, a hipótese de maior expansão lateral da copa de árvores do sub-bosque pode ser mantida, mas a estratégia muda quando relacionada à profundidade da copa. Também é interessante ressaltar que muitas espécies de sub-bosque adaptam-se à luz baixa, investindo mais em profundidade do que em largura da copa. O que levanta a questão: o que acontece com o auto-sombreamento em condições de pouca luz?

Talvez a maior taxa da irradiação nos estratos inferiores do local estudado, como nas nanoflorestas e nas bordas florestais, vem lateralmente e não apenas de cima para baixo e, portanto, a estratégia muda para investimento em profundidade de copa, em vez de diâmetro da copa (Sterck et al., 2001).

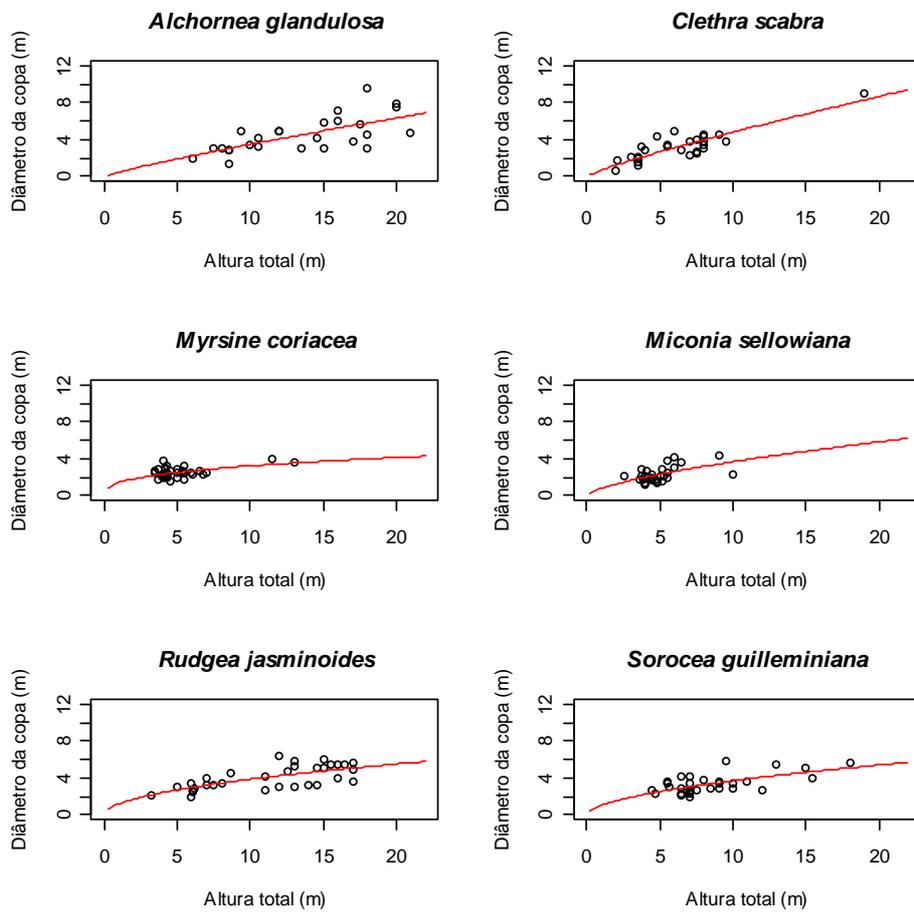


FIGURA 5 Curvas obtidas da relação entre a altura total e o diâmetro da copa e valores observados para as seis espécies estudadas na Mata do Cristo, Poços de Caldas, MG.

De acordo com Givnish (1988), plantas com eixos ortotrópicos e filotaxia espiralada apresentam vantagens em ambientes ensolarados, pelo fato de troncos eretos suportarem maior massa foliar por ramo; o maior auto-sombreamento da copa teria um efeito pequeno na assimilação de carbono em níveis próximos ao ponto de saturação fotossintética; e esse alto sombreamento diminuir a carga calorífica e o esforço de transpiração em ambientes de maior radiação. Plantas com eixos plagiotrópicos e filotaxia dística favorecem ambientes umbrófilos, apesar de sua ineficiência mecânica, pois os baixos níveis de auto-sombreamento teriam efeito sobre assimilação de carbono em níveis de irradiância perto do ponto de compensação fotossintética; e a exposição direta à luz em ambientes de baixa radiação teria custos adicionais com transpiração quase nulos. Como órgãos de crescimento, plantas com troncos ortotrópicos são favorecidas ao sol, pois a assimilação de carbono seria reforçada pelo crescimento vertical e ocupação do dossel da floresta, enquanto plantas com troncos plagiotrópicos são mais adaptadas à sombra, cuja captação total de luz seria reforçada pelo crescimento horizontal da copa.

Para a profundidade da copa, as espécies que mais investiram na expansão vertical com o aumento da altura foram *Alchornea triplinervia*, *Miconia sellowiana*, *Sorocea guilleminiana* e *Rudgea jasminoides* (Figura 6). Enquanto *Clethra scabra* e *Myrsine coriacea* pouco expandiram verticalmente a copa, Poorter et al. (2003, 2006) afirmaram que a profundidade da copa não implica necessariamente um elevado número de camadas de folhas e que a geometria e distribuição (forma, tamanho e orientação) da folhagem pode desempenhar um papel crucial na interceptação de luz. Além disso, as espécies de menor porte possuem folhas que podem operar em um ponto de compensação de luz mais baixo do que as folhas das partes altas do dossel (Olusegun et al., 2007), e o menor auto-sombreamento pode não ser tão importante.

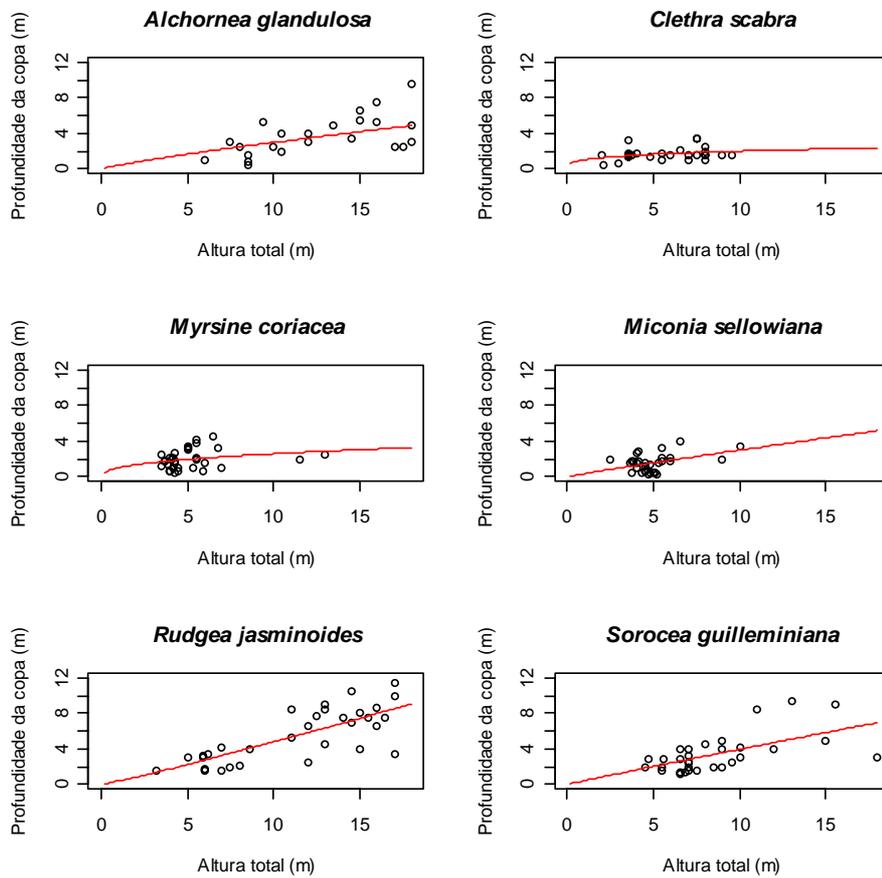


FIGURA 6 Curvas obtidas da relação entre a altura total e a profundidade da copa e valores observados para as seis espécies estudadas na Mata do Cristo, Poços de Caldas, MG.

Em relação à influência do número de competidores nos padrões de ramificação das espécies, *Myrsine coriacea* e *Rudgea jasminoides* não apresentaram uma regressão significativa (Tabela 6), ou seja, o número de competidores não influencia os padrões de ramificação dessas espécies. *Alchornea triplinervia* apresentou um coeficiente alométrico negativo, enquanto *Clethra scabra* e *Miconia sellowiana* não se distinguiram e formaram uma mesma equação de regressão, e *Sorocea guilleminiana* obteve um coeficiente alométrico mais elevado.

TABELA 6 Estimativas de ajuste dos modelos de regressão entre Número de competidores (NC) e ordem de ramificação (Ram).

Y	$\beta_0$	F	$\beta_1$	F	Intervalos de confiança (95%)		AIC	EPR
					Mínimo	Máximo		
<b>Ram (n°) vs. NC (n°)</b>								
<i>Alchornea triplinervia</i>	16,48 <sup>b</sup>	***	-0,71 <sup>a</sup>	*	-0,57	-0,84	148,25	73,88
<i>Clethra scabra</i>	9,00 <sup>a</sup>	***	0,36 <sup>b</sup>	,	0,29	0,43	138,30	36,24
<i>Miconia sellowiana</i>	9,61 <sup>a</sup>	***	0,24 <sup>b</sup>	,	0,19	0,28	142,32	31,22
<i>Myrsine coriacea</i>	16,48 <sup>b</sup>	***	-0,31	ns	-0,25	-0,36	201,08	109,22
<i>Rudgea jasminoides</i>	17,64 <sup>b</sup>	***	-0,34	ns	-0,28	-0,40	188,84	103,66
<i>Sorocea guilleminiana</i>	7,63 <sup>a</sup>	***	0,63 <sup>c</sup>	*	0,52	0,74	162,89	53,17

Em que:  $\beta_0$  e  $\beta_1$  são as estimativas dos parâmetros das equações; Valores seguidos por letras distintas em uma mesma coluna são diferentes estatisticamente pelo teste da razão de verossimilhança associado a uma estatística F. AIC = Critério de informação de Akaike; EPR = Erro padrão residual. Sendo que: ns - não significativo; - P < 0,1; \* - P < 0,05; \*\* - P < 0,01; \*\*\* = P < 0,001.

A relação alométrica negativa para *Alchornea triplinervia* significa que, para essa espécie, um número maior de competidores inibe as suas ramificações laterais. Desta forma, trata-se de uma espécie que investe principalmente no crescimento vertical, para alcançar o dossel e vencer a competição pela luz no topo da vegetação. Enquanto *Miconia sellowiana* (sub-bosque) e *Clethra scabra*

(subdossel) elevam as suas ramificações com o aumento do número de competidores (Figura 7), pois participam da competição por luz nos estratos inferior e médio da vegetação.

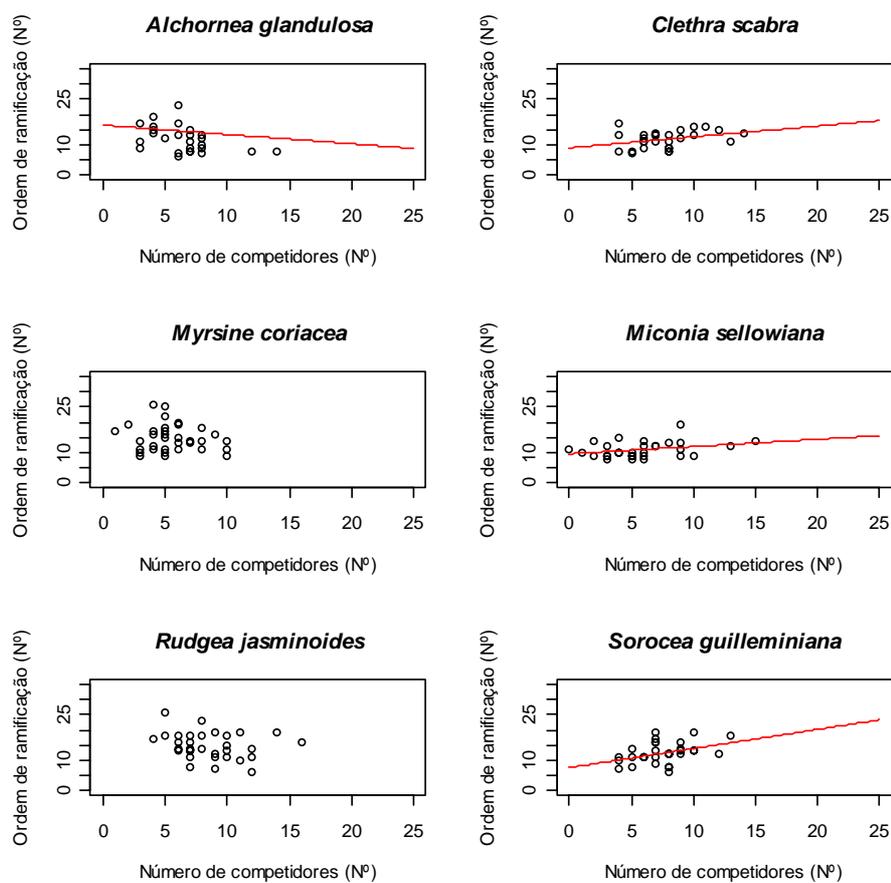


FIGURA 7 Curvas obtidas da relação entre o número de competidores e a ordem de ramificação das plantas, com valores observados para as seis espécies estudadas na Mata do Cristo, Poços de Caldas, MG.

*Sorocea guilleminiana* foi a espécie que apresentou maior influência da competição de circunvizinhança nos seus padrões de ramificação, pois é uma espécie de dossel que investe em crescimento vertical da copa, para alcançar luz em vários estratos do dossel, e aumenta suas ramificações, pois apresenta competidores em sua copa em diversos níveis do dossel da vegetação. As nuances entre os processos de ramificação (Tomlinson, 1987) das espécies, frente à presença de árvores competidoras na circunvizinhança da copa, originaram-se de diferenças nas características arquiteturais das plantas e de suas respostas em relação a pressões bióticas e abióticas do local.

## 7 CONCLUSÕES

As espécies que ocupam as mesmas posições no dossel da vegetação apresentam diferentes estratégias de alocação de recursos em copa e estabilização mecânica. Dessa forma, pode-se concluir:

- As espécies de altitudes mais elevadas (*Myrsine coriacea*, *Clethra scabra* e *Miconia sellowiana*) apresentaram padrões morfométricos diferentes das espécies de encosta (*Alchornea triplinervia*, *Rudgea jasminoides* e *Sorocea guilleminiana*), no que diz respeito à menor esbeltez de seus caules, concluindo-se que se adaptam em ambientes de altitude mediante a obtenção de menor altura em proporção ao diâmetro do tronco;
- Dentro da nanofloresta, *Clethra scabra* apresentou como estratégia de estabilização mecânica copas largas e assimétricas, em consonância com um desenho mecânico geométrico. *Miconia sellowiana* apresentou copas largas e assimétricas; entretanto, o seu desenho mecânico foi o de estresse constante, ao passo que *Myrsine coriacea* obteve um desenho mecânico elástico. As espécies da Nanofloresta apresentaram distintas estratégias para estabilizar-se nos cumes dos morros na Mata do Cristo. *Miconia sellowiana* é a espécie com maior esforço em se estabelecer mecanicamente na nanofloresta a partir do maior crescimento diamétrico, como estratégia para sustentação de seu fuste, sendo seguida, respectivamente, por *Myrsine coriacea* e *Clethra scabra*.
- A espécie *Clethra scabra* investiu em crescimento horizontal da copa para maximizar a captação de luz nas partes baixas da vegetação. A espécie de sub-bosque (*Rudgea*) investiu em expansão vertical como estratégia de utilizar luz em vários estratos verticais, assim como *Sorocea guilleminiana*, enquanto *Miconia sellowiana* e *Alchornea*

*triplinervia* investiram em expansão vertical e horizontal da copa, sem que uma expansão limite a outra;

- Neste trabalho, a hipótese de existência de padrões alométricos distintos entre espécies arbóreas de diferentes posições no dossel foi aceita. As espécies estudadas indicaram haver três grupos característicos: o grupo das “espécies verticais de dossel”, que apresentam investimento em altura, sugerindo competição pela garantia de espaço no dossel (*Alchornea triplinervia* e *Sorocea guilleminiana*) durante o processo sucessional; uma espécie (*Rudgea jasminoides*) vertical de “sub-bosque” como investimento no crescimento em profundidade de copa, sugerindo estratégias de obtenção de luz nos diferentes estratos verticais do dossel florestal; e um terceiro grupo das espécies (*Clethra scabra*, *Miconia sellowiana*, *Myrsine coriácea*) localizadas em locais sem dossel definido, com investimentos ora em crescimento horizontal da copa (*Clethra scabra*, *Miconia sellowiana*), para obtenção de luz nas partes inferiores da vegetação, ora no crescimento vertical da copa (*Miconia sellowiana*), e outra (*Myrsine coriácea*) sem um investimento pronunciado em crescimento de copa.
- Observa-se neste estudo que não há limites de possibilidades de novos e diferentes padrões entre árvores de espécies tropicais.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIBA, S. I.; KOHYAMA, T. Crown architecture and life-history traits of 14 tree species in a warm-temperate rain. **The Journal of Ecology**, London, v. 85, n. 5, p. 611-624, Oct. 1997.

AKAIKE, H. On entropy maximization principle. In: KRISHNAIAH, P. R. (Ed.). **Application of statistics**. Amsterdam: North-Holland, 1977. p. 27-41.

ALVES, L. F.; SANTOS, F. A. M. Tree allometry and crown shape of four tree species in Atlantic rain forest, SE Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 18, n. 2, p. 245-260, Mar. 2002.

BOEGER, M. R. T.; GLUZEZAK, R. M.; PIL, M. W.; GOLDENBERG, R.; MEDRI, M. Variabilidade morfológica foliar de *Miconia sellowiana* (DC.) Naudin (Melastomataceae) em diferentes fitofisionomias no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 20-21, jul./set. 2008.

CLARK, D. A.; CLARK, D. B. Getting to the canopy: tree height growth in a neotropical rain forest. **Ecology**, Ithaca, v. 82, n. 5, p. 1460-1472, May 2001.

CRAWLEY, M. J. Life history and environment. In: \_\_\_\_\_. **Plant ecology**. 2. ed. Oxford: Blackwell Science, 1997. p. 75-131.

CRAWLEY, M. J. **The R book**. Chichester: J. Wiley, 2007. 950 p.

DURLO, M. A. Relações morfométricas para *Cabralea canjerana* (Well.) Mart. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 141-149, jun. 2001.

DURLO, M. A.; DENARDI, L. Morfometria de *Cabralea canjerana*, em Mata Secundária Nativa do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 55-66, jan./mar. 1998.

DURLO, M. A.; DENARDI, L. Modelagem da copa de *Cedrela fissilis* Vellozo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 79-89, dez. 2004.

FONTES, M. A. L. Padrões alométricos em espécies arbóreas pioneiras tropicais. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 1, n. 55, p. 79-87, jun. 2000.

GAYON, J. History of the concept of allometry. **American Zoologist**, Oxford, v. 40, n. 5, p. 748-758, Oct. 2000.

- GIVNISH, T. J. **On the economy of plant form and function**. Cambridge: Cambridge University, 1986. 717 p.
- GIVNISH, T. J. Adaptation to sun and shade: a whole plant perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**, Clayton South, v. 15, p. 63-92, Dec. 1988.
- GOLDENBERG, R. Gênero *Miconia* (Melastomataceae) no Estado do Paraná, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 927-947, out./dez. 2004.
- GRACE, J. Towards models of resource allocation by plants. In: BAZZAZ, F. A.; GRACE, J. (Ed.). **Plant resource allocation**. São Diego: Academic, 1997. p. 279-289.
- GRANDE, D. A. de; LOPES, E. Plantas da restinga da Ilha do Carsoso, São Paulo, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 1-22, jan./mar. 1981.
- HARA, T.; KIMURA, M.; KIKUZAWA, K. Growth patterns of tree height and stem diameter in populations of *Abies veitchii*, *A. mariesii* and *Betula ermanii*. **Journal of Ecology**, London, v. 79, n. 4, p. 1085-1098, Dec. 1991.
- HORN, H. S. **The adaptive geometry of trees**. New Jersey: Princeton University, 1971. 144 p.
- HUXLEY, J. S. Constant differential growth-ratios and their significance. **Nature**, London, v. 114, n. 2877, p. 895-896, Dec. 1924.
- KING, D. A. Tree form, height growth, and susceptibility to wind damage in *acer saccharum*. **Ecology**, Washington, v. 67, n. 4, p. 980-990, Apr. 1986.
- KING, D. A. Allometry of saplings and understorey trees of Panamanian forest. **Functional Ecology**, London, v. 4, n. 1, p. 27-32, Jan./Mar. 1990a.
- KING, D. A. The adaptive significance of tree heigth. **The American Naturalist**, Chicago, v. 135, n. 6, p. 809-828, 1990b.
- KING, D. A. Tree size. **National Geographic Research and Exploration**, Madison, n. 7, p. 342-351, 1991.
- KING, D. A. Allometry and life history of tropical trees. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 12, n. 1, p. 25-44, June 1996.

KOHYAMA, T. Significance of allometry in tropical saplings. **Functional Ecology**, Oxford, v. 4, n. 4, p. 515-521, Oct./Dec. 1990.

KOHYAMA, T.; HOTTA, M. Significance of allometry in tropical saplings. **Functional Ecology**, Oxford, v. 4, n. 4, p. 515-521, Oct./Dec. 1990.

KUTNER, M. H.; NACHTSHEIM, C. J.; NETER, J.; LI, W. **Applied linear statistical models**. 5. ed. Boston: McGraw-Hill, 2005. 305 p.

LONGHI, S. J. A. **A estrutura de uma floresta natural de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze, no sul do Brasil**. 1980. 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

McMAHON, T. Size and shape in biology. **Science**, San Diego, v. 179, n. 4079, p. 1201-1204, Mar. 1973.

NIKLAS, K. J. **Plant biomechanics: an engineering approach to plant form and function**. Chicago: The University of Chicago, 1992. 630 p.

NIKLAS, K. J. Morphological evolution through complex domains of fitness. **Proceedings of National Academy of Sciences**, Palo Alto, v. 91, n. 15, p. 6772-6779, July 1994a.

NIKLAS, K. J. **Plant allometry: the scaling of form and process**. Chicago: The University of Chicago, 1994b. 395 p.

NIKLAS, K. J. Size-dependent allometry of tree height, diameter and trunk-taper. **Annals of Botany**, Oxford, v. 75, n. 3, p. 217-227, Mar. 1995.

NIKLAS, K. J. Computing factors of safety against wind-induced tree stem damage. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 51, n. 345, p. 797-806, Apr. 2000.

NIKLAS, K. J. Plant allometry: is there a grand unifying theory? **Biological reviews**, Cambridge, v. 79, n. 4, p. 871-889, May 2004.

NIKLAS, K. J.; SPATZ, H. C. Growth and hydraulic (not mechanical) constraints govern the scaling of tree heights and mass. **Proceedings of National Academy of Sciences**, Palo Alto, v. 101, n. 44, p. 15661-15663, Nov. 2004.

O'BRIEN, S. T.; HUBBEL, S. P.; SPIRO, P.; CONDIT, R.; FOSTER, R. B. Diameter, height, crown, and age relationships in eight neotropical tree species. **Ecology**, Ithaca, v. 76, n. 6, p. 1926-1939, Sept. 1995.

OLIVEIRA FILHO, A. T. Classificação das fitofisionomias da América do Sul cisandina tropical e subtropical: proposta de um novo sistema - prático e flexível - ou uma injeção a mais de caos? **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 2, p. 237-258, ago./dez. 2009.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; SCOLFORO, J. R. S. (Org.). **Inventário florestal de Minas Gerais: espécies arbóreas da flora nativa**. Lavras: UFLA, 2008. v. 1, 620 p.

OLUSEGUN, O. O.; KHARUNNISA, O. A.; NORRATINA, A.; JUITA, D.; DAYANAWATI, S. D.; SHENG, T. Comparative height-crown allometry and mechanical design in 22 species of kuala belalong rainforest, brunei, borneo. **American Journal of Botany**, Saint Louis, v. 94, n. 12, p. 1951-1962, Dec. 2007.

PASCOTTO, M. C. Avifauna dispersora de sementes de *Alchornea triplinervia* (Euphorbiaceae) em um área de mata ciliar no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ornitologia**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 291-296, set. 2006.

PEARCY, R. W.; MURAOKA, K.; VALLADARES, F. Crown architecture in sun and shade environments: assessing function and trade-offs with a three-dimensional simulation model. **New Phytologist**, Oxford, v. 166, n. 3, p. 791-800, Jan. 2005.

POORTER, L.; BONGERS, L.; BONGERS, F. Architecture of 54 moist-forest tree species: traits, trade-offs, and functional groups. **Ecology**, Ithaca, v. 87, n. 5, p. 1289-1301, May 2006.

POORTER, L.; BONGERS, F.; STERCK, F. J.; WOLL, H. Architecture of 53 rainforest tree species differing in adult stature and shade tolerance. **Ecology**, Washington, v. 84, n. 3, p. 602-608, Mar. 2003.

ROSSI, L. Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Clethraceae. **Boletim de Botânica**, São Paulo, v. 11, p. 105-107, jan./dez. 1989.

SLEUMER, H. Monographia Clethracearum. **Botanische Jahrbücher**, Stuttgart, v. 87, n. 1, p. 36-175, Jan./Mar. 1967.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. **Biometry**: the principles and practice of statistics in biological research. New York: W.H. Freeman, 1995. 850 p.

SOUSA, G. S. **Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear**. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-SEA, 1998. 505 p.

SPOSITO, T. C.; SANTOS, F. A. M. Architectural patterns of eight Cecropia (Cecropiaceae) species of Brazil. **Flora (Jena)**, München, v. 196, n. 3, p. 215-226, May 2001a.

SPOSITO, T. C.; SANTOS, F. A. M. Scaling of stem and crown in eight Cecropia (Cecropiaceae) species of Brazil. **American Journal of Botany**, Chicago, v. 88, n. 5, p. 939-949, Oct. 2001b.

STERCK, F. J.; BONGERS, F. Ontogenetic changes in size, allometry, and mechanical design of tropical rain forest trees. **American Journal of Botany**, Chicago, v. 85, n. 2, p. 266-272, Feb. 1998.

STERCK, F. J.; BONGERS, F. Crown development in tropical rain forest trees: patterns with tree height and light availability. **Journal of Ecology**, London, v. 89, n. 1, p. 1-13, Feb. 2001.

STERCK, F. J.; BONGERS, F.; NEWBERY, D. M. Tree architecture in a Bornean lowland rainforest: intraspecific and interspecific patterns. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 153, n. 1/2, p. 279-292, Apr. 2001.

STHALER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. **Transactions American Geophysical Union**, New Jersey, v. 8, n. 6, p. 913-920, Oct. 1957.

SUMIDA, A.; ITO, H.; ISAGI, Y. Trade-off between height growth and stem diameter growth for an evergreen Oak, *Quercus glauca*, in a mixed hardwood forest. **Functional Ecology**, Oxford, v. 11, n. 3, p. 300-309, June 1997.

THOMAS, S. C. Asymptotic height as a predictor of growth and allometric characteristics in Malaysian rainforest trees. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 83, n. 5, p. 556-566, May 1996.

THOMAS, S. C.; BAZZAZ, F. A. Asymptotic height as a predictor of photosynthetic characteristics in Malaysian rain forest trees. **Ecology**, London, v. 80, n. 5, p. 1607-1622, July 1999.

TOMLINSON, P. B. Branching is a process, not a concept. **Taxon**, Vienna, v. 36, n. 1, p. 54-57, Feb. 1987.

TURNER, I. M. **The ecology of trees in the tropical rain forest**. New York: Cambridge University, 2001. 298 p.

VIEIRA, D. C. M.; GANDOLFI, S. Estimation of biomass and carbon stocks: the case of the Atlantic Forest. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 8, n. 2, Apr./June 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1676-06032008000200001](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032008000200001)>. Acesso em: 10 dez. 2009.

WEST, G. B.; BROWN, J. H.; ENQUIST, B. J. A general model for the origin of allometric scaling in biology. **Science**, San Diego, v. 276, n. 5309, p. 121-126, Apr. 1997.

WRIGHT, I. J.; ACKERLY, D. D.; BONGERS, F.; HARMS, K. E.; IBARRA-MANRIQUEZ, G.; MARTINEZ-RAMOS, M.; MAZER, S. J.; MULLER-LANDAU, H. C.; NIGEL, H. P.; PITMAN, C. A.; POORTER, L.; SILMAN, M. R.; VRIESENDORP, C. F.; WEBB, C. O.; WESTOBY, M.; WRIGHT, S. J. Relationships among ecologically important dimensions of plant trait variation in seven neotropical forests. **Annals of Botany**, Oxford, v. 99, n. 5, p. 1003-1015, May 2007.

YOUNG, T. P.; PERKOCHA, V. Treefalls, crown asymmetry, and buttresses. **The Journal of Ecology**, Cambridge, v. 82, n. 2, p. 319-324, June 1994.