



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA – PPGB**

Renato Magnum Tavares Costa

**ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO E HETEROGENEIDADE AMBIENTAL EM UM
REMANESCENTE DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL MONTANA**

RECIFE
2017

RENATO MAGNUM TAVARES COSTA

VEGETAÇÃO E HETEROGENEIDADE AMBIENTAL DE UM REMANESCENTE
DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL MONTANA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como um dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Botânica.

Orientadora: Dra. Elba Maria Nogueira Ferraz Ramos

Coorientador: Dr. William Wayt Thomas

RECIFE
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

C837v Costa, Renato Magnum Tavares
Vegetação e heterogeneidade ambiental de um remanescente
de floresta estacional semidecidual montana / Renato Magnum
Tavares Costa. – 2017.
67 f.: il.

Orientadora: Elba Maria Nogueira Ferraz Ramos.

Coorientador: William Wayt Thomas.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Botânica, Recife,
BR-PE, 2017.

Inclui referências, anexo(s) e apêndice(s).

1. Floresta estacional 2. Variação estrutural 3. Distribuição
espacial 4. Floresta Atlântica I. Ramos, Elba Maria Nogueira
Ferraz, orient. II. Thomas, William Wayt, coorient. III. Título

CDD 581

RENATO MAGNUM TAVARES COSTA

VEGETAÇÃO E HETEROGENEIDADE AMBIENTAL DE UM REMANESCENTE
DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL MONTANA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como um dos requisitos para a obtenção do título de mestre em Botânica.

2017

Orientadora:

Elba Maria Nogueira Ferraz – IFPE

Examinadores:

Titulares:

Maria Regina de Vasconcellos Barbosa – UFPB

Kleber Andrade da Silva – UFPE

Patrícia Barbosa Lima – UFRPE

Suplente:

Danielle Melo dos Santos – UFPE

“E se uma criança sonhasse em ser algo diferente do que a sociedade planejou para ela? E se uma criança quisesse ser algo maior?” – Clark Kent

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a minha orientadora, Prof.^a Dra. Elba Ferraz que vem contribuindo de forma expressiva com a minha evolução como profissional. Ao Dr. Willian Wayt Thomas, meu coorientador e amigo, pela confiança que me é dada e por todo o suporte durante o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo e ao Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB) pelo apoio financeiro e estrutural. A todos os funcionários do PPGB, em especial a Kênia Freire, você é uma pessoa incrível.

Ao Laboratório de Ecologia dos Ecossistemas Nordestinos (IFPE) e ao Laboratório de Taxonomia Vegetal (TAXON – UFPB) pelo espaço e equipamentos disponibilizados para a realização da pesquisa. Assim como todos os colegas e amigos que esses dois espaços me proporcionaram: Elhanhe e Ana Maria (UFRPE), Profa. Maria Regina, Maria do Céu, Itamar, Roberto, Gêssica, Ricardo, Luciano, Aline, Pedro Paulo, Pedro Gadelha, Cesar e claro que não poderia faltar, o ilustríssimo Luiz Henrique.

Aos membros da SAVE Brasil, gestores da RPPN Pedra D'anta, e a Zezito e Nalva, pessoas incríveis que eu tive a satisfação de conviver ao longo desse trabalho.

Aos “odiadores de mentiras”, Alan e Julia que me acompanharam nessa caminhada.

Cássio Rachid, Lucas Cavalcanti, Karlla Morganna e Everton Lorenzo, amigos especiais, que sempre me ajudaram e fizeram esses dois anos serem extremamente ricos em conhecimento e companheirismo. Além de todos os meus amigos que estão perto e os que estão longe. Aos amigos Sandro e Victor, por sempre me receber em suas casas quando eu precisei.

Meus pais, Lito e Lêda, que me apoiaram e me ajudaram desde sempre. Sem vocês eu não teria conseguido. Meus irmãos e minha namorada, Renata, Renan e Paloma que também me apoiaram nos momentos mais alegres e mais estressantes do processo.

Sumário

RESUMO	10
ABSTRACT	11
1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 FLORESTA SUBMONTANA E MONTANA.....	14
2.1.1. Principais características.....	14
2.1.2. Levantamento florístico e fitossociológico.....	15
2.2. HETEROGENEIDADE AMBIENTAL.....	20
2.2.1. Conceitos e definições.....	20
2.2.2. Heterogeneidade ambiental em fragmentos de florestas submontana e montana.....	21
2.2.3. Cobertura do dossel: características e métodos de amostragem.....	24
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
<i>Capítulo 1</i>	35
Resumo	36
Abstract	37
Introdução	38
Métodos	39
Área de estudo.....	39
Coleta de dados.....	40
Análise dos dados.....	41
Resultados	41
Discussão	43
Referências bibliográficas	47
Normas da revista	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estudos realizados em florestas montana e submontana da floresta atlântica no Brasil. Legenda: informação não disponível no artigo (-), Bahia (BA), Minas Gerais (MG), Paraíba (PB), Pernambuco (PE), Paraná (PR), Rio de Janeiro (RJ), Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (RS).....	16
Tabela 1 Parâmetros estruturais médios (apresentados com média \pm Desvio padrão) por variação topográfica na RPPN Pedra D’Anta, PE. Legenda: as letras “a” e “b” são grupos identificados a partir do teste a posteriori.....	50
Tabela 2 Valores médios das variáveis ambientais analisadas por condição topográfica na RPPN Pedra D’anda, PE.....	50
Tabela 3 Relação entre as variáveis estruturais e as variáveis ambientais que apresentaram uma relação significativa na amostragem da RPPN Pedra D’anta, PE. Legenda: potencial hidrogeniônico (pH), Cálcio (Ca), biomassa de serrapilheira (bioser).....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: “Perfil de elevação da trilha Imbak Canyon e algumas espécies comuns encontradas” (SURATMAN <i>et al.</i> , 2015).....	23
Figura 2: Representação das classes de cobertura de dossel mais comumente encontradas na literatura. Ilustração: Ludmila Magroski.....	24
Fig. 1 Localização da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Pedra D’Anta, no município de Lagoa dos Gatos, Pernambuco, Brasil.....	51
Fig. 2 Representação esquemática da topografia da área de estudo na Reserva Particular de Patrimônio Natural (RPPN) Pedra D’anta, Lagoa dos Gatos, Pernambuco. Ilustração: Ludmila Magroski.....	51
Fig. 3 Distribuição das áreas basais em classes de altura (a) e do número de indivíduos em classes diamétrica (b), amostrados na RPPN Pedra D’anta, PE.....	52
Fig. 4 Diagramas produzidos os através de regressão linear simples relacionando as variáveis ambientais (Alumínio [Al] e Magnésio [Mg]) com a altitude das parcelas permanentes amostradas na RPPN Pedra D’anta, PE.....	52

RESUMO

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28

O presente trabalho foi realizado em uma área de floresta semidecidual montana da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Pedra D'anta – PE, com objetivo de avaliar se existem mudanças estruturais na vegetação, em escala local de fragmento, e se essas são explicadas pela variação topográfica (topo, encosta e vale), de altitude e das características do solo. Foram plotadas 50 parcelas contínuas de 20x10 m, distribuídas nas condições de topo, encosta e vale e incluídos todos os indivíduos com diâmetro a altura do peito (DAP) ≥ 5 . Foram mensuradas/coletadas em cada unidade amostral as seguintes variáveis ambientais: altitude, biomassa de serrapilheira, cobertura do dossel e amostras compostas de solo. A densidade total registrada para o fragmento foi de 1.653 ind.ha⁻¹ e a área basal total de 25,33 m².ha⁻¹. As condições topográficas de topo e encosta diferiram significativamente para o número de indivíduos, altura e diâmetro, sendo os dois primeiros maiores no topo e o diâmetro na encosta. A cobertura do dossel não diferiu entre condições. Das variáveis do solo apenas os teores de alumínio e magnésio foram influenciados pelas variações de altitude presentes no fragmento. A biomassa de serrapilheira variou de 3,38 t/ha (vale) a 4,45 t/ha (encosta). As análises de regressão linear múltipla indicaram que entre os parâmetros estruturais da vegetação a distribuição do número de indivíduos variou em função da altitude, do pH e do cálcio; a de diâmetro em relação a biomassa de serrapilheira e a altitude; e as variações de altura e cobertura do dossel não tiveram relação com as variáveis abióticas analisadas. Diante dos resultados, conclui-se que em escala de fragmento o aumento de altitude, associado à topografia, exerce um efeito positivo na densidade, negativo em relação ao diâmetro e indiferente para a altura das plantas e cobertura do dossel; além de ser preditora de alterações nas características do solo.

Palavras-chaves: Floresta tropical úmida, variação topográfica, solo, biomassa de serrapilheira, cobertura de dossel, estrutura da vegetação.

ABSTRACT

The present work was carried out in a semideciduous montane forest area of the Natural Reserve of the Natural Patrimony (RPPN) Pedra D'anta - PE, with the objective of evaluating structural alterations in the vegetation, in a local fragment scale, and if these are explained by topographic variation (top, slope and valley), by altitude and soil characteristics. A total of 50 continuous plots of 20x10 m, distributed under the top conditions, were placed and evaluated for all individuals with breast height diameter (DAP) ≥ 5 . Measurements were collected / collected in each sample unit as follows: altitude, biomass of Litter cover, canopy cover and composite soil samples. The total density recorded for the fragment was 1,653 ind.ha-1 and a total basal area of 25.33 m².ha-1. The topographic and topographic conditions differed significantly for the number of individuals, height and diameter, with the two largest results in the slope diameter. A canopy cover did not differ between conditions. Of the soil variables only the aluminum and magnesium contents were influenced by the altitude variations. A litter biomass ranged from 3.38 t / ha (valley) to 4.45 t / ha (slope). As multiple linear regression analyzes indicated that among the structural aspects of the vegetation a distribution of the number of individuals varied as a function of altitude, pH and calcium; A diameter in relation to litter biomass and an altitude; And the height and cover variations with the analyzed abiotic variables. In view of the results, it is concluded that in fragment scale or altitude increase, associated with topography, it exerts a positive effect in density, negative in relation to the diameter and indifferent to a height of the plants and canopy cover; In addition to being a predictor of changes in soil characteristics.

Keywords: Rainforest, topographic variation, soil, litter biomass, canopy cover, vegetation structure, Serra do Urubu.

57 1. INTRODUÇÃO

58

59 As florestas tropicais úmidas, dentre elas as montanas, são complexos biológicos
60 dinâmicos e heterogêneos, mantidos através de mecanismos ecológicos que fazem parte
61 do ciclo de crescimento da floresta (GAMA *et al.*, 2002; CRUZ, 2014). Resultam de um
62 longo processo de evolução, que conferiu a esses ecossistemas elevada complexidade
63 estrutural e biodiversidade (RICHARDS, 1996; BEGON *et al.*, 2007). Contudo, sabe-se
64 que parte considerável desses ambientes foi perdida, principalmente pelo avanço das
65 monoculturas, ocupação imobiliária e exploração de produtos florestais (TAVARES *et*
66 *al.*, 2000).

67 As florestas montanas do Nordeste brasileiro apresentam maior diversidade e
68 diferenças florísticas-estruturais em relação às florestas de terras baixas (FERRAZ &
69 RODAL, 2006; FERRAZ & RODAL 2008). Dentre os estudos que abordaram os
70 aspectos estruturais das florestas montanas, alguns compararam seus dados com os
71 registrados em outras localidades, buscando, assim, melhor compreendê-las (THOMAS
72 *et al.*, 2008; BENÍTEZ *et al.*, 2012; POMPEU *et al.*, 2014); outros indicaram uma
73 tendência das florestas montanas apresentarem maior densidade de indivíduos e alturas
74 maiores que as florestas de terras baixas, mas com diâmetros inferiores (FERRAZ &
75 RODAL 2006; FERRAZ & RODAL 2008; LOPES *et al.* 2008). Thomas *et al.* (2008)
76 ressaltam a grande diversidade encontrada nas florestas montanas, mas apontam ser sua
77 riqueza total, ainda, pouco dimensionada e reforçam a necessidade de conhecer melhor
78 os aspectos estruturais dessas florestas.

79 Entender a heterogeneidade ambiental presente nas florestas montanas torna-se
80 necessário, tanto em escala de paisagem, como as condicionadas pelo gradiente de
81 altitude dentro de uma mesma região morfoclimática; quanto em escala de interior de
82 fragmentos, como as variações locais de temperatura, umidade, solo, biomassa de
83 serrapilheira, topografia, presença de afloramentos, entre outras variações
84 (CARVALHO *et al.*, 2005; ROCHA *et al.*, 2005; BÜNGER *et al.*, 2014; POMPEU *et*
85 *al.*, 2014).

86 Em escala local de fragmento a altitude é a variável mais estudada, por esta
87 afetar outros fatores e/ou elementos do clima (temperatura, umidade) e do solo dentro
88 do gradiente, além de ser facilmente mensurada (CARVALHO *et al.*, 2005; ROCHA *et*
89 *al.*, 2005; VIANA & BARBOSA, 2013; BÜNGER *et al.*, 2014; POMPEU *et al.*, 2014;

90 SURATMAN et al., 2015). Ressalta-se, porém, que as alterações decorrentes da atuação
91 desses fatores não ocorrem de forma independente, evidenciando uma relação positiva,
92 negativa ou indiferente dos mesmos (SOUZA et al., 2012). Assim, estudar a influência
93 dessas variáveis/fatores sobre a vegetação nos permite entender o quão forte é a
94 importância de cada uma destas e se outras variáveis devem ser levadas em
95 consideração (MAÇANEIRO et al., 2016).

96 No estado de Pernambuco, mais de 95% da Floresta Atlântica original foi
97 perdida para o plantio de cana-de-açúcar, pastagens ou crescimento urbano, restando
98 apenas pequenos fragmentos isolados (LEES et al., 2014) e, geralmente, em áreas de
99 difícil acesso, como encostas e topos de morros. Com isso, tem se tornado cada vez
100 mais difícil encontrar remanescentes que caracterizem bem as formações vegetais da
101 Floresta Atlântica, ainda mais quando falamos de florestas montanas do Nordeste.

102 Assim, foi selecionado para esse trabalho um remanescente de Floresta
103 Estacional Semidecidual Montana do Estado de Pernambuco, pertencente a Reserva
104 Particular de Patrimônio Natural (RPPN) Pedra D'Anta, que apresenta variações locais
105 de relevo (vale, encosta e topo) e altitude.

106 Dessa forma, pretendemos avaliar se a heterogeneidade ambiental, ocasionada
107 pela variação topográfica local (vale, encosta e topo do fragmento), em uma área de
108 Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) de Floresta Estacional Semidecidual
109 Montana, em PE, pode vir a influenciar as características estruturais do componente
110 arbóreo/arbustivo desse remanescente, bem como se a topografia leva à mudanças nas
111 características físico-químicas do solo local e se estas também condicionam variações
112 na estrutura da vegetação. Tendo como hipótese que em escala de fragmento o aumento
113 da altitude nos topos ocasionará aumento do número de indivíduos, redução do diâmetro
114 e altura das plantas, maior cobertura de dossel, menor acúmulo de biomassa de
115 serrapilheira e menor fertilidade dos solos em relação ao vale. As encostas se
116 comportarão de forma intermediária aos dois ambientes. Busca-se, assim, responder as
117 seguintes perguntas: (1) os parâmetros estruturais (número de indivíduos, altura,
118 diâmetro e cobertura do dossel) da vegetação são modificados em função das distintas
119 condições topográficas presentes no fragmento? (2) as variações de altitude no
120 fragmento ocasionam mudanças nas características do solo e na biomassa de
121 serrapilheira? (3) as variáveis ambientais em escala de fragmento (altitude, solo e
122 biomassa de serrapilheira) exercem efeito na estrutura da vegetação?

123

124 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

125

126 2.1. FLORESTAS SUBMONTANA E MONTANA NO BRASIL

127 2.1.1. Principais características

128

129 De acordo com Veloso (1992) as formações florestais, no Brasil, podem ser
130 classificadas, conforme o relevo, em: terras baixas, submontana, montana e alto-
131 montana. Essa última formação está restrita as regiões sudeste e sul do país.

132 Ferraz (2002), tomando como referência o mapeamento do Radambrasil (folhas
133 SB 24/25, SC 24/25 e SD 24) e suas descrições, cita que no Nordeste as florestas
134 submontanas ocorrem entre 100 e 600m e as montanas acima de 600, raramente
135 ultrapassando 1100-1200m, ao norte do rio São Francisco, mas alcançando até 2000m
136 ao sul desse rio. São encontradas principalmente no Planalto da Borborema, Planalto do
137 Baturité e na chapada Diamantina ou em áreas que antecedem os mesmos (FERRAZ &
138 RODAL, 2006). Ressalta-se, entretanto, que a formação Montana no Nordeste pode ser
139 encontrada inserida no domínio Atlântico, bem como ocorrer isolada em áreas do
140 domínio das caatingas. Neste último caso, são conhecidas no Nordeste como florestas
141 serranas e/ou brejos de altitude.

142 Segundo Thomas e Barbosa (2008), três paisagens primárias da floresta
143 Atlântica são encontradas ao longo da costa do Nordeste: planície costeira, tabuleiros e
144 superfícies retrabalhadas, também conhecidas como terras baixas, tabuleiros e florestas
145 submontanas e/ou montanas.

146 As florestas montanas compreendem um conjunto de colinas e vales que são
147 encontrados no sul da Bahia, em Alagoas e Pernambuco (THOMAS & BARBOSA,
148 2008). Estas se tornam mais secas conforme adentram no continente, apresentando uma
149 mistura de tipos em função da elevação e orientação das colinas (THOMAS &
150 BARBOSA, 2008).

151 Thomas e Barbosa (2008) citam para a floresta Atlântica no Nordeste as
152 seguintes formações florestais: Floresta Ombrófila Densa Submontana (principalmente
153 no sul da Bahia); Floresta Ombrófila Densa Montana (sul da Bahia); Floresta Estacional
154 Semidecidual Submontana (sul da Bahia, Paraíba e Pernambuco) e a Floresta Estacional
155 Decidual Submontana (sul da Bahia, Paraíba e Pernambuco). Os autores mencionam a
156 não ocorrência de Florestas Ombrófila Submontana/Montana nos estados da Paraíba e
157 Pernambuco. Contudo, Ferraz & Rodal (2006) e Lopes *et al.* (2008) apontam algo

158 diferente, com a ocorrência de pelo menos dois remanescentes de Floresta Ombrófila
159 Submontana/Montana para Pernambuco, comprovados em estudos realizados por quatro
160 anos no fragmento da Mata do Estado e dois anos na Mata do Triunfo, ambas em São
161 Vicente Férrer, Pernambuco.

162 A diferença em ser considerada uma floresta ombrófila ou semidecidual está na
163 quantidade de chuva e de meses secos, uma vez que para o Nordeste do Brasil é
164 aceitável uma precipitação anual mínima de 1.600mm, o máximo de dois meses secos e
165 menos de 20% de folhas caducas para caracterizar uma Floresta Ombrófila, seja ela de
166 terras baixas, submontana ou montana (Velooso, 1992; Thomas & Barbosa, 2008). Para a
167 Floresta Estacional, Velooso (1992) sugere uma precipitação entre 1.000 e 1.600 mm por
168 ano, mais de dois meses secos e uma maior decidualidade foliar (entre 20 e 50%).

169 A Floresta Estacional Semidecidual Submontana é comparativamente mais baixa
170 que a Floresta Ombrófila Submontana, com árvores de aproximadamente 20 metros,
171 sub-bosque com muitas espécies arbustivas (THOMAS & BARBOSA, 2008),
172 representada na região Nordeste no sul da Bahia e em outros estados do Sul e Sudeste
173 do Brasil (VELOSO, 1992). Trabalhos mais recentes apontam esse tipo de formação em
174 outros estados do Nordeste, como Paraíba e Pernambuco (FERRAZ & RODAL, 2006;
175 FERRAZ & RODAL, 2008; THOMAS & BARBOSA, 2008; VIANA & BARBOSA,
176 2013).

177

178 2.1.2. Levantamentos florísticos e fitossociológicos

179

180 Diversos trabalhos florísticos e fitossociológicos foram realizados nas florestas
181 montanas do Brasil (Tabela 1). Nos anos 90, Oliveira Filho e colaboradores (1993;
182 1994) realizaram dois trabalhos em Minas Gerais, nos municípios de Tiradentes e
183 Lavras e apontaram Myrtaceae, Melastomataceae, Rubiaceae, Fabaceae, Lauraceae,
184 Euphorbiaceae, Solanaceae e Annonaceae como as famílias de maior riqueza de
185 espécies nos dois levantamentos. Listando, ainda, *Clethra scabra* Pers., *Eremanthus*
186 *incanus* (Less.) Less., *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish, *Vismia brasiliensis*
187 Choisy, *Hieronima alchorneoides* Alemão, *Roupala longepetiolata* Pohl, *Protium*
188 *widgrenii* Engl., *Euplassa rufa* (Loes.) Sleumer, *Tachigali rugosa* (Mart. ex Benth.)
189 Zarucchi & Pipoly, *Podocarpus sellowii* Klotzsch ex Endl., *Trichilia emarginata*
190 (Turcz.) C.DC., *Byrsonima laxiflora* Griseb. e *Euplassa incana* (Klotzsch) I.M.Johnst.
191 como espécies características da flora das florestas de altitude do sul de Minas Gerais.

193 **Tabela 1** – Estudos realizados em florestas montana e submontana da floresta atlântica no Brasil.
 194 Legenda: informação não disponível no artigo (-), Bahia (BA), Minas Gerais (MG), Paraíba (PB),
 195 Pernambuco (PE), Paraná (PR), Rio de Janeiro (RJ), Rio Grande do Sul (RS) e Santa Catarina (RS).

Autor	Ano	Local	Tipo de estudo	Área amostral (ha)
Oliveira-filho & Machado	1993	Tiradentes – MG	Fitossociológico	0,95
Oliveira-filho <i>et al</i>	1994	Lavras – MG	Fitossociológico	5,04
Sales <i>et al</i>	1998	Pernambuco	Florística	-
Rondon-Neto <i>et al</i>	2000	Lavras – MG	Fitossociológico	-
Tavares <i>et al</i>	2000	Caruaru – PE	Fitossociológico	1
Lopes <i>et al</i>	2002	Marliéria, Dionísio e Timóteo – MG	Fitossociológico	0,55
Rondon-Neto <i>et al</i>	2002	Crúva – RS	Fitossociológico	0,8
Meira-Neto & Martins	2002	Viçosa – MG	Fitossociológico	1
Melo & Rodal	2003	Garanhuns – PE	Florística	-
Barbosa <i>et al</i>	2004	Areia – PB	Florística	-
Cavalcanti & Tabarelli	2004	Centro de endemismo PE	Distribuição	-
Agra <i>et al</i>	2004	Maturéia – PB	Florística	-
Silva <i>et al</i>	2004	Viçosa – MG	Fitossociológico	0,5
Ferraz <i>et al</i>	2004	Nordeste do Brasil	Distribuição	-
Costa & Lima	2005	Silva Jardim, Parati, Nova Friburgo e Itatiaia – RJ	Florística	-
Kozera <i>et al</i>	2006	Curitiba – PR	Fitossociológico	-
Ferraz & Rodal	2006	São Vicente Férrer – PE	Fitossociológico	1
Rodal & Sales	2007	Caruaru – PE	Florística	-

Ferraz & Rodal	2008	São Vicente Férrer – PE	Fitossociológico	1
Thomas <i>et al</i>	2008	Uruçuca – BA	Fitossociológico	1
Thomas & Barbosa	2008	Nordeste do Brasil	Revisão	-
Meireles <i>et al</i>	2008	Monte Verde – MG	Fitossociológico	0,35
Nascimento & Rodal	2008	Brejo da Madre de Deus – PE	Fitossociológico	1
Lopes <i>et al</i>	2008	São Vicente Férrer e Aliança – PE	Fitossociológico	1
Amorim <i>et al</i>	2009	Barro Preto, Arataca, São José da Vitória e Camacan - BA	Florística	
Costa <i>et al</i>	2009	Camacan – BA	Florística	-
Thomas <i>et al</i>	2009	Jussari – BA	Florística	
Higuchi <i>et al</i>	2012	Lages – SC	Fitossociológico	1
Souza <i>et al</i>	2012	Dionísio – MG	Fitossociológico	1,2
Lima <i>et al</i>	2012	Parque Estadual Carlos Botelho – SP	Florística	-
Viana & Barbosa	2013	Lagoa dos Gatos – PE	Fitossociológico	-
Pompeu <i>et al</i>	2014	Itamonte – MG	Fitossociológicos	0,6
Cruz <i>et al</i>	2014	Itamonte – MG	Anatomia vegetal	-
Pessoa & Alves	2015	Lagoa dos gatos, São Benedito do Sul e Jaqueira – PE	Florística	-
Maçaneiro <i>et al</i>	2016	Brusque – SC	Fitossociológico	
Melo <i>et al</i>	2016	Lagoa dos gatos, São Benedito do Sul e Jaqueira – PE	Florística	-

196

197

198

199

200

A partir dos anos 2000, os trabalhos em florestas montanas ocorreram em todas as regiões do Brasil. Estes começaram a indicar a existência de diferenças florísticas nas florestas montanas em relação às formações submontanas e de terras baixas da Mata Atlântica (TAVARES *et al*, 2000; RONDON-NETO *et al*, 2002; FERRAZ *et al*, 2002;

201 MEIRA-NETO & MARTINS, 2002; FERRAZ & RODAL, 2008; THOMAS &
202 BARBOSA, 2008; MAÇANEIRO *et al.*, 2016).

203 Os levantamentos florísticos, fitossociológicos e de revisão (Tabela 1) foram
204 realizados tanto em áreas de florestas estacionais e ombrófilas quanto em florestas
205 montanas e submontanas. Os estudos fitossociológicos utilizaram tamanho de áreas
206 amostrais distintas, variando de 0,35 a 5,04 ha. No conjunto dos levantamentos
207 Fabaceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Lauraceae, Euphorbiaceae, Melastomataceae,
208 Moraceae, Anacardiaceae, Sapotaceae, Apocynaceae, Meliaceae, Clusiaceae,
209 Flacourtiaceae e Bignoniaceae foram indicadas como as famílias de maior riqueza de
210 espécies para os estratos arbóreo e arbustivo destas florestas (TAVARES *et al.*, 2000;
211 RONDON-NETO *et al.*, 2000; MEIRA-NETO & MARTINS, 2002; MELO & RODAL,
212 2003; AGRA *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 2004; KOZERA *et al.*, 2006; RODAL &
213 SALES, 2007; FERRAZ & RODAL, 2008; THOMAS *et al.*, 2008; MEIRELES *et al.*,
214 2008; HIGUCHI *et al.*, 2012; VIANA & BARBOSA, 2013; POMPEU *et al.*, 2014;
215 MELO *et al.*, 2016; MAÇANEIRO *et al.*, 2016).

216 Especificamente para o Nordeste, diversos trabalhos vêm caracterizando a
217 composição florística e a estrutura da vegetação para os componentes arbóreo e
218 arbustivo das florestas montanas e submontanas (TAVARES *et al.*, 2000; RODAL &
219 NASCIMENTO *et al.*, 2006; LOPES *et al.*, 2008). As famílias Fabaceae, Rubiaceae,
220 Myrtaceae, Apocynaceae, Malvaceae, Malpighiaceae, Nyctaginaceae, Meliaceae e
221 Sapotaceae são indicadas como importantes destes componentes (RODAL E SALES,
222 2008). A família Fabaceae se destaca com a ocorrência de alguns dos seus gêneros de
223 elevada riqueza de espécies, como é o caso de *Inga* Mill., bem como, por ser
224 representada por espécies de elevada densidade nestas florestas, a exemplo de
225 *Bowdichia virgilioides*, *Plathymenia foliolosa* e *Pterocarpus violaceus* (SALES *et al.*,
226 1998; FERRAZ & RODAL, 2008).

227 As famílias Rubiaceae e Myrtaceae, como mencionadas anteriormente, também
228 são famílias de elevada importância nessas florestas, porém, diferentemente de
229 Fabaceae, suas riquezas estão concentradas principalmente no sub-bosque. Rubiaceae é
230 bem representada por espécies do gênero *Psychotria* L., com destaque em ocorrência
231 para as espécies *Psychotria carthagenensis* Jacq., *P. platypoda* DC. e *P. deflexa* DC.,
232 além de algumas espécies arbóreas de ampla distribuição nestas florestas, como
233 *Guettarda sericea* e *Tocoyena formosa* (RODAL & SALES, 2008). Myrtaceae é, sem
234 dúvida, uma família de grande importância, ocorrendo com elevada densidade e riqueza

235 de gêneros e espécies no sub-bosque das florestas submontana e montana (MORI et al.,
236 1983; PEIXOTO & GENTRY, 1990; RODAL & NASCIMENTO, 2006). Thomas et al
237 (2008) relataram Myrtaceae como responsável por 18% da riqueza local e por 21% dos
238 indivíduos registrados em um levantamento de floresta submontana no sul da Bahia.

239 Diante do exposto anteriormente, constata-se que diversos levantamentos
240 florísticos apontam famílias e espécies que são comuns às florestas submontanas e
241 montanas, compondo, assim, possíveis conjuntos florísticos específicos dessas florestas.
242 Entretanto, pouco se conhece sobre as variações estruturais existentes entre essas
243 formações florestais. Lopes et al (2008), estudaram florestas úmidas e secas, ambas
244 submontanas e do domínio atlântico do Nordeste, e as compararam com as demais
245 formações, indicando uma tendência das florestas montanas apresentarem maior
246 densidade de indivíduos e alturas que as florestas de terras baixas e submontanas, mas,
247 diâmetros inferiores.

248 Apesar das florestas montanas e submontanas apresentarem ampla diversidade
249 de espécies e variedade de habitats, em sua maioria, são ambientes muito fragmentados
250 e ameaçados (ALDRICH *et al.* 1997; BERTONCELLO *et al.* 2011), o que torna
251 preocupante a situação dessas florestas. Poucos estudos foram realizados e parte da
252 composição de espécies permanece desconhecida. Ferraz (2002), em uma floresta
253 ombrófila Montana de Pernambuco, teve a confirmação por especialistas de nove
254 espécies novas, além de um número considerável de primeiros registros de ocorrência,
255 indicando que a distribuição espacial local de algumas dessas espécies está restrita a
256 determinados microhabitats das florestas montanas e submontanas.

257 Em geral, constata-se que apesar da floresta Atlântica ser considerada um dos 34
258 *hotspots* de biodiversidade no mundo, possuir alta diversidade, alto grau de endemismo
259 e elevada ameaça das florestas (MELO *et al.* 2016), o que resta é apenas 7-12% de sua
260 área vegetal remanescente (MYERS *et al.* 2000). Este cenário aponta para a necessidade
261 urgente de mais estudos para conhecimento das várias formações desta floresta, uma
262 vez que o desmatamento continua a progredir e contribui para a perda de
263 biodiversidade. Assim, conhecer as espécies comuns e endêmicas, a estrutura florestal e
264 os fatores ambientais que estão influenciando suas comunidades são aspectos de
265 extrema importância para definir ações de preservação, conservação e possíveis planos
266 de recuperação. Mesmo quando consideramos que as florestas montanas/submontanas
267 apresentam vantagem de estarem localizadas em locais de difícil acesso e com um

268 relevo bastante acidentado, o que pode ter contribuído para minimizar a degradação de
269 algumas dessas áreas.

270

271 2.2. HETEROGENEIDADE AMBIENTAL

272 2.2.1. Conceitos e definições

273

274 A heterogeneidade ambiental se refere à distribuição dos fatores abióticos e
275 bióticos ao longo do espaço (DALE, 1999). Entender os efeitos do ambiente na
276 distribuição das espécies e suas respostas a tais variações são fundamentais para
277 compreender vários processos ecológicos (LARCHER, 2000). Para Souza et al. (2012)
278 a heterogeneidade ambiental é o resultado de diversos fatores abióticos que interagem
279 diretamente com as comunidades locais. Assim, cada local pode apresentar
280 características próprias, bem como características comuns a outros locais, a depender do
281 conjunto de fatores atuantes (SOUZA et al., 2012). Com isso, supõe-se que a
282 distribuição de espécies arbóreas tropicais esteja relacionada com a distribuição
283 heterogênea dos fatores ambientais (DENSLOW, 1980; ROSSETO & SANTOS; 2007).

284 Para Ricklefs (2010), quanto maior for a heterogeneidade ambiental maior será a
285 diversidade de árvores, o que poderá levar à variação na comunidade como um todo,
286 seja em relação a sua estrutura e/ou a composição de espécies. Assim, a
287 heterogeneidade ambiental permite que mais espécies possam coexistir no mesmo
288 espaço em nichos diferentes.

289 O efeito da heterogeneidade ambiental é reportado em vários trabalhos, como: o
290 de Suratman *et al.* (2015), que relatam ser a variação do solo e de fatores climáticos
291 responsáveis por modificações florístico-estruturais nas comunidades estudadas; o de
292 Givnish (1999), entre outros, que registrou maior número de espécies arbóreas com o
293 aumento da precipitação e da fertilidade dos solos.

294 Trabalhos em florestas montanas indicam que a variação de relevo do topo para o
295 vale pode modificar várias características da vegetação. Alguns sugerem mudanças
296 fisionômicas, estruturais e florísticas ocasionadas pela variação local que existe nessas
297 formações, demonstrando ser a heterogeneidade ambiental um fator determinante na
298 florística dessas formações (BOTREL *et al.*, 2002; CARVALHO *et al.*, 2005; CRUZ *et*
299 *al.*, 2014; DURIGAN *et al.*, 2000; FERRAZ & RODAL, 2006; FERRAZ & RODAL,
300 2008; OLIVEIRA FILHO *et al.*, 1994, 1998; ROCHA *et al.*, 2005; SOUZA *et al.*, 2012;
301 SURATMAN *et al.*, 2015; VIANA & BARBOSA, 2013).

302 Ainda não há um consenso nos métodos para avaliar a distribuição espacial local
303 das populações, mas sabe-se que populações das diversas espécies vegetais estão
304 distribuídas ao longo de um mosaico ou de um gradiente ambiental existente
305 (RICKLEFS, 2010; BEGON *et al*, 2007). Porém, segundo Viana & Barbosa, (2013) a
306 heterogeneidade ambiental é o fator que determina a maior parte da distribuição das
307 populações de plantas herbáceas em uma floresta submontana em Pernambuco

308

309 2.2.2. Heterogeneidade ambiental em fragmentos de florestas submontana e montana

310

311 Estudos em ecossistemas florestais, independentemente da fisionomia
312 considerada, evidenciam existir variações espaciais em função da heterogeneidade
313 ambiental, oriunda das distintas condições de dossel e luminosidade, das variações
314 edáficas, de altitude e relevo (ESPÍRITO-SANTO *et al.*, 2002; CARDOSO e
315 SCHIAVINI, 2002; HIGUCHI *et al.*, 2008; SILVA *et al.*, 2009; OLIVEIRA FILHO *et*
316 *al.*, 2007; MONTE *et al*, 2007). Apesar de estudos tratarem dessas influencias
317 individualmente, todos esses fatores estão estritamente relacionados.

318 O gradiente topográfico é apontado em diversos trabalhos como a variável que
319 melhor explica a distribuição do número de indivíduos. Isso porque algumas espécies
320 são mais propensas a solos bem drenados, como nas encostas, e outras a solos mais
321 úmidos, como os encontrados nos vales (RICKLEFS, 2003). Assim, é comum a
322 distribuição das espécies arbóreo/arbustivas, ao longo do gradiente topográfico, estarem
323 associadas com variações de fertilidade, acidez e textura do solo (HIGUCHI *et al*, 2012;
324 SOUZA *et al*, 2012; VIANA & BARBOSA, 2013; POMPEU *et al*, 2014;
325 MAÇANEIRO *et al*, 2016).

326 Dentre os trabalhos em florestas montanas no Brasil, que procuraram avaliar a
327 influencia das variações do relevo e dos nutrientes do solo sobre os padrões florestais
328 encontrados, destaca-se o de Higuchi *et al.* (2012), em um fragmento de floresta
329 ombrófila mista montana, que constataram ser o pH do solo, o desnível por parcela e o
330 teor de Mg os fatores mais correlacionados com a estrutura e a florística do fragmento
331 estudado. As variações do solo associadas às variações de altitude também foram
332 avaliadas em outros trabalhos em florestas tropicais (ESPÍRITO SANTO *et al.*, 2002;
333 CARVALHO *et al.*, 2005; TEIXEIRA *et al.*, 2011), que obtiveram resultados similares
334 aos citados.

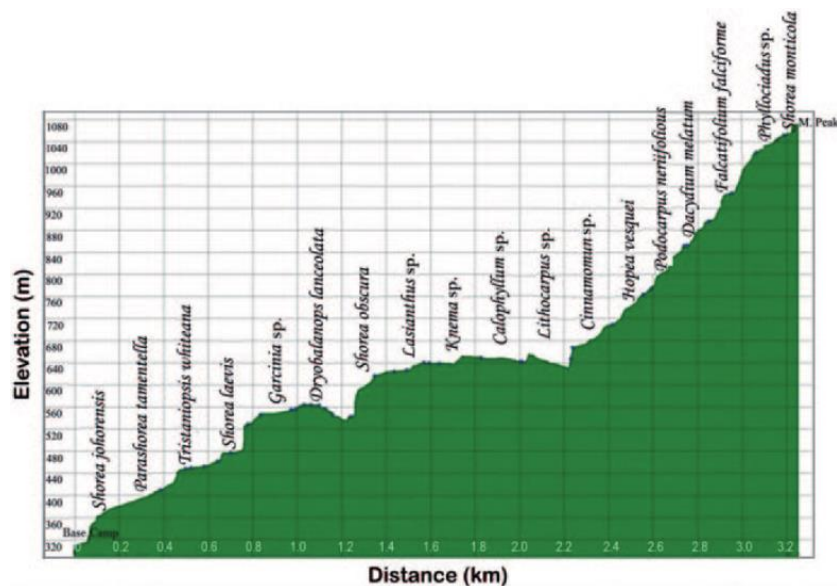
335 Outro aspecto importante ao correlacionar a distribuição de árvores com os
336 gradientes de solo e topográfico é permitir visualizar a formação de grupos florísticos
337 distintos e característicos de determinada condição. Como, por exemplo, Souza et al.
338 (2012), no Parque Estadual do Rio Doce (MG), observaram que a distribuição das
339 espécies era influenciada pelas variações da fertilidade, acidez e textura do solo.
340 Espécies como *Pera heteranthera* (Schrank) I.M.Johnst., *Astronium fraxinifolium*
341 Schott, *Pouteria torta* (Mart.) Radlk., *Machaerium brasiliense* Vogel, *Myrcia rufipes*
342 DC., *Swartzia apetala* Raddi e *Lecythis lurida* (Miers) S.A.Mori tiveram sua
343 distribuição relacionada com a baixa concentração de alumínio e a baixa fertilidade do
344 solo; enquanto espécies como *Pouteria venosa* (Mart.) Baehni, *Apuleia leiocarpa*
345 (Vogel) J.F.Macbr. e *Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose tiveram sua ocorrência
346 relacionadas à situação oposta, ou seja, a ambientes mais planos e com solos menos
347 ácidos e mais férteis. Segundo os autores o primeiro grupo de espécies pode ser
348 indicado para restauração de áreas degradadas em encostas e topos de morros. Desta
349 forma, relacionar as interações das plantas com determinadas condições e recursos do
350 solo são de grande relevância, pois como relata Assis et al., (2011) o filtro ambiental
351 imposto pelos solos é importante para a separação florística entre florestas.

352 Tomando como referência não apenas as respostas das plantas aos vários
353 gradientes, mas em que escala essas respostas são detectáveis, Meireles *et al.* (2008),
354 estudando uma área de mata na Serra da Mantiqueira, questionaram se “haveria nesta
355 pequena escala de fragmento mudanças na vegetação florestal capazes de serem
356 detectadas em um levantamento fitossociológico?”. Os autores encontraram que nas
357 partes mais altas houve aumento da dominância relativa das espécies, o que causou uma
358 redução no número de espécies, além da substituição florística. Alterações dessa
359 natureza também são citadas por Kitayama (1992), para um gradiente altitudinal na
360 Serra da Mantiqueira, onde por meio de análises multivariadas o autor constatou a
361 formação de um gradiente de substituição florística, ao longo do gradiente de altitude,
362 mesmo a área apresentando um desnível altitudinal pequeno, de cerca de 120m.

363 Ainda dentro da mesma abordagem de gradientes espaciais mais curtos,
364 Maçaneiro *et al.* (2016), estudaram os efeitos das variáveis ambientais (em escala local
365 de fragmento) na distribuição de espécies de plantas na Mata Atlântica, em Brusque-SC,
366 e constataram que espécies como *Actinostemon concolor* (Spreng.) Müll.Arg.,
367 *Calypttranthes lucida* Mart. ex DC. e *Euterpe edulis* Mart. foram associadas com o
368 ambiente localizado na base da encosta; enquanto *Amaioua guianensis* Aubl.,

369 *Aparisthium cordatum* (A.Juss.) Baill., *Guapira opposita* (Vell.) Reitz, *Myrcia*
 370 *brasiliensis* Kiaersk, *Ocotea aciphylla* (Nees & Mart.) Mez, *Ocotea pulchra* Vattimo-
 371 Gil e *Xylopia brasiliensis* Spreng. foram associadas com áreas de alta elevação.
 372 Associado a influencia do gradiente topográfico também verificaram que algumas
 373 espécies tiveram relação com a quantidade de argila no solo e o pH.

374 Estudos de gradientes altitudinais relatados para outras florestas montanas e
 375 submontanas mundiais, a exemplo do trabalho desenvolvido no estado de Sabah,
 376 Malasia, por Suratman *et al.* (2015) observaram que a dominância das espécies mudava
 377 ao longo do gradiente altitudinal, associando-as às cotas específicas (Figura 1). As
 378 famílias comuns até 800m foram Fabaceae e Euphorbiaceae, e estas foram substituídas
 379 por espécies das famílias Myrtaceae e Theaceae à medida que a altitude era modificada;
 380 além disso, constataram que a vegetação passou a ser mais baixa em relação à vegetação
 381 abaixo de 800m.



382
 383 **Figura 1:** “Perfil de elevação da trilha Imbak Canyon e algumas espécies comuns encontradas”
 384 (SURATMAN *et al.*, 2015).
 385

386 Em síntese, constata-se que a heterogeneidade ambiental é um produto da
 387 relação dos fatores abióticos e bióticos ao longo do espaço em diferentes escalas; e que
 388 no gradiente altitudinal diversos outros fatores e/ou gradientes formam-se em
 389 associação. Apesar de alguns estudos sugerirem que algumas variáveis ambientais
 390 possam ter maior influência nessas variações, todos eles apresentam um baixo valor de
 391 explicação (HIGUCHI *et al.*, 2012; MAÇANEIRO *et al.*, 2016), tornando-se necessária a
 392 realização de mais estudos para melhor entender a influência dessas variáveis

393 isoladamente e no conjunto das suas interações nas diferentes áreas de florestas
394 montanas e submontanas.

395

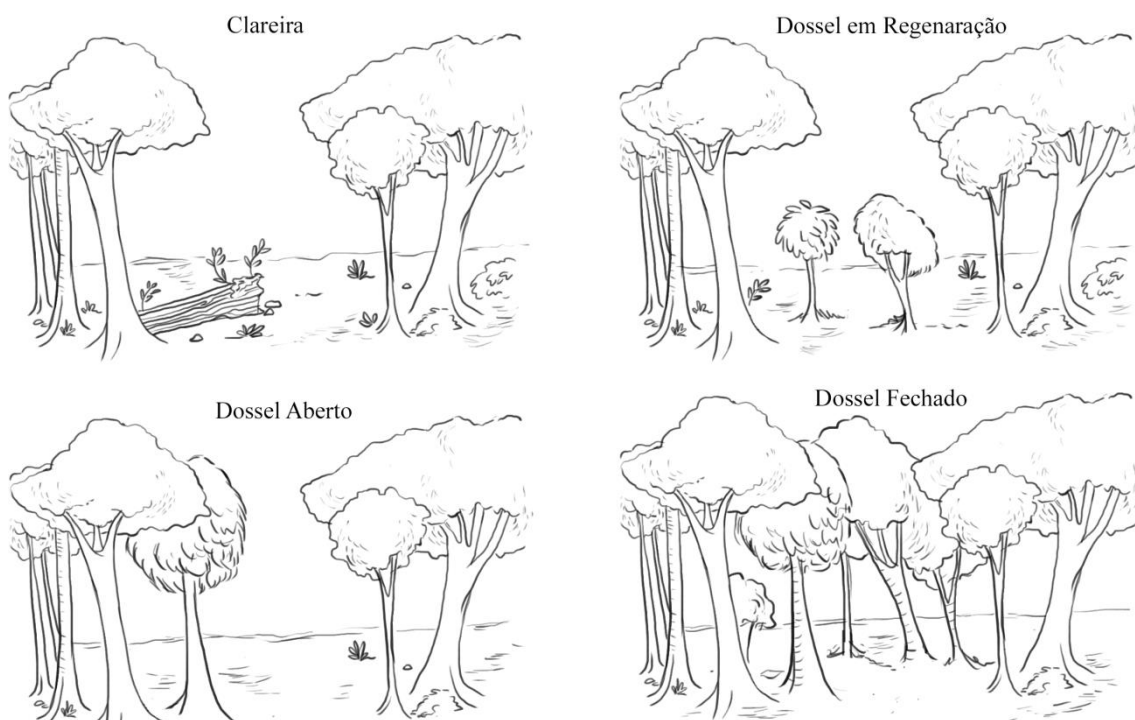
396 2.2.3. Cobertura do dossel: características e métodos de amostragem

397

398 A cobertura do dossel e o regime de luminosidade são aspectos que proporcionam uma
399 grande diversidade de microhabitats dentro de uma floresta (SUGANUMA *et al.*, 2008).
400 Sendo a abertura de clareiras, a complexidade estrutural do dossel e a deciduidade da
401 floresta as maiores causas dessa variação (BIANCHINI *et al.*, 2001). Entender as
402 condições que determinam a distribuição da fauna e da flora e relacioná-las aos regimes
403 de luminosidade como um recurso limitante é de suma importância para compreender os
404 processos ecológicos e fisiológicos dos vegetais nos diferentes estratos da floresta
405 (DENSLOW *et al.*, 1980; TURTON e FREIBURGER, 1997).

406

407



408

409

410

411

412

Figura 2: Representação das classes de cobertura de dossel mais comumente encontradas na literatura.
Ilustração: Ludmila Magroski

413

414

415

O dossel florestal é definido como uma camada superior da floresta formado pela sobreposição de folhas e/ou galhos de árvores e arbustos (LOWMAN & WITTMAN, 1996). No senso comum, quatro classes de cobertura de dossel são

416 facilmente reconhecidas, segundo Suganuma *et al* (2008): (1) a clareira, seja ela
417 provocada por queda natural de árvores, galhos, ou por influencia antrópica; (2) dossel
418 em regeneração, formado por espécies arbóreas que ultrapassam 2 m de altura
419 recompondo a estrutura de área que antes era uma clareira; (3) dossel aberto, árvores
420 adultas de alturas variadas onde as copas não se tocam, permitindo a existência de
421 pequenos espaços entre as copas onde a luz pode incidir; (4) dossel fechado, onde há
422 sobreposição e/ou entrelaçamento das copas das árvores do bosque e do sub-bosque
423 (Figura 1). Assim, o dossel e a distribuição de luz têm uma grande influencia no
424 desenvolvimento e manutenção dos processos ecológicos de uma floresta.

425 Diversos métodos foram usados ao longo das décadas para avaliar a cobertura do
426 dossel. Entre 1950 e 1960 um grupo de botânicos de Cambridge fez uso de lentes
427 hemisféricas, criadas por Robin Hill em 1924, para a obtenção de fotografias de baixo
428 para cima com o intuito de caracterizar a iluminação do interior da floresta
429 (ANDERSON, 1964). A partir desse trabalho se começou a estabelecer metodologias
430 para caracterização do dossel nas florestas. Apenas com os avanços tecnológicos foi
431 possível fazer e analisar as fotografias como imagens digitalizadas em programas de
432 edição de imagens. O que aumentou a aplicação dessa metodologia, principalmente por
433 ter acelerado os processos de análises, que antes eram manuais e vagarosas
434 (MITCHELL e WHITMORE, 1993).

435 Assim, usar fotos hemisféricas e/ou digitais comuns tornou-se a alternativa para
436 se estimar a cobertura do dossel (CHAVES, 2005; LEBLANC *et al.*, 2005). Chaves
437 (2005) utilizou de fotos digitais comuns para medir a cobertura vegetal em
438 povoamentos de eucalipto. O processamento de fotografias digitais, em aplicativos
439 como o Erdas e o ImageJ, passa por um processo automático onde a foto é convertida
440 em uma escala de cinza. Onde a tonalidade mais clara irá representar a porção aberta do
441 dossel, no caso o céu, enquanto a tonalidade mais escura representa os elementos do
442 dossel (galhos, folhas, troncos). Segundo Monte (2007), quanto maior for o número de
443 classes de cinza, mais fácil é a separação entre o céu e o dossel. Pelo fato de as folhas
444 apresentarem diferentes graus de transmissão da radiação e poderem ser classificadas
445 em diferentes tonalidades. Outro aplicativo, o Sidelook 1.1, pode classificar as
446 fotografias na banda azul, vermelho, verde e cinza. Já o Gap Light Analyzer-GLA 2.0
447 trabalha com fotos em escala azul. Para depois gerar uma imagem binária, preto e
448 branco.

449 Guilherme (2000) desenvolveu um estudo na mata da galeria do Monjolo,
450 Reserva Ecológica do IBGE (RECOR), Brasília-DF, para avaliar o efeito da cobertura
451 do dossel na densidade e estrutura de gramíneas. Para analisar o efeito da cobertura do
452 dossel ele utilizou um “*densiômetro esférico florestal*” côncavo, para determinar o nível
453 de cobertura do dossel em cada parcela. A cobertura do dossel variou de 57,55% a
454 77,34% (média \pm DP = 72,55% \pm 4,76%). Também foi realizado um coeficiente de
455 correlação e constatado que houve uma correlação negativa ($p=0,05$) entre a densidade
456 de indivíduos lenhosos oriundos da regeneração natural e o nível de cobertura do dossel.
457 A ocorrência desses indivíduos aumentou à medida que o índice de cobertura do dossel
458 foi menor. Já entre as gramíneas e o nível de fechamento do dossel, não foi encontrado
459 valores significativos.

460 No estudo desenvolvido na Fazenda Experimental Edgardia, da Universidade
461 Estadual Paulista (UNESP), Botucatu, São Paulo, Fonseca *et al.*, (2000) utilizou um
462 densiômetro esférico de copa, que reflete uma parte do dossel em um espelho côncavo
463 quadriculado, para estimar a porcentagem da cobertura através da contagem dos
464 quadrados interceptados pela folhagem. Porém, segundo os resultados, não foi possível
465 diferenciar as parcelas por meio da porcentagem da cobertura do dossel.

466 Monte *et al* (2007), desenvolveu um estudo com povoamento de *Eucalyptus*
467 *grandis* no município de Abaeté, Minas Gerais. Para obter a cobertura do dossel, o
468 mesmo utilizou de fotografias digitais coloridas a 0,5 m do solo. Sendo todas as
469 fotografias retiradas entre os períodos de 7 e 9:30 da manhã e 16 e 17:30 na tarde,
470 evitando os horários de maior incidência solar. As fotografias digitais foram
471 classificadas por meio dos aplicativos Erdas Imagine 8.5 (Leica Geosystems, 1999),
472 Gap Light Analyzer-GLA 2.0 (Frazer *et al.*, 1999) e Sidelook 1.1 (Nobis, 2005) para
473 obtenção da cobertura do dossel. Com isso os autores concluíram que o uso de fotos
474 digitais com maior resolução permite uma maior diferenciação entre o céu e o dossel.
475 Assim como o uso de níveis de cinza e a determinação automática no Sidelook 1.1,
476 como o método mais adequado para a classificação das fotografias digitais utilizadas.

477

478 **3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

479

480 AMORIM, A.M.; JARDIM, J.G.; LOPES, M.M.M.; FIASCHI, P.; BORGES, R.A.X.;
481 PERDIZ, R.O.; THOMAS, W.W. (2009) Angiospermas em remanescentes de
482 floresta montana no sul da Bahia, Brasil. *Biota Neotropica* 9(3): 313-348

483 AGRA, M. F.; BARBOSA, M.R.V.; STEVENS, W.D. (2004) Levantamento Florístico
484 Preliminar do Pico do Jabre, Paraíba, Brasil. In: PORTO, K.C.; CABRAL, J.J.P.;
485 TABARELLI, M. (eds) Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história
486 natural, ecologia e conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Série
487 Biodiversidade (9): 123-138

488 ALDRICH, M.; BILLINGTON, C.; EDWARDS, M.; LAIDLAW, R. (1997) Tropical
489 montane cloud forests: an urgent priority for conservation. World Conservation
490 Monitoring Centre, Biodiversity Bulletin, Cambridge, n 2

491 ANDERSON, M. (1964) Studies of the woodland light climate. The photographic
492 computation of light conditions. *Journal of Ecology* 52: 27-41

493 ANDRADE, K.V.S.A.; RODAL, M.J.N. (2004) Fisionomia e estrutura de um
494 remanescente de floresta estacional semidecídua de terras baixas no Nordeste do
495 Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 27(3): 463-474

496 ASSIS, M.A.; PRATA, E.M.B; PEDRONI, F.; SANCHEZ, M.; EISENLOHR, P.V.;
497 MARTINS, F.R.; SANTOS, F.A.M.; TAMASHIRO, J.Y.; ALVES, L.F.;
498 VIEIRA, S.A.; PICCOLO, M.C.; MARTINS, S.C.; CAMARGO, P.B.;
499 CARMO, J.B.; SIMÕES, E.; MARTINELLI, L.A.; JOLY, C.A. (2011) Florestas
500 de restinga e de terras baixas na planície costeira do sudeste do Brasil: vegetação
501 e heterogeneidade ambiental. *Biota Neotropica* 11(2): 103-121

502 BARBOSA, M.R.V.; AGRA, M.F.; SAMPAIO, E.V.S.B.; CUNHA, J.P.; ANDRADE,
503 L.A. (2004) Diversidade Florística na Mata do Pau-Ferro, Area, Paraíba. In:
504 PORTO, K.C.; CABRAL, J.J.P.; TABARELLI, M. (eds) Brejos de altitude em
505 Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação. Brasília:
506 Ministério do Meio Ambiente, Série Biodiversidade (9): 111-121

507 BERTONCELLO, R.; YAMAMOTO, K.; MEIRELES, L.D.; SHEPHERD, G.J. (2011)
508 A phytogeographic analysis of cloud forests and other forest subtypes amidst the
509 Atlantic forests in south and southeast Brazil. *Biodivers Conserv* 20: 3413–3433

510 BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HAPER, J. L. (2007) *Ecologia: De indivíduos a*
511 *ecossistemas*. Porto Alegre, ARTMED, 4º edição

512 BENÍTEZ, A.; PRIETO, M.; GONZÁLEZ, Y.; ARAGÓN, G. (2012) Effects of tropical
513 montane forest disturbance on epiphytic macrolichens. *ELSEVIER* 441: 169-175

514 BIANCHINI, E.; PIMENTA, J.A.; SANTOS, F.A.M. (2001) Spatial and temporal
515 variation in a Tropical Semi-deciduous Forest. *Brazilian Archives of Biology*
516 *and Technology* 44: 269-276

- 517 BOTREL, R. T.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; RODRIGUES, L. A.; CURI, N. (2002)
518 Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e
519 estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional
520 semidecidual em Ingaí, MG. *Revista Brasileira de Botânica* 25: 195-213
- 521 BÜNGER, M.O.; STEHMANN, J.R.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. (2014) Myrtaceae
522 throughout the Espinhaço Mountain Range of central-eastern Brazil: floristic
523 relationships and geoclimatic controls. *Acta bot. bras.* 28(1): 109–119
- 524 CARDOSO, E.; SCHIAVINI, I. (2002) Relação entre distribuição de espécies arbóreas
525 e topografia em um gradiente florestal na Estação Ecológica do Panga
526 (Uberlândia, MG). *Revista Brasileira de Botânica* 25(3): 277-289
- 527 CARVALHO, D. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; BERG, E. V. D.; FONTES, M. A. L.;
528 VILELA, E. A.; MARQUES, J. J. G. S. M.; CARVALHO, W. A. C. (2005)
529 Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta
530 ombrófila alto-montana às margens do Rio Grande, Bocaina de Minas, MG,
531 Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 19(1): 91-109
- 532 CHAVES, R.A. (2005) Dinâmica de copa e crescimento de plantas de clone de
533 *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden submetidas a desrama artificial e a
534 desbaste. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa
- 535 CRUZ, B.P.; CASTRO, E.M.; CARDOSO, M.G.; SOUZA, K.F.; MACHADO, S.M.F.;
536 POMPEU, P.V.; FONTES, M.A.L. (2014) Comparison of leaf anatomy and
537 essential oils from *Drimys brasiliensis* Miers in a montane cloud forest in
538 Itamonte, MG, Brazil. *Botanical Studies* 55(1): 41-55
- 539 DALE, M.R.T. (1999) Spatial pattern analysis in plant ecology. New York, Cambridge
540 University Press. 326p
- 541 DENSLOW, J.S. (1980) Gap partitioning among tropical rainforest trees. *Biotropica*
542 12(suppl.): 47-55
- 543 DURIGAN, G.; RODRIGUES, R. R.; SCHIAVINI, I. (2000) A heterogeneidade
544 ambiental definindo a metodologia de amostragem da floresta ciliar. In:
545 RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Eds.). *Matas ciliares: conservação*
546 *e recuperação*. São Paulo: EDUSP: 159-167
- 547 ESPÍRITO-SANTO, F. D. B.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; MACHADO, E.L.M.;
548 SOUZA, J.S.; FONTES, M.A.L.; MARQUES, J.J.G.S.M. (2002) Variáveis
549 ambientais e a distribuição de espécies arbóreas em um remanescente de floresta

550 estacional semidecídua montana no campus da Universidade Federal de Lavras,
551 MG. *Acta Botânica Brasílica* 16(3): 331-356

552 FERRAZ, E.M.N. (2002) Panorama da floresta atlântica no estado de Pernambuco. In:
553 E.L. Araújo; A.N. Moura; E.V.S.B. Sampaio; L.M.S. Gestinari & J.M.T.
554 Carneiro. (eds.). *Biodiversidade, Conservação e Uso sustentável da Flora do*
555 *Brasil*. Recife, Imprensa Universitária: 23-26

556 FERRAZ, E.M.N; RODAL, M.J.N. (2006) Caracterização fisionômica-estrutural de um
557 remanescente de floresta ombrófila montana de Pernambuco, Brasil. *Acta*
558 *Botanica Brasilica* 20(4): 911–926

559 FERRAZ, E.M.N; RODAL, M.J.N. (2008) Floristic Characterization of a Remnant
560 Ombrophilous Montane Forest at São Vicente Férrer, Pernambuco, Brazil. In
561 Thomas WW (ed) *The Atlantic coastal forests of Northeastern Brazil*. *Memoirs*
562 *of The New York Botanical Garden* 100: 468–510

563 FONSECA, R.C.B.; RODRIGUES, R.R. (2000) Análise estrutural e aspectos do
564 mosaico sucessional de uma floresta semidecídua em Botucatu, SP. *Scientia*
565 *Forestalis* 57: 27-43

566 GAMA, J.R.V; BOTELHO, S.A.; BENTES-GAMA, M.M. (2002) Composição
567 florística e estrutura da regeneração natural de floresta secundária de várzea
568 baixa no Estuário Amazônico. *Revista Árvore* 26(5): 559-566

569 GIVNISH, T.J. (1999) On the causes of gradients in tropical tree diversity. *Journal of*
570 *Ecology* 87(2): 193–210

571 GUILHERME, F.A.G. (2000) Efeitos da cobertura de dossel na densidade e estatura de
572 gramíneas e da regeneração natural de plantas lenhosas em Mata de Galeria,
573 Brasília - DF. *Cerne* 6:60-66

574 HIGUCHI, P.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; SILVA, A.C.; MACHADO, E.L.M.;
575 SANTOS, R.M.; PIFANO, D.S. (2008) Dinâmica da comunidade arbórea em
576 um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, Minas
577 Gerais, em diferentes classes de solos. *Revista Árvore* 32(3): 417-426

578 HIGUCHI, P.; SILVA, A.C.; FERREIRA, T.S.; SOUZA, S.T.; GOMES, J.P.; SILVA,
579 K.M.; SANTOS, K.F.; LINKE, C.; PAULINO, P.S. (2012) Influência de
580 variáveis ambientais sobre o padrão estrutural e florístico do componente
581 arbóreo em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana, em Lages, SC.
582 *Ciência Florestal* 22(1): 79-90

- 583 KITAYAMA, K. (1992) An altitudinal transect study of the vegetation on Mount
584 Kinabalu, Borneo. *Vegetation* 102:149-171
- 585 KOZERA, C.; DITTRICH, V.A.O.; SILVA, S.M. (2006) Fitossociologia do
586 componente arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana,
587 Curitiba, PR, BR. *Floresta* 36(2): 225-237
- 588 LARCHER, W. (2000) *Ecofisiologia vegetal*. São Carlos: Rima, 531p
- 589 LEBLANC, S.G.; CHEN, J.M.; FERNANDES, R.; DEERING, D.W.; CONLEY, A.
590 (2005) Methodology comparison for canopy structure parameters extraction
591 from digital hemispherical photography in boreal forests. *Agricultural and Forest*
592 *Meteorology* 129: 187- 207
- 593 LEES, A. C.; ALBANO, C.; KIRWAN, G. M.; PACHECO, J. F.; WHITTAKER, A.
594 (2014) The end of hope for Alagoas Foliage-gleaner *Philydor novaesi*?
595 *Neotropical Birding* 14: 20-28
- 596 LIMA, R.A.F.; SOUZA, V.C.; DITTRICH, V.A.O.; SALINO, A. (2012) Composição,
597 diversidade e distribuição geográfica de plantas vasculares de uma Floresta
598 Ombrófila Densa Atlântica do Sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*, 12(1): 241-
599 249
- 600 LOPES, C.G.R.; FERRAZ, E.M.N.; ARAÚJO, E.L. (2008) Physiognomic-Structural
601 characterization of Dry- and Humid-forest fragments (Atlantic Coastal Forest) in
602 Pernambuco State, NE Brazil. *Plant Ecology* 20: 1-18
- 603 LOWMAN, M.D.; WITTMAN, P.K. (1996) *Forest Canopies: Methods, Hypotheses and*
604 *Future directions*. *Annu. Rev. Ecological. System.* 27: 55-81
- 605 MAÇANEIRO, J.P., OLIVEIRA, L.Z., SEUBERT, R.C., EISENLOHR, P.V.,
606 SCHORN, L.A. (2016) More than environmental control at local scales: do
607 spatial processes play an important role in floristic variation in subtropical
608 forest? *Acta Botanica Brasilica* 30(2): 183-192
- 609 MEIRA-NETO, J. A. A.; MARTINS, F. R. (2000) *Estrutura da Mata da Silvicultura,*
610 *uma floresta estacional semidecidual montana no município de Viçosa, MG.*
611 *Revista Árvore* 21(2): 151-160
- 612 MEIRELES, L.D.; SHEPHERD, G.J. & KINOSHITA, L.S. (2008) Variações na
613 composição florística e na estrutura fitossociológica de uma floresta ombrófila
614 densa Alto-Montana na Serra da Mantiqueira, Monte Verde, MG. *Revista*
615 *Brasileira de Botânica* 31(4): 559-574

- 616 MELO, A., AMORIM, B.S., PESSOA, E., MACIEL, J.F., ALVES, M. (2016) Serra do
617 Urubu, a biodiversity hot-spot for angiosperms in the northern Atlantic Forest
618 (Pernambuco, Brazil). Checklist 12(1): 1842
- 619 MELO, J. I. M.; RODAL, M. J. N. (2003) Levantamento florístico de um trecho de
620 floresta serrana no planalto de Garanhuns, estado de Pernambuco. Acta
621 Scientiarum: Biological Sciences, Maringá 25(1): 173-178
- 622 MITCHELL, P.L. & WHITMORE, T.C. (1993) Use of hemispherical photographs in
623 Forest Ecology. Oxford. Forestry Institute Occasional Papers 44: 1-39
- 624 MONTE, M. A.; REIS, M. G. F.; REIS, G. G.; LEITE, H. G.; STOCKS, J. J. (2007)
625 Métodos indiretos de estimação da cobertura de dossel em povoamentos de
626 clone de eucalipto. Pesquisa Agropecuária Brasileira 42(6): 769-775
- 627 MYEARS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.;
628 KENT, J. (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, 403:
629 852-858
- 630 OLIVEIRA FILHO, A.T., MACHADO, J.N.M. (1993) Composição florística de uma
631 floresta semidecídua montana na Serra de São José, Tiradentes, Minas Gerais.
632 Acta bot. bras. 7: 71-88
- 633 OLIVEIRA FILHO, A. T.; SCOLFORO, J. R.; MELLO, J. M. (1994) Composição
634 florística e estrutura comunitária de um remanescente de floresta semidecídua
635 montana em Lavras, MG. Revista Brasileira de Botânica 17(1): 167-182
- 636 OLIVEIRA FILHO, A.T.; CURI, N.; VILELA, E.A.; CARVALHO, D.A. (1998)
637 Effects of canopy gaps, topography, and soils on the distribution of woody
638 species in a Central Brazilian Deciduous Dry Forest. Biotropica 30(3): 362-375
- 639 OLIVEIRA FILHO, A.T.; CARVALHO, W.A.C.; MACHADO, E.L.M.; HIGUCHI, P.;
640 CASTRO, G.C.; SILVA, A.C.; SANTOS, R.M.; BORGES, L.F.R.; CORRÊA,
641 B.S. & ALVES, J.M. (2007) Dinâmica da comunidade e populações arbóreas da
642 borda e interior de um remanescente florestal na serra da Mantiqueira, Minas
643 Gerais, em um intervalo de cinco anos (1999-2004). Revista Brasileira de
644 Botânica 30: 149-161
- 645 PESSOA, E.; ALVES, M. (2015) Synopsis of Orchidaceae from Serra do Urubu: an
646 area of montana forest, Pernambuco State, Brazil. Hoehnea, 42(1): 109-133
- 647 POMPEU, P.V.; FONTES, M.A.L.; SANTOS, R.M.; GARCIA, P.O.; BATISTA, T.A.;
648 CARVALHO, A.C.; OLIVEIRA-FILHO, A.T. (2014) Floristic composition and

649 structure of an upper montane cloud forest in the Serra da Mantiqueira Mountain
650 Range of Brazil. *Acta Botanica Brasilica* 28(3): 456–464

651 RICHARDS, P. W. (1996) *The tropical rainforest: an ecological study*. 2^a edition.
652 Cambridge: Cambridge University Press, 600p

653 RICKLEFS, R.E. (2010) *A Economia da Natureza*. 6a ed., Rio de Janeiro: Guanabara
654 Koogan

655 ROCHA, C.T.V.; CARVALHO, D.A.; FONTES, M.A.L.; OLIVEIRA FILHO, A.T.;
656 VAN DEN BERG, E.; MARQUES, J.J.G.S.M. (2005) Comunidade arbórea de
657 um continuum entre floresta paludosa e de encosta em Coqueiral, Minas Gerais,
658 Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 28(2): 203-218

659 RODAL, M.J.N., LUCENA, M.F.A., ANDRADE, K.V.S.A., MELO, A.L. (2005) Mata
660 do Totó: uma floresta estacional semidecidual de terras baixas no nordeste do
661 Brasil. *Hoehnea* 32(2): 283-294

662 RODAL, M. J. N.; SALES, M. F. (2007) Composição da flora vascular em um
663 remanescente de floresta Montana no semi-árido do nordeste do Brasil. *Hoehnea*
664 34(4): 433-446

665 RONDON NETO, R.M., BOTELHO, S.A., FONTES, M.A.L., DAVIDE, A.C.;
666 FARIA, J.M.R. (2000) Estrutura e composição florística da comunidade
667 arbustivo arbórea de uma clareira de origem antrópica em uma floresta
668 estacional semidecídua montana, Lavras, MG. *Cerne* 6:79-94

669 RONDON NETO, R. M., WATZLAWICK, L. F.; CALDEIRA, M. V. W.;
670 SCHOENINGER, E. R. (2002) Análise florística e estrutural de um fragmento
671 de floresta ombrófila mista Montana, situado em Criúva, RS – Brasil. *Ciência*
672 *Florestal* 12 (1): 29-37

673 ROSSETO, V.; SANTOS, F.A.M. (2007) A heterogeneidade ambiental de três
674 fisionomias florestais em um fragmento em Campinas (SP). *Revista Brasileira*
675 *de Biociências* 5(1): 408–410

676 SILVA, N.R.S.; MARTINS, S.V.; MEIRA-NETO, J.A.A.; SOUZA, A.L. (2004)
677 Composição florística e estrutura de uma Floresta Estacional Semidecidual
678 Montana em Viçosa, MG. *Revista Árvore* 28(3): 397-405

679 SILVA, J.R.; MAILARD, F.; COSTA-PEREIRA, P.S.; ANDRADE, C.F. (2009)
680 Comparação de métodos indiretos para medição de abertura do dossel no
681 cerrado, utilizando observações obtidas nos trabalhos de campo e fotos

682 hemisféricas digitais. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,
683 3059-3064

684 SOUZA, P.B.; LELIS, J.J.; SCHAEFER, C.E.G.R.; SOUZA, A.L.; MEIRA-NETO,
685 J.A.A. (2012) Distribution of tree species in a geomorphological and pedological
686 gradient of submontane semideciduous seasonal forest in the vicinity of Rio Doce
687 state park, Minas Gerais. *Revista Árvore* 36(4): 707–718

688 SUGANUMA, M.S.; TOREZAN, J.M.D.; CAVALHEIRO, A.L.; VANZELA, A.L.L.;
689 BENATA, T. (2008) Comparando metodologias para avaliar a cobertura do
690 dossel e a luminosidade no sub- bosque de um reflorestamento e uma floresta
691 madura. *Revista Árvore* 32(2): 377-385

692 SURATMAN, M.N.; HAMID, N.H.A.; SABRI, M.D.M.; KUSIN, M.; YAMANI,
693 S.A.K. (2015) Changes in Tree Species Distribution Along Altitudinal Gradients
694 of Montane Forests in Malaysia. *Climate Change Impact On High-Altitude*
695 *Ecosystem*, 696

696 TABARELLI, M.; PINTO, L.P.; SILVA, J.M.C.; HIROTA, M.M.; BEDÊ, L.C. (2005)
697 Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata
698 Atlântica brasileira. *Megadiversidade* 1(1): 132–138

699 TAVARES, M.C.G.; RODAL, M.J.N.; MELO, A.L. & ARAÚJO, M.F. (2000)
700 Fitossociologia do componente arbóreo de um trecho de Floresta Ombrófila
701 Montana do Parque Ecológico João Vasconcelos Sobrinho, Caruaru,
702 Pernambuco. *Naturalia* 25: 17-32

703 TEIXEIRA, A.P.; ASSIS, M.A.; LUIZE, B.G. (2011) Vegetation and environmental
704 heterogeneity relationships in a Neotropical swamp forest in southeastern Brazil
705 (Itirapina, SP). *Aquatic Botany* 94: 17-23

706 THOMAS WW, BARBOSA MRV (2008) Natural Vegetation Types in the Atlantic
707 Coastal Forest of Northeastern Brazil. In THOMAS WW (ed) *The Atlantic*
708 *coastal forests of Northeastern Brazil. Memoirs of The New York Botanical*
709 *Garden*. 100: 6-20

710 THOMAS WW, CARVALHO AMV, AMORIM AM, HANKS JG, SANTOS TS
711 (2008) Diversity of woods plants in the Atlantic Coastal Forest of Southern
712 Bahia, Brazil. In THOMAS WW (ed) *The Atlantic coastal forests of*
713 *Northeastern Brazil. Memoirs of The New York Botanical Garden* 100: 21-66

714 THOMAS, W.W.; JARDIM, J. G.; FIASCHI, P.; MARIANO-NETO, M.; AMORIM,
715 A. M. (2009) Composição Florística e Estrutura do Componente Arbóreo de

716 uma Área Transicional de Floresta Atlântica no Sul da Bahia, Brasil. Revista
717 Brasileira de Botânica 32 (1): 41-54

718 TURTON, S.M.; FREIBURGER, H.J. (1997) Edge and aspect effects on the
719 microclimate of a small tropical forest remnant on the Atherton Tableland,
720 northeastern Australia. In: LAURENCE, W. F.; BIERREGAARD, R. O.
721 Tropical forest remnants. Chicago: The University of Chicago: 45-54

722 VELOSO, H.P. (1992) Sistema fitogeográfico. In: Manual técnico da vegetação
723 brasileira. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e
724 Estatística. Série Manuais Técnicos em Geociências 1: 9-38

725 VIANA, J.L., BARBOSA, M.R.V. (2013) Estrutura e composição do estrato herbáceo
726 em um remanescente de Floresta Semidecidual Submontana no Nordeste do
727 Brasil. *Sitientibus* 13: 10.13102/scb216

728

729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740

Capítulo 1

741
742
743
744
745
746
747
748
749

A ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO É AFETADA PELA HETEROGENEIDADE AMBIENTAL PRESENTE EM
UM FRAGMENTO DE FLORESTA MONTANA?

750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769

Artigo a ser enviado a *Plant Ecology*

770 **A estrutura da vegetação é afetada pela heterogeneidade ambiental presente em**
771 **um fragmento de floresta montana?**

772 Renato Magnum Tavares Costa¹; William Wayt Thomas²; Elba Maria Nogueira Ferraz³

773 **Resumo**

774 Objetivou-se avaliar se a heterogeneidade topográfica, em escala de fragmento, causa
775 variações estruturais na vegetação lenhosa, nos solos e na biomassa de serrapilheira,
776 bem como se os solos e a serrapilheira são preditores de mudanças nas densidades,
777 diâmetro e altura das plantas de uma área protegida de Floresta Semidecidual Montana
778 da Reserva Particular do Patrimônio Natural. Foram plotadas 50 parcelas contínuas de
779 20x10 m, distribuídas nas condições de topo, encosta e vale e incluídos todos os
780 indivíduos com diâmetro a altura do peito (DAP) ≥ 5 . Foram mensuradas/coletadas em
781 cada parcela as seguintes variáveis ambientais: altitude, biomassa de serrapilheira,
782 cobertura do dossel e amostras compostas de solo. A densidade total registrada para o
783 fragmento foi de 1.653 ind.ha⁻¹ e a área basal total de 25,9 m².ha⁻¹. As condições
784 topográficas de topo e encosta diferiram significativamente para o número de
785 indivíduos, altura e diâmetro, sendo os dois primeiros maiores no topo e o diâmetro na
786 encosta. A cobertura do dossel não diferiu entre condições. A análise de regressão linear
787 simples indicou que das variáveis do solo, apenas os teores de alumínio e magnésio
788 foram influenciados pelas variações de altitude presentes no fragmento. A biomassa de
789 serrapilheira variou de 3,38 t/ha (vale) a 4,45 t/ha (encosta). As análises de regressão
790 linear múltipla mostraram que entre os parâmetros estruturais da vegetação a
791 distribuição do número de indivíduos variou em função da altitude, do pH e do cálcio; a
792 de diâmetro em relação a biomassa de serrapilheira e a altitude; e as variações de altura
793 e cobertura do dossel não tiveram relação com as variáveis abióticas analisadas.
794 Conclui-se que o filtro ambiental imposto pelas variações de altitude e de solo pode
795 atuar numa escala local de fragmento como indutores de variações na estrutura da
796 vegetação, notadamente em fragmentos florestais que apresentem heterogeneidade
797 topográfica acentuada e que entender essas relações é de extrema importância para
798 traçar uma política de conservação das florestas montanas.

799 **Palavras-chave:** Floresta tropical úmida, variação topográfica, solo, biomassa de
800 serrapilheira, cobertura de dossel, estrutura da vegetação.

801

802 R.M.T. Costa¹

803 Programa de Pós Graduação em Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco,
804 Av. Dom Manoel Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife-PE. CEP: 52.171-900, Brasil.
805 e-mail: renato.magnum2@gmail.com

806

807 W.W. Thomas²

808 The New York Botanical Garden, Bronx, NY 10458-5126, USA.

809

810 E.M.N. Ferraz³

811 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE). Av.
812 Professor Luiz Freire, 500, Cidade Universitária, Recife-PE. CEP: 50.740-540, Brasil.

813

814 **Does the environmental heterogeneity present in a montane forest fragment affect**
815 **the vegetation structure?**

816 Renato Magnum Tavares Costa¹; William Wayt Thomas²; Elba Maria Nogueira Ferraz³

817

818 **Abstract** - The objective of this study was to evaluate if the topographic heterogeneity,
819 on a fragment scale, causes structural variations in woody vegetation, soils and litter
820 biomass, as well as whether soils and litter are predictors of changes in plant density,
821 diameter and height. A protected area of Montana Semi-deciduous Forest of the Private
822 Reserve of the Natural Patrimony. A total of 50 continuous plots of 20x10 m were
823 plotted in the top, slope and valley conditions and included all individuals with breast
824 height diameter (DAP) ≥ 5 . The following environmental variables were measured /
825 collected in each plot: altitude, biomass of litter cover, canopy cover and composite soil
826 samples. The total density recorded for the fragment was 1,653 ind.ha⁻¹ and the total
827 basal area was 25.9 m².ha⁻¹. The topographic and slope topographic conditions differed
828 significantly for the number of individuals, height and diameter, with the first two
829 largest at the top and the diameter at the slope. The canopy cover did not differ between
830 conditions. The simple linear regression analysis indicated that of the soil variables,
831 only the aluminum and magnesium contents were influenced by the altitude variations
832 present in the fragment. The litter biomass ranged from 3.38 t/ha (valley) to 4.45 t/ha
833 (slope). Multiple linear regression analysis showed that among the structural parameters
834 of the vegetation the distribution of the number of individuals varied as a function of
835 altitude, pH and calcium; the diameter in relation to litter biomass and altitude; and the
836 height and canopy cover variations were not related to the analyzed abiotic variables. It
837 is concluded that the environmental filter imposed by altitude and soil variations can act
838 on a local fragment scale as inducers of variations in vegetation structure, especially in
839 forest fragments that show marked topographic heterogeneity and that understanding
840 these relationships is extremely important for Policy for the conservation of mountain
841 forests.

842

843 **Keywords:** Rainforest, topographic variation, soil, litter biomass, canopy cover,
844 vegetation structure.

845

846 R.M.T. Costa¹

847 Programa de Pós Graduação em Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco,
848 Av. Dom Manoel Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife-PE. CEP: 52.171-900, Brasil.
849 e-mail: renato.magnum2@gmail.com

850

851 W.W. Thomas²

852 The New York Botanical Garden, Bronx, NY 10458-5126, USA.

853

854 E.M.N. Ferraz³

855 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE). Av.
856 Professor Luiz Freire, 500, Cidade Universitária, Recife-PE. CEP: 50.740-540, Brasil.

857 INTRODUÇÃO

858

859 A compreensão de como as variações ambientais influenciam a biodiversidade é um eixo
860 crescente nos estudos de ecologia e biogeografia (JONES et al., 2008). A heterogeneidade ambiental tem
861 sido indicada como forte contribuinte para a elevada diversidade de espécies de plantas (PALMER,
862 1994), prevendo uma maior coexistência das espécies quanto maior forem os habitats e sua variabilidade
863 de recursos (MACARTHUR & WILSON, 1967). A hipótese de que ambientes mais heterogêneos
864 suportam um maior número de espécies, por dispor de mais nichos, refúgios e recursos é bem aceita
865 (LEVIN, 1974) e também apoiada por estudos em comunidades animais (MACARTHUR & WILSON,
866 1967; HUSTON, 1979).

867 Ricklefs (1977) explica que a heterogeneidade ambiental, principalmente, decorrente das
868 variações espaciais das condições de solo e aspectos inerentes ao clima, dentre outros, influenciam o
869 estabelecimento das comunidades vegetais. Em escala de paisagem, visualiza-se a classificação dos
870 diferentes biomas, que mesmo representados por um tipo predominante de ambiente são classificados de
871 acordo com o macroclima, fisionomia, solo e altitude (COUTINHO, 2006), apresentando grandes
872 diferenças estruturais e florísticas. Ainda na escala de paisagem, podemos relatar as diferenças ao longo
873 da Floresta Atlântica, nas altitudes, duração do período seco, composição florística, fisionomia e
874 deciduidade da floresta (THOMAS & BARBOSA, 2008).

875 O gradiente topográfico é apontado como uma variável que explica a distribuição do número de
876 indivíduos. Isso porque algumas espécies são mais propensas a solos bem drenados, como nas encostas, e
877 outras a solos mais úmidos, como os encontrados nos vales (RICKLEFS, 2010). Assim, é comum a
878 distribuição das espécies arbóreo/arbustivas, ao longo do gradiente topográfico, estarem associadas com
879 biomassa de serapilheira, variações de fertilidade, acidez e textura do solo (MEIRELES *et al.*, 2008;
880 HIGUCHI *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2012; VIANA & BARBOSA, 2013; POMPEU *et al.*, 2014;
881 MAÇANEIRO *et al.*, 2016). Sendo assim, entender a heterogeneidade existente nos diferentes ambientes,
882 a qual poderá restringir ou não a existência de espécies e seu desenvolvimento, é importante para a
883 conservação da biodiversidade e melhoria do conhecimento a cerca da distribuição espacial das espécies.

884 Em uma escala de fragmento, a heterogeneidade ambiental é relacionada com a variação espacial
885 e formação de microhabitats, que condicionam o estabelecimento das espécies vegetais (HUTCHINGS,
886 1989) e sua ocupação em nichos diferenciados (LUNDHOLM, 2009; LEE & CHUN, 2016). Assim a
887 cobertura vegetal de morros, serras e montanhas pode sofrer influencia local, principalmente, das
888 variações de altitude, topografia, microclima e solo, as quais podem modificar a sua composição e
889 estrutura (FERRAZ et al., 2003). Higuchi et al. (2012), por exemplo, constataram para um fragmento de
890 Floresta Ombrófila Mista Montana no sul do Brasil que as diferenças de acidez dos solos e de saturação
891 de alumínio, em função das mudanças de altitude e topografia contribuíram para diferenças estruturais na
892 vegetação; com a ocorrência de solos menos ácidos em condição de topografia mais inclinada e de
893 menores altitudes e mais ácidos em topografia mais plana e de maiores altitudes.

894 Ainda numa escala de fragmento, um estudo realizado em uma Floresta Montana na Malásia,
895 verificou-se a variação na estrutura da floresta ao longo do gradiente altitudinal, e que a partir de 950 m
896 de altitude a floresta passou a apresentar indivíduos mais baixos e sem árvores emergentes (SURATMAN

897 et al., 2016). No entanto, é importante verificar, em outros cenários, se esse efeito local da altitude exerce
898 a mesma influência na estrutura da vegetação. Independentemente das respostas da vegetação,
899 compreender como este ocorre no interior dos fragmentos contribui para o entendimento da
900 heterogeneidade de condições que possam existir e se essas são suficientemente fortes para ocasionar
901 mudanças na estrutura da vegetação e, conseqüentemente, na tomada de decisão para eleger áreas
902 prioritárias à conservação.

903 Dessa forma, pretendemos avaliar se a heterogeneidade ambiental, ocasionada pela variação
904 topográfica local (vale, encosta e topo do fragmento), em uma área de Reserva Particular do Patrimônio
905 Natural (RPPN) de Floresta Estacional Semidecidual Montana, em PE, pode vir a influenciar as
906 características estruturais do componente arbóreo/arbustivo desse remanescente, bem como se a
907 topografia leva à mudanças nas características físico-químicas do solo local e se estas também
908 condicionam variações na estrutura da vegetação. Tendo como hipótese que em escala de fragmento o
909 aumento da altitude nos topos ocasionará aumento do número de indivíduos, redução do diâmetro e altura
910 das plantas, maior cobertura de dossel, menor acúmulo de biomassa de serrapilheira e menor fertilidade
911 dos solos em relação ao vale. As encostas se comportarão de forma intermediária aos dois ambientes.
912 Busca-se, assim, responder as seguintes perguntas: (1) os parâmetros estruturais (número de indivíduos,
913 altura, diâmetro e cobertura do dossel) da vegetação são modificados em função das distintas condições
914 topográficas presentes no fragmento? (2) as variações de altitude no fragmento ocasionam mudanças nas
915 características do solo e na biomassa de serrapilheira? (3) as variáveis ambientais em escala de fragmento
916 (altitude, solo e biomassa de serrapilheira) exercem efeito na estrutura da vegetação?

917

918 **Métodos**

919

920 *Área de estudo*

921

922 O estudo foi desenvolvido na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Pedra D'Anta
923 (185267 S; 9038069 W – UTM SAD 69), localizada no município de Lagoa dos Gatos, Pernambuco, a
924 cerca de 170 km SW da capital Recife, Brasil (Fig. 1). A área da Reserva (360 ha) está localizada na
925 região de transição entre a Zona da Mata Sul e o Agreste Pernambucano (Santos et al. 2008). Seguindo a
926 classificação de Köppen, o clima da região é do tipo *As* – Tropical úmido, com chuva de inverno, tendo
927 duas estações bem definidas, com cinco meses de um verão quente e seco (outubro a fevereiro) e sete
928 meses de inverno chuvoso (março a setembro) (AMANE 2012). A precipitação média histórica é de 1.332
929 mm por ano, com registro de variações anuais de 2.676 mm, em 2000, e 650 mm em 1993 (AMANE
930 2012). O relevo é fortemente ondulado e acidentado, apresentando diversos afloramentos rochosos no
931 interior da floresta. O solo predominante na área é do tipo latossolo amarelo (EMBRAPA – SOLOS
932 2010).

933 A formação vegetal da RPPN Pedra D'Anta, bem como do seu entorno, é classificada
934 predominantemente como Floresta Estacional Semidecidual Montana (Veloso 1992). Entretanto, de
935 acordo com Siqueira-Filho et al. (2008), esta pode ser caracterizada como uma área de Floresta Ombrófila
936 Montana, visto que as espécies vegetais em geral não perdem as suas folhas ao longo do ano, como

937 costuma ocorrer em Florestas Estacionais Semidecíduais. Essa resposta da vegetação é, possivelmente,
938 decorrente de um efeito da altitude registrada para a RPPN (varia de 400 a 800 m) que condiciona maior
939 umidade para a vegetação, de forma semelhante ao que ocorre em outras florestas montanas do estado
940 (Brejos de Altitude), denominada de precipitação oculta (Rodal et al. 1998; Ferraz et al. 2004). Assume-
941 se para esse trabalho a classificação de Veloso (1992), mesmo reconhecendo a importância que esse
942 efeito da altitude exerce de forma positiva na vegetação.

943 Toda essa região faz parte do “Complexo Catende”, área definida pelo Ministério do Meio
944 Ambiente, no âmbito do seu Projeto de Conservação e Utilização Sustentável de Biodiversidade (Probio),
945 como prioritária à conservação e de extrema importância biológica (AMANE 2012) e como *Important*
946 *Bird Area* pela *BirdLife Internacional* (Bencke et al. 2006). No ano de 2004 a SAVE Brasil adquiriu a
947 Fazenda Pedra D’antas direcionando seus esforços para a criação da RPPN, que foi efetivada no ano de
948 2011.

949

950 *Coleta de dados*

951

952 Para amostragem da vegetação foi selecionado um trecho do remanescente que pudesse
953 representar a variação altitudinal presente na floresta, abrangendo uma área de vale, duas de encostas e
954 duas de topos de morros, conforme esquematizado na Fig. 2. Foram instaladas 50 parcelas de 20x10 m
955 (200 m²), contíguas, totalizando uma área contínua de 1 ha. Foram incluídas as árvores/arbustos com
956 diâmetro a altura do peito (DAP) \geq 5 cm. Durante o período de novembro/2015 a junho/2016 todos os
957 indivíduos que atenderam ao critério de inclusão foram coletados, tiveram sua altura mensurada e
958 posteriormente foram identificados com placas numeradas. As variáveis ambientais mensuradas para
959 avaliar a heterogeneidade ambiental do fragmento foram: altitude, solo, biomassa de serrapilheira e
960 cobertura do dossel.

961 As informações de altitude por parcela foram coletadas em campo, com ajuda de um GPS
962 GARMIN DAKOTA 10. A medida da altitude foi realizada no centro de cada unidade amostral. Para
963 coleta do solo, em cada parcela, foram retiradas três amostras, de 0-20 cm de profundidade,
964 posteriormente homogeneizadas em uma única amostra composta, pesando cerca de 500 g cada (Santos et
965 al. 2013). As amostras foram numeradas, armazenadas e enviadas para o Setor de Ciências do Solo da
966 UFPB- Campus II, onde foram identificadas a disponibilidade e a concentração dos seguintes
967 componentes: potencial hidrogeniônico (pH), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), Acidez potencial
968 (H+Al), alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), nitrogênio (N), capacidade de troca de cátions (CTC)
969 e matéria orgânica (MO). Os quais possam vir a ser discutido a sua influencia e nível de concentração
970 segundo Alvarez et al (1999).

971 Para avaliar a biomassa de serrapilheira foi coletada uma amostra de 50x50 cm, no centro de
972 cada parcela (Kleinpaul et al. 2005). Estas foram armazenadas em sacos de papel madeira, secadas em
973 estufa a 75°C até peso constante. A pesagem foi realizada com balanças de precisão e anotado seu peso
974 em gramas (Fortes et al. 2008).

975 A estimativa da cobertura do dossel foi obtida através da média de três fotografias digitais, por
976 parcela, no tamanho 4608 × 3456 pixels, utilizando uma câmera fotográfica digital Panasonic LUMIX

977 DMC-TS5, acoplada a um tripé a 1,3m do solo, apontada para a copa das árvores e no sentido Oeste,
978 utilizando uma bússola. As imagens foram obtidas em duas manhãs consecutivas, no horário das 8:00 às
979 10:00 horas. Cada fotografia foi processada pelo programa ImageJ, para obter o percentual de cobertura
980 do dossel de cada fotografia e em seguida obter uma média por parcela. Ressalta-se que três fotografias
981 por parcela foram suficientes para cobrir cerca de 85% da área total de cada unidade amostral. A
982 metodologia de estimativa da cobertura do dossel foi adaptada dos trabalhos de Chaves (2005), Monte et
983 al (2007) e Mitchell & Whitmore (1993).

984

985 *Análise dos dados*

986

987 Com o intuito de caracterizar o fragmento foram calculados para o hectare a densidade (DT) e
988 área basal (ABT) totais, bem como a distribuição da área basal de todos os indivíduos em relação às
989 classes de altura e a distribuição dos indivíduos em classes de diâmetro.

990 Para avaliar as diferenças estruturais da vegetação ao longo da variação topográfica (topo,
991 encosta e vale) foram considerados os seguintes parâmetros fitossociológicos, por parcela: número de
992 indivíduos, diâmetro médio, altura média e média da cobertura do dossel. As 50 parcelas foram
993 categorizadas levando-se em consideração a posição topográfica e as faixas de altitude: topos (645 a
994 708m de altitude, parcelas 01-05 e 38-50); encostas (610 a 644 m, parcelas 06-17 e 27-37) e vale (590 a
995 609 m, parcelas 18-26). Para cálculo dos valores médios as parcelas foram agrupadas em cada condição
996 topográfica.

997 As relações entre a distribuição das médias do quantitativo de parcelas por cada condição
998 topográfica (topo, encosta e vale) para diâmetro, altura, número de indivíduos e percentagens de cobertura
999 do dossel foram verificadas, quando apresentando distribuição normal (testado através de Shapiro-Wilk),
1000 através da análise de variância (ANOVA), seguida de um teste a posteriori de Tukey (Zar 2010). Para os
1001 dados cuja distribuição não se ajustam ao modelo de distribuição normal, optou-se pelo teste não-
1002 paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas não-paramétricas entre todos os pares
1003 de tratamentos (Siegel e Castellan 1988).

1004 Para avaliar como individualmente as variáveis ambientais biomassa de serrapilheira e
1005 componentes do solo (pH, P, K, Na, H+Al, Al, Ca, Mg, N, CTC, MO) se comportam em relação às
1006 variações de altitude por parcela foram realizadas análises de regressão linear simples (Zar 2010).

1007 Buscando entender como as variáveis altitude, componentes do solo (pH, P, K, Na, H+Al, Al,
1008 Ca, Mg, N, CTC, MO) e biomassa de serrapilheira influenciam a distribuição do número de indivíduos,
1009 altura média, diâmetro médio e a cobertura do dossel no fragmento (nas 50 parcelas) foram realizadas
1010 análises de regressão linear múltipla (Zar 2010).

1011 Todas as análises de regressão foram realizadas no programa R (R core team, 2016) e, quando
1012 necessário, através dos pacotes *pgirmess* (Giraudoux, 2016).

1013

1014 **RESULTADOS**

1015

1016 A densidade total registrada para o fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana foi
1017 de 1.653 ind.ha⁻¹ e a área basal total de 25,33 m².ha⁻¹. A maior concentração de indivíduos ocorreu na

1018 classe de altura de 6,1-8,0 m e de diâmetro de 5,0-10 cm, respondendo por 32% e 64%, respectivamente,
1019 do total de indivíduos (Fig. 3). 79,2% da área basal total (25,33 m².ha⁻¹), foi concentrada nas plantas com
1020 altura ≤ 10 m e 20,8% nas que tinham acima de 10 m de altura (Fig. 3).

1021 As condições topográficas de topo e encosta diferiram significativamente para os valores médios
1022 de número de indivíduos, altura e diâmetro (Tabela 1). Com valores mais elevados do número de
1023 indivíduos e altura no topo e de diâmetro na encosta. Em relação a cobertura do dossel não houve
1024 diferenças significativas entre nenhuma das condições e, em geral, com valores bem próximos (0,83 a
1025 0,86%). O vale, apesar de não diferir das demais condições topográficas, ocorreu com valores médios
1026 intermediários para todos os parâmetros estruturais avaliados quando comparado ao topo e a encosta do
1027 fragmento (Tabela 1).

1028 De um modo geral, as variáveis ambientais biomassa de serrapilheira e componentes do solo não
1029 foram influenciadas pelas variações de altitude presentes no fragmento, com exceção dos teores de
1030 alumínio e magnésio (Fig. 4). O alumínio apresentou comportamento inverso a altitude, variando de uma
1031 concentração alta (1,4 cmolc/dm³) nas parcelas de menores altitudes a uma concentração média (1
1032 cmolc/dm³) nas parcelas de altitudes mais elevada. O magnésio, apesar de ter apresentado relação
1033 significativa com a altitude, não se detecta uma tendência de aumento ou diminuição nas suas
1034 concentrações em função da variação de altitude, com teores variando de muito baixo (0,11 cmolc/dm³)
1035 até baixo (0,43 cmolc/dm³). A biomassa de serrapilheira registrada para o fragmento foi de 3,91 t/ha,
1036 variando nas posições topográficas de 3,38 t/ha, no vale, a 4,45 na encosta (Tabela 2). Todas as médias e
1037 desvios padrões das variáveis ambientais no fragmento e por condição topográfica, significativas ou não,
1038 estão apresentadas na Tabela 2.

1039 As análises de regressão linear múltipla evidenciam que a estrutura da vegetação (número de
1040 indivíduos, diâmetro, altura e cobertura do dossel) foi pouco influenciada pela maioria dos componentes
1041 do solo, com exceção do pH e do cálcio, e pela variação da biomassa de serrapilheira; enquanto metade
1042 dos parâmetros estruturais considerados tiveram suas variações explicadas em função da altitude (Tabela
1043 3). Assim, constatou-se que: a distribuição do número de indivíduos no fragmento variou em função da
1044 altitude, do pH e do cálcio, sendo que o pH e a altitude exerceram um efeito positivo e o cálcio um efeito
1045 negativo; a distribuição diamétrica dos indivíduos variou em função da biomassa de serrapilheira e
1046 também da altitude, sendo o efeito da altitude negativo e o de biomassa positivo; e que as variações de
1047 altura e cobertura do dossel não tiveram relação com nenhuma das variáveis abióticas analisadas.

1048 Em geral, o solo do fragmento teve na média um pH (nas 50 parcelas) muito elevado (4,17),
1049 mantendo-se com valores bem semelhantes para a encosta e o vale, de 4,16, e topo de 4,25 (Tabela 2). O
1050 teor médio de cálcio no fragmento foi baixo (0,14 cmolc/dm³), seguindo a mesma tendência nas condições
1051 topográficas, sendo de 0,12 cmolc/dm³ no vale, 0,14 cmolc/dm³ na encosta e 0,16 cmolc/dm³ no topo. A
1052 biomassa de serrapilheira no fragmento foi de 3,91 t/ha, mas variou em média entre as condições
1053 topográficas, com valor mais elevado na encosta (4,45 t/ha) seguido do topo (3,47 t/ha) e vale (3,38 t/ha)
1054 (Tabela 2).

1055

1056

1057 **Discussão**

1058

1059 Para o melhor entendimento do atual *status* de conservação das características fisionômico-
1060 estruturais da RPPN Pedra D'Anta, dentro do cenário das florestas montanas do domínio atlântico,
1061 algumas comparações são traçadas. A densidade total registrada ($1.653 \text{ ind.ha}^{-1}$) mostrou-se superior à de
1062 alguns fragmentos de floresta montana de Pernambuco (Ferraz e Rodal, 2006; Lopes et al., 2008,
1063 respectivamente 1.521 e $1.390 \text{ ind.ha}^{-1}$) e da Bahia (Thomas et al., 2009 – 1400 ind.ha^{-1}), mas inferior as
1064 florestas montanas do Sul do Brasil (França e Stehmann 2004; Carvalho et al. 2005; Meireles 2008) que
1065 alcançam densidades superiores a $2.000 \text{ ind.ha}^{-1}$ e a de uma área no sul da Bahia (Thomas et al., 2008 –
1066 $2.530 \text{ ind.ha}^{-1}$). A área basal ($25,33 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$) registra-se ser, em geral, bastante inferior, tanto em
1067 comparação com as florestas montanas do Nordeste, com valores de respectivamente 29,9; 42,22; 44,15 e
1068 $45,60 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ (Lopes et al., 2008; Thomas et al., 2009; Ferraz e Rodal, 2006; Thomas et al., 2008) quanto
1069 com as do sul do Brasil, com valores de respectivamente 34,60; 37,68 e $48,12 \text{ m}^2.\text{ha}^{-1}$ (Carvalho et al.
1070 2005; Meireles 2008 e França e Stehmann 2004).

1071 As diferenças de densidade e, notadamente, de área basal demonstram existir uma grande
1072 variação fisionômica-estrutural entre as florestas montanas dentro de uma mesma região e entre regiões,
1073 possivelmente justificadas pelas distintas condições de clima, topografia, altitude e solo, em uma escala
1074 de paisagem, além de variações locais, em escala de fragmento. Assim, para traçar cenários sobre o atual
1075 *status* de conservação das florestas montanas e futuras ações de manejo se faz necessário conhecer,
1076 inicialmente, como estas florestas respondem as variações ambientais presentes no seu interior, para
1077 posteriormente entendê-las dentre e entre paisagens. Por exemplo, saber se a variação de altitude ao longo
1078 do ambiente, que é entendida como um fator que afeta a estrutura da comunidade (Denslow 1980;
1079 Whitmore 1998; Eisenlohr et al. 2013), o quanto esta tem sido determinante para explicar as diferenças
1080 estruturais entre as áreas de florestas montanas.

1081 Na escala de fragmento detecta-se, pelos resultados da análise de variância, que os parâmetros
1082 estruturais número de indivíduos, altura e diâmetro da vegetação foram modificados em função da
1083 heterogeneidade topográfica presente no interior do fragmento da RPPN Pedra D'Anta (Tabela 1).
1084 Demonstrando, assim, que a variação local da altitude na diferenciação das condições de topo, encosta e
1085 vale pode exercer um efeito modificador na estrutura da vegetação, notadamente para as condições de
1086 topo e encosta que apresentaram variações significativas. O efeito local da altitude, testada em outros
1087 cenários de florestas montanas, mostra que o aumento de altitude exerce um efeito positivo na densidade
1088 (Weaver et al, 1986; Suratman et al, 2015), negativo em relação ao diâmetro (Weaver et al, 1986;
1089 Suratman et al, 2015), e variado em relação a altura, ou seja, tanto exerce um efeito positivo (Weaver et
1090 al, 1986) quanto negativo (Suratman et al, 2015). Com exceção do efeito negativo da altitude em relação
1091 à altura, os demais resultados corroboram com a tendência registrada neste estudo.

1092 Entretanto, para a percentagem de cobertura do dossel (resultados da análise de variância) a
1093 variação local de altitude não condicionou diferenciação significativa entre topo, encosta e vale. Em
1094 função da declividade acentuada, presente na floresta, era esperado menor percentual de cobertura na
1095 encosta, a qual proporcionaria uma maior diferenciação em altura das copas e menor sobreposição, e que
1096 isto, de certa forma, poderia ocasionar mudanças estruturais na vegetação, partindo da premissa de que

1097 em florestas tropicais úmidas a cobertura do dossel e o regime de luminosidade são aspectos que
1098 proporcionam uma grande diversidade de microhabitats dentro de uma floresta (Suganuma *et al.*, 2008).

1099 Assume-se que dentro das quatro classes de cobertura de dossel, propostas por Suganuma et al,
1100 (2008), possivelmente, estão presentes na área a de “clareira”, observada para uma única parcela da
1101 encosta que teve cobertura de apenas 66% e a de “dossel aberto”, devido ao longo da variação topográfica
1102 a percentagem de cobertura ter sido em média de 83 a 86%, ou seja, com árvores de dossel apresentando
1103 alturas variadas e com a existência de pequenos espaços entre as copas onde a luz incidia, verificada por
1104 meio da imagens. Os percentuais obtidos são superiores aos registrados no Brasil para uma floresta
1105 semidecidual do Sudeste, com média de 72,55% (Guilherme, 2000), mas inferiores aos de uma floresta
1106 semidecidual montana do Sul, que variou de 96,41 a 98,15 a cobertura do dossel (Fonseca et al, 2000).
1107 Apesar da importância desses valores de referência, detecta-se que para as florestas montanas do Nordeste
1108 do Brasil não é possível traçar comparações, mas este conhecimento é de extrema importância não só para
1109 o entendimento do estrato arbóreo da vegetação, mas em relação ao estrato regenerativo e as assembleias
1110 de herbáceas e lianas.

1111 Pela análise de regressão linear simples detectou-se que apesar da altitude, não ter exercido
1112 nenhuma tendência para a maioria dos nutrientes do solo se mostrou fortemente relacionada com as
1113 variações nos teores de Al e Mg. Estas relações vêm sendo indicadas em outros levantamentos em
1114 florestas montanas, com as seguintes tendências: 1) a maior saturação por Al ocorrer em ambientes da
1115 floresta com topografia mais plana, de maior altitude e com maior cobertura do dossel (Higuchi et al
1116 2012), em parcelas do topo, com solos mais argilosos e com um grupo de espécies ocorrendo com maior
1117 abundância (Souza et al, 2012); 2) maiores concentrações de Mg em solos mais argilosos, de maior
1118 profundidade e nas posições topográficas de topo e rampa baixa (parte do vale), quando comparadas as
1119 posições de encosta, rampa alta (parte da encosta) e vale (Souza et al, 2012). Detecta-se, assim, que
1120 variações topográficas associadas a um gradiente de altitude podem ser vista como uma variável preditora
1121 nas mudanças de algumas características do solo, como as constatadas nesse estudo e nos trabalhos
1122 comparados, mesmo se tratando de gradientes de altitudes muito curtos, com a maior amplitude de
1123 variação de no máximo 135m.

1124 Mesmo a altitude tendo se mostrado como uma variável que influencia algumas características
1125 do solo verifica-se que sua atuação pode ter efeitos contrários para o mesmo nutriente, a exemplo do Al,
1126 que se mostrou negativamente influenciado pela altitude, neste estudo, mas teve relação positiva nos
1127 trabalhos de Higuchi et al (2012) e Souza et al (2012); diferindo do Mg que manteve a mesma tendência,
1128 ou seja, aumentou sua concentração com a elevação da altitude. Assim, parece ser a heterogeneidade
1129 ambiental, refletida nas diferentes classes de solos e nas suas características, relacionada ao gradiente
1130 geomorfológico, e que as distintas condições podem contribuir para diferenças florística e estrutural da
1131 vegetação, mesmo quando a variação de altitude testada foi de apenas 20 a 40m (Cestaro e Soares, 2004).

1132 A biomassa de serrapilheira, pela análise de regressão linear simples, não se mostrou relacionada
1133 à variação de altitude testada para o fragmento de floresta montana. Entretanto, variou entre as condições
1134 topográficas, com a encosta apresentando a maior biomassa (4,45 t/ha) e o vale a menor (3,38 t/ha). De
1135 um modo geral, os valores registrados para o fragmento e suas condições de relevo local se mantiveram
1136 abaixo da faixa de variação para a maioria das florestas tropicais úmidas. Com os seguintes cenários

1137 identificados para o Brasil: 1) para o Nordeste, dos 11 fragmentos de floresta Atlântica que foram
1138 estudados em Pernambuco os valores de biomassa de serrapilheira variaram de 8,1 a 35,7 t/ha e estiveram
1139 bem acima da média registrada na literatura (Freitas, 1989); 2) para o Sudeste variou de 5,68 t/ha, em uma
1140 floresta paludosa de altitude (Terror et al. 2011), a 10,9 t/ha para uma floresta de encosta (Varjabedian &
1141 Pagano, 1988); e 3) em uma floresta tropical úmida de transição com o cerrado, da região Centro-Oeste,
1142 variou de 3,20 a 9,43 t/ha entre os anos (Sanches et al, 2009).

1143 Percebe-se que não existe uma faixa de variação bem delimitada para biomassa de serrapilheira,
1144 inclusive para os trabalhos de revisão em florestas tropicais úmidas que apontam oscilarem de 5,35 a
1145 12,22 t/ha (Terror et al, 2011), de 3,1 a 16,5 t/ha (Caldeira et al, 2007) e de 2,9 a 39,0 (Freitas, 1989),
1146 muito menos para as florestas montanas da região nordeste do Brasil que os trabalhos são escassos. No
1147 trabalho de meta análise realizado para florestas tropicais úmidas da América do Sul, América Central,
1148 Ásia e Oceania foram registrados valores médios de produção de serrapilheira, com variação de 6,4 t/ha
1149 em florestas tropicais úmidas de altitude, 8,8 t/ha para áreas de solos de baixa fertilidade (oxisolos) e de
1150 10,4 t/ha em florestas sobre solos moderadamente férteis (Vitousek & Sanford Jr. 1986).

1151 Em relação à variação topográfica local era esperado que a condição de vale do fragmento
1152 estudado apresentasse maior biomassa de serrapilheira, partindo do pressuposto que a maior inclinação do
1153 terreno no sentido topo-vale contribuiria facilitando o transporte da serrapilheira e conseqüentemente
1154 haveria maior acúmulo. Apesar de ser uma suposição aceitável foi observado no decorrer do trabalho de
1155 campo que parte da faixa de vale funciona como curso d'água e que boa parte da serrapilheira que se
1156 acumula é levada pela correnteza, principalmente, durante a estação chuvosa, por aumentar a vazão do
1157 riacho e diminuir, assim, a biomassa local. Vitousek (1984) indica uma correlação negativa entre
1158 disponibilidade hídrica e produção de serrapilheira, enfatizando que ecossistemas sujeitos à condição de
1159 alagamentos, mesmo que temporários, tendem a apresentar menor acúmulo de serrapilheira, especialmente
1160 da fração foliar.

1161 Pela análise de regressão linear múltipla constatou-se que o pH, os teores de cálcio, a biomassa
1162 de serrapilheira e a altitude foram as variáveis ambientais que exerceram influência na estrutura da
1163 vegetação, entretanto apresentando efeitos diversos entre variáveis e parâmetros. O número de indivíduos,
1164 embora tenha se relacionado com a altitude, pH (acidez) e o cálcio, os comportamentos foram distintos.
1165 Era de fato esperado que áreas de maior altitude, como o topo do fragmento estudado, apresentem
1166 condições mais favoráveis ao desenvolvimento de um maior número de indivíduos, em comparação as
1167 condições de encosta e vale. Os resultados se justificam devido o (no) vale: 1) ter apresentado maior
1168 acidez dos solos e, por sua vez, atuar de forma negativa em relação ao aumento das densidades
1169 populacionais; 2) durante o período chuvoso ocorrer aumento da vazão do curso d'água, e isto contribui
1170 para levar parte do banco de sementes pela correnteza, diminuindo a germinação das plantas; e 3)
1171 algumas espécies da floresta poder não suportar o período de maior alagamento, reduzindo
1172 estabelecimento e suas densidades. E em relação às encostas, devido estas apresentar maior declividade
1173 podem favorecer a queda de árvores e conseqüentemente atuar de forma negativa reduzindo as
1174 densidades.

1175 As relações da altitude e do pH com o número de indivíduos registrados neste trabalho tiveram
1176 tendências semelhante as verificadas por Higuchi et al (2012) e Maçaneiro et al (2016), em que as áreas

1177 de topo, por apresentarem um solo menos ácido, atuou favorecendo um maior número de indivíduos. A
1178 menor acidez dos solos também é indicada como um fator que permite uma maior disponibilidade de
1179 nutrientes (Alvarez et al, 1999). Ricklefs (2003) afirma que o gradiente topográfico é a variável que
1180 melhor explica a distribuição do número de indivíduos, isso porque algumas espécies são mais propensas
1181 a solos bem drenados, como nas encostas, e outras a solos mais úmidos, como os encontrados nos vales.

1182 A relação entre teores de cálcio e número de indivíduos ocorreu de forma semelhante à
1183 registrada para a altitude, sendo a condição de topo a que teve a maior concentração de cálcio e maior
1184 número de indivíduos, em comparação ao vale. Isto se justifica, possivelmente, pelo maior carreamento
1185 de nutrientes solúveis, como o cálcio, ocorrer na condição de vale (Alvarez et al, 1999).

1186 Dos parâmetros estruturais da vegetação, além da densidade discutida acima, o diâmetro foi o
1187 outro que apresentou relação com as variáveis ambientais testadas na análise de regressão linear múltipla.
1188 Este teve relação direta com a variação da biomassa de serrapilheira no fragmento, bem como a altitude,
1189 que mais uma vez, se mostrou ser uma variável ambiental fortemente relacionada tanto com as mudanças
1190 estruturais da vegetação quanto com algumas variáveis abióticas evidenciadas anteriormente. A maior
1191 biomassa de serrapilheira registrada na encosta pode justificar os maiores diâmetros também terem
1192 ocorrido nesta condição topográfica, uma vez que, proporcionalmente árvores de maior porte tendem a
1193 formar copas com diâmetros maiores e, assim, contribuir para maior aporte de serrapilheira (Caldeira et al
1194 2007 WatzlawickK, 2003).

1195 Os resultados dos diâmetros e da biomassa de serrapilheira constados para a encosta rejeita em
1196 parte a hipótese de que está condição topográfica se manteria intermediária entre o topo e o vale para as
1197 variáveis ambientais e estruturais avaliadas. Enquanto, a hipótese de que em escala de fragmento o
1198 aumento da altitude nos topos ocasionaria aumento do número de indivíduos, redução do diâmetro e
1199 altura das plantas, maior cobertura de dossel e menor acúmulo de biomassa de serrapilheira e da
1200 fertilidade dos solos em relação ao vale foi aceita para o aumento do número de indivíduos e a redução do
1201 diâmetro e altura, e poucos nutrientes do solo variaram em função da altitude.

1202 Do que foi exposto conclui-se que, se o filtro ambiental imposto pelos solos é importante para a
1203 separação florística entre florestas (Texeira et al., 2011) numa escala de paisagem, esse mesmo filtro
1204 associado as variações de altitudes também atue numa escala local de fragmento como indutores de
1205 variações na estrutura da vegetação, notadamente em fragmentos florestais que apresentem
1206 heterogeneidade topográfica acentuada, ao ponto de condicionar a diferenciação de nichos ecológicos e
1207 de arranjos estruturais na comunidade. Recomenda-se que os mesmos sejam testados em relação às
1208 respostas das espécies no fragmento.

1209

1210 **Referencias**

1211

1212 Alvarez VVH, Novais RF, Barros NF, Cantarutti RB, Lopes AS (1999) Interpretação dos resultados das
1213 análises de solos. In: Ribeiro AC, Guimarães PTG, Alvarez VVH (eds) Recomendações para o
1214 uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa, MG: CFSEMG. 30-35.

1215 AMANE – Associação para a proteção da Mata Atlântica do Nordeste (2012) Plano de Manejo RPPN
1216 Pedra D'Anta. Agencia Estadual do Meio Ambiente de Pernambuco. Recife

1217 Bencke A, Maurício GN, Develey PF, Goerck JM (2006) Áreas importantes para a conservação das aves
1218 no Brasil: Parte 1 – Estados do domínio da Mata Atlântica. São Paulo, SP

1219 Caldeira MVW, Marques R, Soares RV, Balbinot R (2007) Quantificação de serapilheira e de nutrientes –
1220 Floresta ombrófila mista montana – Paraná. Ver. Acad. 5(2): 101-116

1221 Carvalho DA, Oliveira-filho AT, Van Den Berg E, Fontes MAL, Vilela EA, Marques JJGSM, Carvalho
1222 WAC (2005) Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta
1223 ombrófila alto-montana às margens do Rio Grande, Bocaina de Minas, MG, Brasil. Acta
1224 Botanica Brasilica 19:91-109

1225 Cestaro LA, Soares JJ (2004) Variações florística e estrutural e relações fitogeográficas de um fragmento
1226 de floresta decídua no Rio Grande do Norte, Brasil. Act. bot. bras. 18(2): 203-218

1227 Chaves RA (2005) Dinâmica de copa e crescimento de plantas de clone de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex
1228 Maiden submetidas a desrama artificial e a desbaste. Dissertação (Mestrado) - Universidade
1229 Federal de Viçosa, Viçosa.

1230 Coutinho LM (2006) O conceito de bioma. Acta. Bot. Bras. V. 20(1):13-23

1231 Denslow JS (1980) Gap partitioning among tropical rainforest trees. Biotropica, 12: 47-55

1232 Eisenlohr PV, Alves LF, Bernacci LC, et al (2013). Disturbances, elevation, topography and spatial
1233 proximity drive vegetation patterns along an altitudinal gradient of a top biodiversity hotspot.
1234 Biodiversity and Conservation 22: 2767-2783

1235 EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2013) Sistema Brasileiro de Classificação
1236 de Solos. Brasília, Brasil

1237 Ferraz EMN; Rodal MJN, Sampaio EVSB (2003) Physiognomy and structure of vegetation along na
1238 altitudinal gradient in the semi-arid region of northeastern Brazil. Phytocoenologia 33(1): 71-92

1239 Ferraz EMN, Rodal MJN (2006) Caracterização fisionômica - estrutural de um remanescente de floresta
1240 ombrófila montana de Pernambuco, Brasil. Acta Botanica Brasilica 20: 911-926

1241 Freitas VLC (1989) Massas de serapilheira em 11 matas na faixa úmida de Pernambuco. Dissertação de
1242 mestrado – Botânica – Universidade Federal Rural de Pernambuco

1243 Fonseca RCB, Rodrigues RR (2000) Análise estrutural e aspectos do mosaico sucessional de uma floresta
1244 semidecídua em Botucatu, SP. Scientia Forestalis 57: 27-43

1245 Fortes FO, Lúcio AD, Storck L (2008) Plano amostral para coleta de serrapilheira na Floresta Ombrófila
1246 Mista do Rio Grande do Sul. Ciência Rural 38(9): 2512-2518

1247 França GS, Stehmann JR (2004) Composição florística e estrutura do componente arbóreo de uma
1248 floresta altimontana no município de Camanducaia, Minas Gerais, Brasil. Revista Brasileira de
1249 Botânica 27: 19-30

- 1250 Giraudoux P. (2016) *pgirmess*: Data Analysis in Ecology. R package version 1.6.5. [https://CRAN.R-proje](https://CRAN.R-project.org/package=pgirmess)
1251 [ct.org/package=pgirmess](https://CRAN.R-project.org/package=pgirmess)
- 1252 Guilherme FAG (2000) Efeitos da cobertura de dossel na densidade e estatura de gramíneas e da
1253 regeneração natural de plantas lenhosas em Mata de Galeria, Brasília - DF. *Cerne* 6:60-66
- 1254 Higuchi P, Silva AC, Ferreira TS, Souza ST, Gomes JP, Silva KM, Santos KF, Linke C, Paulino PS
1255 (2012) Influência de variáveis ambientais sobre o padrão estrutural e florístico do componente
1256 arbóreo em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana, em Lages, SC. *Ciência*
1257 *Florestal* 22(1): 79-90
- 1258 Huston M (1979) General hypothesis of species diversity. *American Naturalist* 113: 81-101
- 1259 Hutchings MJ (1989) The structure of plant populations. In: CRAWLEY, M.J. (Ed.). *Plant Ecology*.
1260 Oxford, Oxford Blackwell. p. 97-136
- 1261 Jones MM, Tuomisto H, Borcard D, Legendre P, Clark DB, Olivas PC. (2008) Explaining variation in
1262 tropical plant community composition: influence of environmental and spatial data quality.
1263 *Oecologia* 155: 593-604
- 1264 Kleinpaul IS, Schumacher MV, Brun EJ, Kleinpaul J (2005) Suficiência amostral para coletas de
1265 serrapilheira acumulada sobre o solo de *Pinus elliottii* Engelm, *Eucalyptus* sp. em Floresta
1266 Estacional Decidual. *Revista Árvore* 29(6): 965-972
- 1267 Lee C-B, Chun J-H (2016) Habitat heterogeneity and climate explain plant diversity patterns along an
1268 extensive environmental gradient in the temperate forests of South Korea. *Folia Geobot* 4: 1-14
- 1269 Levin SA (1974) Dispersion and population interactions. *American Naturalist* 106: 207-228
- 1270 Lopes CGR, Ferraz EMN, Araújo EL (2008) Physiognomic-Structural characterization of Dry- and
1271 Humid-forest fragments (Atlantic Coastal Forest) in Pernambuco State, NE Brazil. *Plant Ecology*
1272 20: 1-18
- 1273 Lundholm JT (2009) Plant species diversity and environmental heterogeneity: spatial scale and competing
1274 hypotheses. *J VEG SCI* 20: 377-391
- 1275 Macarthur RH, Wilson EO (1967) *The theory of island biogeography*. Princeton: Princeton University
1276 Press
- 1277 Maçaneiro JP, Oliveira LZ, Seubert RC, Eisenlohr PV, Schorn LA (2016) More than environmental
1278 control at local scales: do spatial processes play an important role in floristic variation in
1279 subtropical forest? *Acta Botanica Brasílica*
- 1280 Meireles LD, Shepherd GJ, Kinoshita LS (2008) Variações na composição florística e na estrutura
1281 fitossociológica de uma floresta ombrófila densa Alto-Montana na Serra da Mantiqueira, Monte
1282 Verde, MG. *Revista Brasileira de Botânica* 31(4): 559-574
- 1283 Mitchell PL, Whitmore TC (1993) Use of hemispherical photographs in Forest Ecology. Oxford. *Forestry*
1284 *Institute Occasional Papers* 44: 1-39
- 1285 Monte MA, Ferreira MGR, Gonçalves GR, Leite HG, Stocks (2007) Métodos indiretos de estimação da
1286 cobertura do dossel em povoamentos de clone de eucalipto. *Pesq. agropec. bras.* 42(6): 769-775
- 1287 Palmer MW (1994) Variation in species richness: towards a unification of hypotheses. – *Folia Geobot.*
1288 *Phytotax.* 29: 511-530

- 1289 Pompeu PV, Fontes MAL, Santos RM, Garcia PO, Batista TA, Carvalho AC, Oliveira-Filho AT (2014)
1290 Floristic composition and structure of an upper montane cloud forest in the Serra da Mantiqueira
1291 Mountain Range of Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, 28(3): 456–464
- 1292 R Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistic
1293 al Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- 1294 Ricklefs RE (1977) Environmental heterogeneity and plant species-diversity hypothesis. *American*
1295 *Naturalist* 111: 376–381
- 1296 Ricklefs RE (2010) *A Economia da Natureza*. 6a ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan
- 1297 Rodal MJN, Sales MF, Mayo SJ (1998) *Florestas Serranas de Pernambuco: Localização e Conservação*
1298 *dos Remanescentes dos Brejos de Altitude, Pernambuco/Brasil*. Imprensa Universitária,
1299 Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- 1300 Sanches L, Valentini CMA, Biudes MS, Nogueira JS (2009) Dinâmica sazonal da produção e
1301 decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. *Revista Brasileira de Engenharia*
1302 *Agrícola e Ambiental* 13(2): 183-189
- 1303 Siegel S, Castellan NJ (1988) *Nonparametric statistics for the behavioral sciences* (2nd Ed.). New York,
1304 NY: McGraw-Hill
- 1305 Siqueira-Filho JA, Lopes HL, Campelo MJA, Daher MRM (2008) Plano de Manejo da RPPN Frei
1306 Caneca. Associação Pernambucana de Proprietários de Reservas Particulares do Patrimônio
1307 Natural – APPN. Petrolina, PE
- 1308 Souza PB, Lelis JJ, Schaefer CEGR, Souza AL, Meira-Neto JAA (2012) Distribution of tree species in a
1309 geomorphological and pedological gradient of submontane semidecidual seasonal forest in the
1310 vicinity of Rio Doce state park, Minas Gerais. *Revista Árvore*, 36(4): 707–718
- 1311 Suganuma MS, Torezan JMD, Cavalheiro AL, Vanzela ALL, Benata T (2008) Comparando metodologias
1312 para avaliar a cobertura do dossel e a luminosidade no sub- bosque de um reflorestamento e uma
1313 floresta madura. *Revista Árvore* 32(2): 377-385
- 1314 Suratman MN, Hamid NHA, Sabri MDM, Kusin M, Yamani SAK (2015) Changes in Tree Species
1315 Distribution Along Altitudinal Gradients of Montane Forests in Malaysia. *Climate Change*
1316 *Impact On High-Altitude Ecosystem*.
- 1317 Terror VL, Sousa HC, Kozovits AR (2011) Produção, decomposição e qualidade nutricional da
1318 serrapilheira em uma floresta paludosa de altitude. *Acta Botanica Brasilica* 25(1): 113-121
- 1319 Teixeira AP, Assis MA, Luize BG (2011) Vegetation and environmental heterogeneity relationships in a
1320 Neotropical swamp forest in southeastern Brazil (Itirapina, SP). *Aquatic Botany* 94: 17-23
- 1321 Thomas WW, Barbosa MRV (2008) Natural Vegetation Types in the Atlantic Coastal Forest of
1322 Northeastern Brazil. In Thomas WW (ed) *The Atlantic coastal forests of Northeastern Brazil*.
1323 *Memoirs of The New York Botanical Garden*. 100: 6-20
- 1324 Thomas WW, Carvalho AMV, Amorim AM, Hanks JG, Santos TS (2008) Diversity of woods plants in
1325 the Atlantic Coastal Forest of Southern Bahia, Brazil. In Thomas WW (ed) *The Atlantic coastal*
1326 *forests of Northeastern Brazil*. *Memoirs of The New York Botanical Garden* 100: 21-66

- 1327 Thomas WW, Jardim JG, Fiaschi P, Mariano-Neto M, Amorim AM (2009) Composição Florística e
1328 Estrutura do Componente Arbóreo de uma Área Transicional de Floresta Atlântica no Sul da
1329 Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 32 (1): 41-54
- 1330 Veloso HP (1992) Sistema fitogeográfico. In: Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro:
1331 Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Série Manuais Técnicos em Geociências
1332 1: 9-38
- 1333 Viana JL, Barbosa MRV (2013) Estrutura e composição do estrato herbáceo em um remanescente de
1334 Floresta Semidecidual Submontana no Nordeste do Brasil. *Sitentibus*, 13: 2-13
- 1335 Vitousek PM (1984) Litterfall, nutrient cycling and nutrient limitation in tropical forests. *Ecology* 65(1):
1336 285-298
- 1337 Watzlawick LF (2003) Estimativa de biomassa e carbono em floresta ombrófila mista e plantações
1338 florestais a partir de dados de imagens do satélite IKONOS II. 2003. 120 f. Tese de Doutorado
1339 em Ciências Florestais – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná
- 1340 Weaver PL, Medina E, Pool D, Dugger K, Gonzales-Liboy J, Cuevas E (1986) Ecological observations in
1341 the dwarf cloud forest of the Luquillo Mountains in Puerto Rico. *Biotropica* 18:79-85
- 1342 Whitmore TC (1998) An introduction to tropical rain forests, 2nd edn. Oxford University Press, New
1343 York
- 1344 Zar JH (2010) Biostatistical analysis. 5th edition. New Jersey: Pearson Prentice Hall
- 1345
- 1346

Tabela 1 Parâmetros estruturais médios (apresentados com média \pm Desvio padrão) por variação topográfica na RPPN Pedra D'Anta, PE. **Legenda:** as letras "a" e "b" são grupos identificados a partir do teste a posteriori

	Topo	Encosta	Vale	p-value
Número de indivíduos	42,42 \pm 14,3 (a)	29,4 \pm 10 (b)	29,7 \pm 10 (ab)	<0,01 ¹
Altura (m)	10,17 \pm 1 (a)	9,06 \pm 1,5 (b)	9,2 \pm 0,6 (ab)	<0,03 ²
Diâmetro (cm)	10,37 \pm 1,3 (b)	12,3 \pm 1,1 (a)	12,2 \pm 0,8 (ab)	<0,03 ³
Cobertura do dossel (%)	0,86 \pm 0,04	0,86 \pm 0,05	0,83 \pm 0,05	>0,4

¹Kruskal-Wallis: chi-square= 7,4164, df= 2 / ²ANOVA: F=3,484 / ³ANOVA: F=3,518

1347

Tabela 2 Valores médios das variáveis ambientais analisadas por condição topográfica na RPPN Pedra D'anda, PE.

	Topo	Encosta	Vale	Média geral	Desvio padrão
bioser (t/ha)	3,47	4,45	3,38	3,91 ¹	0,04
pH Água (1:2,5)	4,25	4,16	4,16	4,17	0,23
N (g/kg)	2,13	1,98	2,03	2,03	0,34
P (mg/dm ³)	2,16	2,92	2,07	2,55	1,38
K (mg/dm ³)	38,75	33,81	35,98	35,64	13,84
Na (cmolc/dm ³)	0,05	0,04	0,05	0,05	0,02
H+Al (cmolc/dm ³)	9,12	8,91	9,70	9,10	1,27
Al (cmolc/dm ³)	1,07	1,22	1,50	1,23	0,50
Ca (cmolc/dm ³)	0,16	0,14	0,12	0,14	0,14
Mg (cmolc/dm ³)	0,26	0,24	0,17	0,23	0,07
CTC (cmolc/dm ³)	9,69	9,43	10,15	9,63	0,19
MO (cmolc/dm ³)	35,03	32,74	34,68	33,74	1,23

¹ Valor estimado por hectare

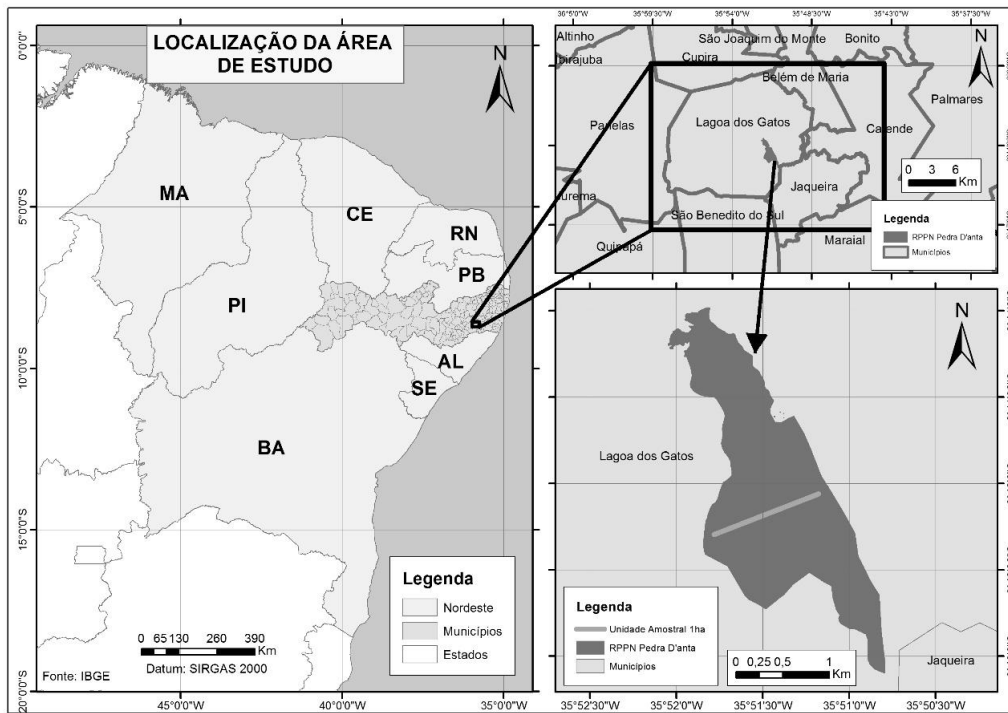
1348

Tabela 3 Relação entre as variáveis estruturais e as variáveis ambientais que apresentaram uma relação significativa na amostragem da RPPN Pedra D'anta, PE. Legenda: potencial hidrogeniônico (pH), Cálcio (Ca), biomassa de serrapilheira (bioser).

	Número de indivíduos			Diâmetro médio			
	Estimate	T	P	Estimate	t	P	
Intercepto	-230,50408	-4,050	0,000195	Intercepto	28,563672	4,149	0,000139
Altitude	0,20390	3,887	0,000324	Altitude	-0,028573	-2,709	0,009391
pH	33,96391	3,094	0,003350	bioser	0,007318	2,348	0,023162
Ca	56,26034	3,137	0,002971				

R²=0,2906; F_{3,46}=7,691; p-value=0,0002875

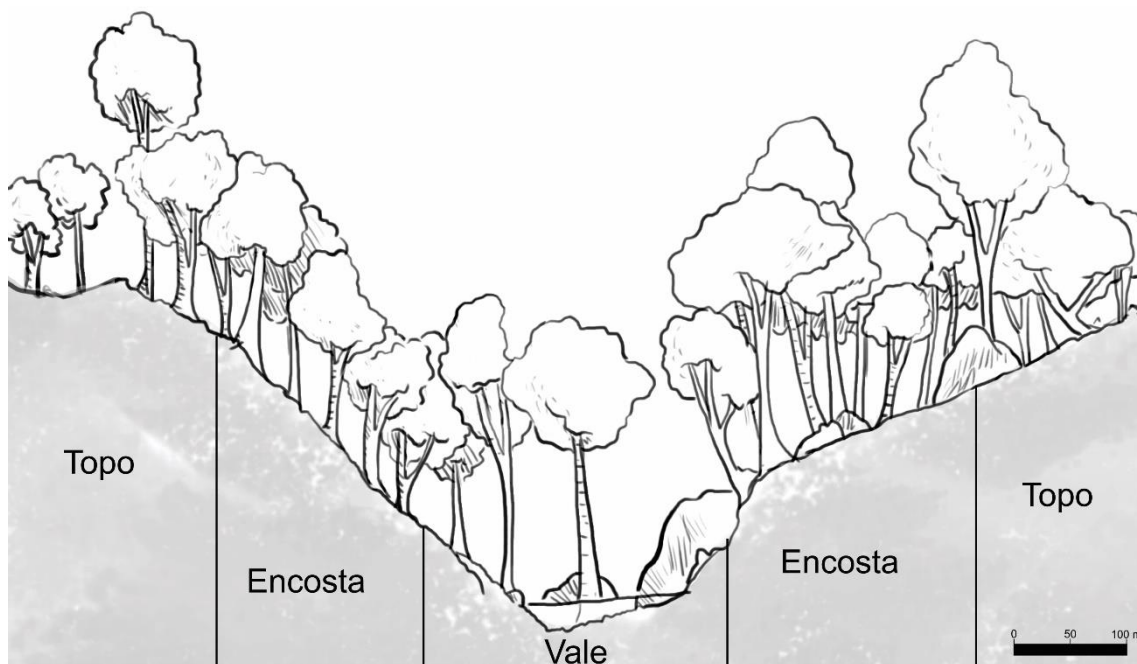
R²=0,2237; F_{2,47}=8,06; p-value=0,000978



1349

1350 **Fig. 1** Localização da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Pedra D'Anta, no município de
 1351 Lagoa dos Gatos, Pernambuco, Brasil.

1352

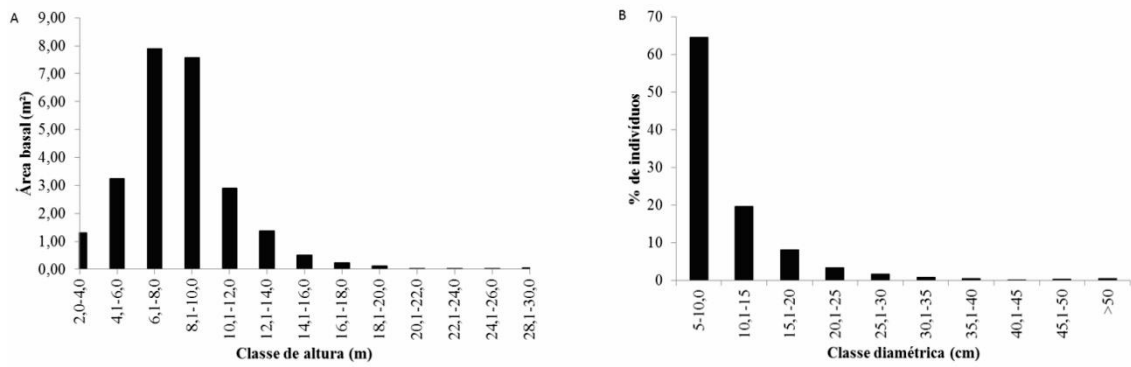


1353

1354 **Fig. 2** Representação esquemática da topografia da área de estudo na Reserva Particular de Patrimônio
 1355 Natural (RPPN) Pedra D'Anta, Lagoa dos Gatos, Pernambuco. Ilustração: Ludmila Magroski.

1356

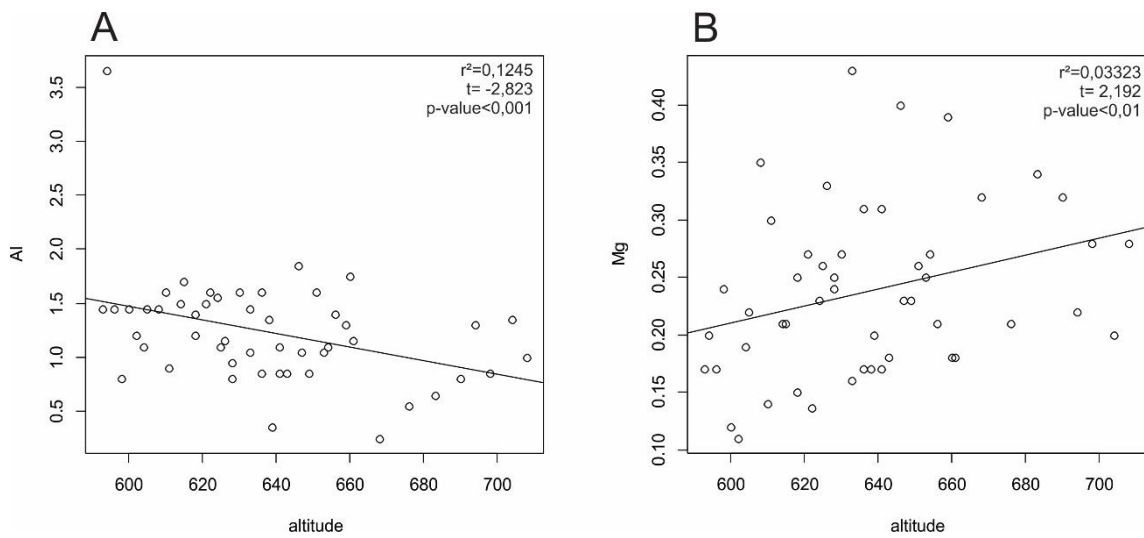
1357



1358

1359 **Fig. 3** Distribuição das áreas basais em classes de altura (a) e do número de indivíduos em classes
 1360 diamétrica (b), amostrados na RPPN Pedra D'anta, PE.

1361



1362

1363 **Fig. 4** Diagramas produzido os através de regressão linear simples relacionando as variáveis ambientais
 1364 (Alumínio [Al] e Magnésio [Mg]) com a altitude das parcelas permanentes amostradas na RPPN Pedra
 1365 D'anta, PE.

1366

1367 **NORMAS DA REVISTA “*Plant Ecology*”**

1368

1369 **PORTABLE PEER-REVIEW**

1370 To limit multiple reviews of the same manuscript and therefore to decrease the workload on the scientific
1371 reviewer community, *Plant Ecology* supports portable peer-review. If your manuscript has already been
1372 through peer-review and you feel that these reports would help our Editorial Board reach a final decision
1373 on your manuscript more quickly, we would welcome the submission of these documents as an
1374 attachment along with your cover letter. Previous reviews must be submitted as an unaltered copy of the
1375 original email received by you from the journal. Please discuss how you have responded to these previous
1376 reviewer’s comments in your cover letter as a point-for-point list indicating the changes you have made to
1377 the submitted manuscript.

1378 **MANUSCRIPT SUBMISSION**

1379 ***Manuscript Submission***

1380 Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not
1381 under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-
1382 authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the
1383 work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims
1384 for compensation.

1385 ***Permissions***

1386 Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere
1387 are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to
1388 include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material
1389 received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

1390 ***Online Submission***

1391 Please follow the hyperlink “Submit online” on the right and upload all of your manuscript files following
1392 the instructions given on the screen.

1393 **ARTICLE TYPES**

1394 Original Research manuscripts report the results of primary research investigations in plant ecology and
1395 have a maximum length of 6,000 words.

1396 Short Communication manuscripts have a maximum length of 2,500 words and a total of no more than
1397 four tables plus figures. This manuscript type should have a clear focus on topical issues in plant ecology,
1398 including pertaining to theory and methodology. Manuscripts reporting preliminary research results based
1399 on limited evidence will generally not be considered.

1400 The Braun-Blanquet Reviews in *Plant Ecology* provide in-depth analyses of our current understanding for
1401 wide-ranging topics in plant ecology. Braun-Blanquet Reviews are written by authoritative workers in the
1402 subject area, and help researchers and students to identify new topics for fruitful research, and to more
1403 readily place their own research into current context. Manuscripts for consideration as a Braun-Blanquet
1404 Review are solicited by invitation and are also available via direct contribution, with prospective authors
1405 to seek agreement from the journal Reviews Editor concerning suitability of the proposed review prior to

1406 submission for consideration. Manuscripts may be up to 9000 words in length, including references (50%
1407 longer than the current research manuscripts word limit).

1408 Review Articles are invited on any topic in plant ecology. Manuscripts will be handled by a dedicated
1409 reviews editor who may be approached for further advice concerning this submission type. In general,
1410 reviews should be no more than 6,000 words in length, but with prior agreement from the reviews editor,
1411 may be up to 9,000 words in length.

1412 Letter to the Editor (maximum of 2,000 words) contributions provide the opportunity for readers to
1413 respond to recently published work in the journal where they believe that further discussion of a research
1414 result or position is warranted. These submissions will be sent to the authors of critiqued work for their
1415 comment and response, and will be reviewed also by an appropriate handling editor.

1416 Editorial (normally a maximum of 2,000 words) – not available to other than the journal editorial team
1417 and guest editors. Editorials are not a refereed publication output.

1418 Authors should include their final word count at the top of the manuscript when submitting. The word
1419 count should include title, abstract, keywords, body of the text, figures, and tables but excluding authors
1420 affiliations, references and on-line supplementary material. Manuscripts exceeding the word limit will be
1421 returned.

1422 **TITLE PAGE**

1423 *Title Page*

1424 The title page should include:

- 1425 • The name(s) of the author(s)
- 1426 • A concise and informative title
- 1427 • The affiliation(s) and address(es) of the author(s)
- 1428 • The e-mail address, and telephone number(s) of the corresponding author
- 1429 • If available, the 16-digit ORCID of the author(s)

1430 *Abstract*

1431 Please provide an abstract of 150 to 250 words. The abstract should not contain any undefined
1432 abbreviations or unspecified references.

1433 *Keywords*

1434 Please provide 4 to 6 keywords which can be used for indexing purposes.

1435 **ADDITIONAL REMARK ABSTRACT**

1436 The abstract must not exceed 250 words and must include all of the following points:

- 1437 • The explicit purpose of the study (clear aims and objectives)
- 1438 • The location of the study
- 1439 • A brief summary of the methodology used – including anything unusual
- 1440 • Key results
- 1441 • Main point/s of significance in terms of the field of plant ecology, including how it may be novel

1442 **TEXT**

1443 ***Text Formatting***

1444 Manuscripts should be submitted in Word.

- 1445 • Use a normal, plain font (e.g., 10-point Times Roman) for text.
- 1446 • Use italics for emphasis.
- 1447 • Use the automatic page numbering function to number the pages.
- 1448 • Do not use field functions.
- 1449 • Use tab stops or other commands for indents, not the space bar.
- 1450 • Use the table function, not spreadsheets, to make tables.
- 1451 • Use the equation editor or MathType for equations.
- 1452 • Save your file in docx format (Word 2007 or higher) or doc format (older Word
- 1453 versions).

1454 Manuscripts with mathematical content can also be submitted in LaTeX.

1455• [LaTeX macro package \(zip, 182 kB\)](#)

1456 ***Headings***

1457 Please use no more than three levels of displayed headings.

1458 ***Abbreviations***

1459 Abbreviations should be defined at first mention and used consistently thereafter.

1460 ***Footnotes***

1461 Footnotes can be used to give additional information, which may include the citation of a reference
1462 included in the reference list. They should not consist solely of a reference citation, and they should never
1463 include the bibliographic details of a reference. They should also not contain any figures or tables.
1464 Footnotes to the text are numbered consecutively; those to tables should be indicated by superscript
1465 lower-case letters (or asterisks for significance values and other statistical data). Footnotes to the title or
1466 the authors of the article are not given reference symbols.
1467 Always use footnotes instead of endnotes.

1468 ***Acknowledgments***

1469 Acknowledgments of people, grants, funds, etc. should be placed in a separate section on the title page.
1470 The names of funding organizations should be written in full.

1471 **ADDITIONAL REMARK TEXT**

1472 Text – double spaced, and line numbered using continuous line numbers throughout

1473 Figures – one per page at end of manuscript, with a separate List of Captions prior to the figures

1474 Tables – one per page at end of manuscript (before Figures), captions included above each table

1475 **REFERENCES**

1476 ***Citation***

1477 Cite references in the text by name and year in parentheses. Some examples:

- 1478 • Negotiation research spans many disciplines (Thompson 1990).

- 1479 • This result was later contradicted by Becker and Seligman (1996).
- 1480 • This effect has been widely studied (Abbott 1991; Barakat et al. 1995a, b; Kelso and
- 1481 Smith 1998; Medvec et al. 1999, 2000).

1482 **Reference list**

1483 The list of references should only include works that are cited in the text and that have been published or
 1484 accepted for publication. Personal communications and unpublished works should only be mentioned in
 1485 the text. Do not use footnotes or endnotes as a substitute for a reference list.

1486 Reference list entries should be alphabetized by the last names of the first author of each work. Order
 1487 multi-author publications of the same first author alphabetically with respect to second, third, etc. author.
 1488 Publications of exactly the same author(s) must be ordered chronologically.

- 1489 • Journal article

1490 Gamelin FX, Baquet G, Berthoin S, Thevenet D, Nourry C, Nottin S, Bosquet L (2009) Effect
 1491 of high intensity intermittent training on heart rate variability in prepubescent children. Eur J
 1492 Appl Physiol 105:731-738. doi: 10.1007/s00421-008-0955-8

1493 Ideally, the names of all authors should be provided, but the usage of “et al” in long author
 1494 lists will also be accepted:

1495 Smith J, Jones M Jr, Houghton L et al (1999) Future of health insurance. N Engl J Med
 1496 341:325–329

- 1497 • Article by DOI

1498 Slifka MK, Whitton JL (2000) Clinical implications of dysregulated cytokine production. J
 1499 Mol Med. doi:10.1007/s001090000086

- 1500 • Book

1501 South J, Blass B (2001) The future of modern genomics. Blackwell, London

- 1502 • Book chapter

1503 Brown B, Aaron M (2001) The politics of nature. In: Smith J (ed) The rise of modern
 1504 genomics, 3rd edn. Wiley, New York, pp 230-257

- 1505 • Online document

1506 Cartwright J (2007) Big stars have weather too. IOP Publishing PhysicsWeb.
 1507 <http://physicsweb.org/articles/news/11/6/16/1>. Accessed 26 June 2007

- 1508 • Dissertation

1509 Trent JW (1975) Experimental acute renal failure. Dissertation, University of California

1510 Always use the standard abbreviation of a journal’s name according to the ISSN List of Title Word
 1511 Abbreviations, see

- 1512 • ISSN LTWA

1513 If you are unsure, please use the full journal title.

1514 For authors using EndNote, Springer provides an output style that supports the formatting of in-text
 1515 citations and reference list.

1516• EndNote style (zip, 2 kB)

1517 **TABLES**

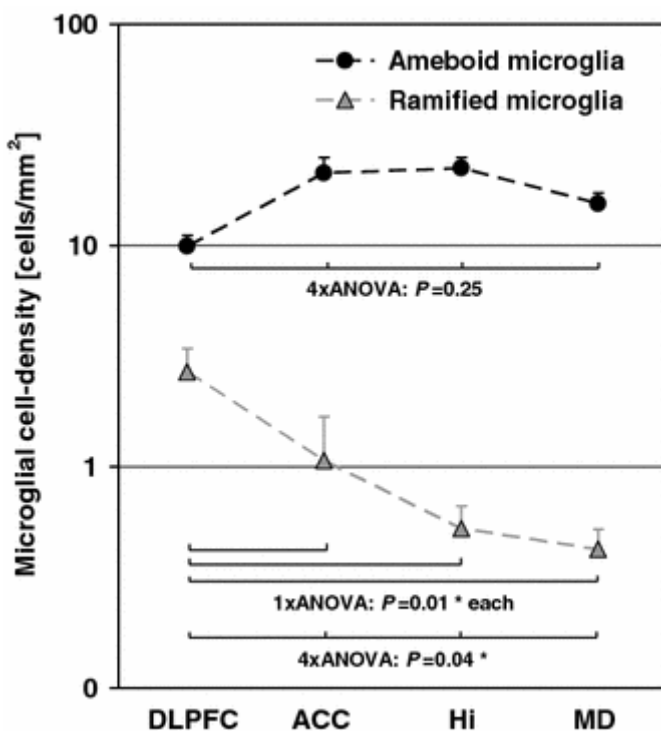
- 1518 • All tables are to be numbered using Arabic numerals.
- 1519 • Tables should always be cited in text in consecutive numerical order.
- 1520 • For each table, please supply a table caption (title) explaining the components of the
- 1521 table.
- 1522 • Identify any previously published material by giving the original source in the form of a
- 1523 reference at the end of the table caption.
- 1524 • Footnotes to tables should be indicated by superscript lower-case letters (or asterisks for
- 1525 significance values and other statistical data) and included beneath the table body.

1526 **ARTWORK AND ILLUSTRATIONS GUIDELINES**

1527 *Electronic Figure Submission*

- 1528 • Supply all figures electronically.
- 1529 • Indicate what graphics program was used to create the artwork.
- 1530 • For vector graphics, the preferred format is EPS; for halftones, please use TIFF format.
- 1531 MSOffice files are also acceptable.
- 1532 • Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.
- 1533 • Name your figure files with "Fig" and the figure number, e.g., Fig1.eps.

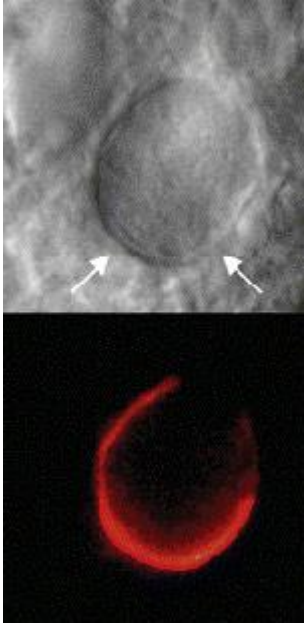
1534 *Line Art*



- 1535
- 1536 • Definition: Black and white graphic with no shading.
- 1537 • Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the
- 1538 figures are legible at final size.
- 1539 • All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide.

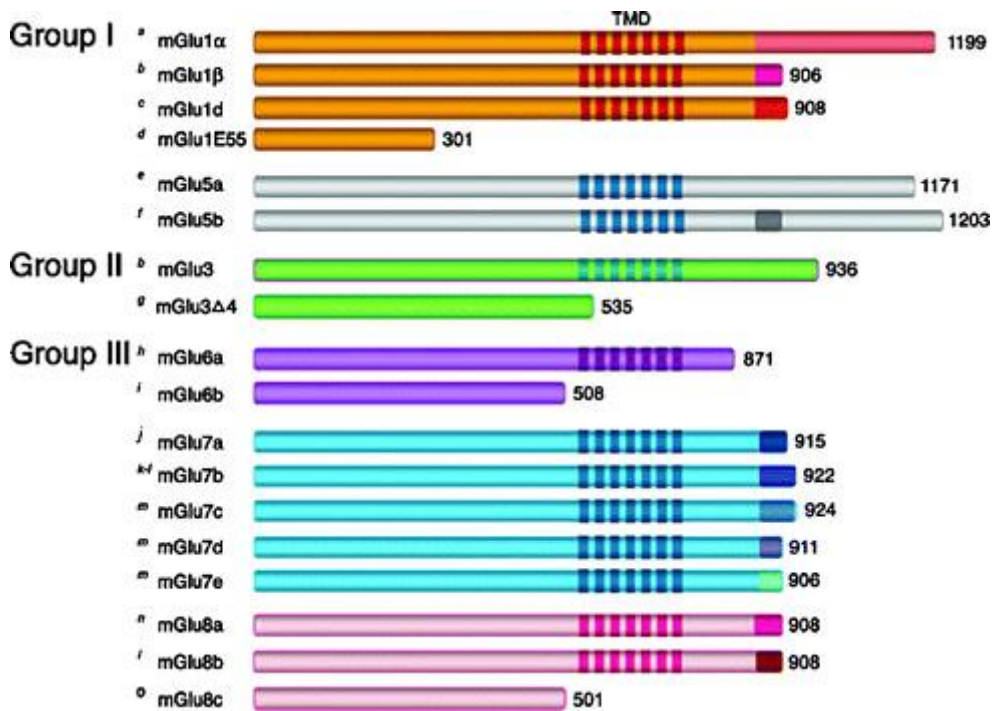
- 1540 • Scanned line drawings and line drawings in bitmap format should have a minimum resolution of 1200 dpi.
- 1541
- 1542 • Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files.

1543 **Halftone Art**



- 1544
- 1545 • Definition: Photographs, drawings, or paintings with fine shading, etc.
- 1546 • If any magnification is used in the photographs, indicate this by using scale bars within the figures themselves.
- 1547
- 1548 • Halftones should have a minimum resolution of 300 dpi.

1549 **Combination Art**



1550

- 1551 • Definition: a combination of halftone and line art, e.g., halftones containing line
1552 drawing, extensive lettering, color diagrams, etc.
- 1553 • Combination artwork should have a minimum resolution of 600 dpi.

1554 ***Color Art***

- 1555 • Color art is free of charge for online publication.
- 1556 • If black and white will be shown in the print version, make sure that the main
1557 information will still be visible. Many colors are not distinguishable from one another
1558 when converted to black and white. A simple way to check this is to make a xerographic
1559 copy to see if the necessary distinctions between the different colors are still apparent.
- 1560 • If the figures will be printed in black and white, do not refer to color in the captions.
- 1561 • Color illustrations should be submitted as RGB (8 bits per channel).

1562 ***Figure Lettering***

- 1563 • To add lettering, it is best to use Helvetica or Arial (sans serif fonts).
- 1564 • Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3
1565 mm (8–12 pt).
- 1566 • Variance of type size within an illustration should be minimal, e.g., do not use 8-pt type
1567 on an axis and 20-pt type for the axis label.
- 1568 • Avoid effects such as shading, outline letters, etc.
- 1569 • Do not include titles or captions within your illustrations.

1570 ***Figure Numbering***

- 1571 • All figures are to be numbered using Arabic numerals.
- 1572 • Figures should always be cited in text in consecutive numerical order.
- 1573 • Figure parts should be denoted by lowercase letters (a, b, c, etc.).
- 1574 • If an appendix appears in your article and it contains one or more figures, continue the
1575 consecutive numbering of the main text. Do not number the appendix figures,
1576 "A1, A2, A3, etc." Figures in online appendices (Electronic Supplementary Material) should,
1577 however, be numbered separately.

1578 ***Figure Captions***

- 1579 • Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts.
1580 Include the captions in the text file of the manuscript, not in the figure file.
- 1581 • Figure captions begin with the term Fig. in bold type, followed by the figure number,
1582 also in bold type.
- 1583 • No punctuation is to be included after the number, nor is any punctuation to be placed at
1584 the end of the caption.
- 1585 • Identify all elements found in the figure in the figure caption; and use boxes, circles,
1586 etc., as coordinate points in graphs.
- 1587 • Identify previously published material by giving the original source in the form of a
1588 reference citation at the end of the figure caption.

1589 ***Figure Placement and Size***

- 1590 • Figures should be submitted separately from the text, if possible.
- 1591 • When preparing your figures, size figures to fit in the column width.
- 1592 • For most journals the figures should be 39 mm, 84 mm, 129 mm, or 174 mm wide and
- 1593 not higher than 234 mm.
- 1594 • For books and book-sized journals, the figures should be 80 mm or 122 mm wide and
- 1595 not higher than 198 mm.

1596 ***Permissions***

1597 If you include figures that have already been published elsewhere, you must obtain permission from the
1598 copyright owner(s) for both the print and online format. Please be aware that some publishers do not grant
1599 electronic rights for free and that Springer will not be able to refund any costs that may have occurred to
1600 receive these permissions. In such cases, material from other sources should be used.

1601 ***Accessibility***

1602 In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your figures, please make
1603 sure that

- 1604 • All figures have descriptive captions (blind users could then use a text-to-speech
1605 software or a text-to-Braille hardware)
- 1606 • Patterns are used instead of or in addition to colors for conveying information
1607 (colorblind users would then be able to distinguish the visual elements)
- 1608 • Any figure lettering has a contrast ratio of at least 4.5:1

1609 **ELECTRONIC SUPPLEMENTARY MATERIAL**

1610 Springer accepts electronic multimedia files (animations, movies, audio, etc.) and other supplementary
1611 files to be published online along with an article or a book chapter. This feature can add dimension to the
1612 author's article, as certain information cannot be printed or is more convenient in electronic form.
1613 Before submitting research datasets as electronic supplementary material, authors should read the
1614 journal's Research data policy. We encourage research data to be archived in data repositories wherever
1615 possible.

1616 ***Submission***

- 1617 • Supply all supplementary material in standard file formats.
- 1618 • Please include in each file the following information: article title, journal name, author
1619 names; affiliation and e-mail address of the corresponding author.
- 1620 • To accommodate user downloads, please keep in mind that larger-sized files may
1621 require very long download times and that some users may experience other problems
1622 during downloading.

1623 ***Audio, Video, and Animations***

- 1624 • Aspect ratio: 16:9 or 4:3
- 1625 • Maximum file size: 25 GB
- 1626 • Minimum video duration: 1 sec

- 1627 • Supported file formats: avi, wmv, mp4, mov, m2p, mp2, mpg, mpeg, flv, mxf, mts,
1628 m4v, 3gp

1629 ***Text and Presentations***

- 1630 • Submit your material in PDF format; .doc or .ppt files are not suitable for long-term
1631 viability.
1632 • A collection of figures may also be combined in a PDF file.

1633 ***Spreadsheets***

- 1634 • Spreadsheets should be converted to PDF if no interaction with the data is intended.
1635 • If the readers should be encouraged to make their own calculations, spreadsheets should
1636 be submitted as .xls files (MS Excel).

1637 ***Specialized Formats***

- 1638 • Specialized format such as .pdb (chemical), .wrl (VRML), .nb (Mathematica notebook),
1639 and .tex can also be supplied.

1640 ***Collecting Multiple Files***

- 1641 • It is possible to collect multiple files in a .zip or .gz file.

1642 ***Numbering***

- 1643 • If supplying any supplementary material, the text must make specific mention of the
1644 material as a citation, similar to that of figures and tables.
1645 • Refer to the supplementary files as “Online Resource”, e.g., "... as shown in the
1646 animation (Online Resource 3)", "... additional data are given in Online Resource 4".
1647 • Name the files consecutively, e.g. “ESM_3.mpg”, “ESM_4.pdf”.

1648 ***Captions***

- 1649 • For each supplementary material, please supply a concise caption describing the content
1650 of the file.

1651 ***Processing of supplementary files***

- 1652 • Electronic supplementary material will be published as received from the author without
1653 any conversion, editing, or reformatting.

1654 ***Accessibility***

1655 In order to give people of all abilities and disabilities access to the content of your supplementary files,
1656 please make sure that

- 1657 • The manuscript contains a descriptive caption for each supplementary material
1658 • Video files do not contain anything that flashes more than three times per second (so
1659 that users prone to seizures caused by such effects are not put at risk)

1660 **ENGLISH LANGUAGE EDITING**

1661 For editors and reviewers to accurately assess the work presented in your manuscript you need to ensure
1662 the English language is of sufficient quality to be understood. If you need help with writing in English
1663 you should consider:

- 1664 • Asking a colleague who is a native English speaker to review your manuscript for
1665 clarity.
- 1666 • Visiting the English language tutorial which covers the common mistakes when writing
1667 in English.
- 1668 • Using a professional language editing service where editors will improve the English to
1669 ensure that your meaning is clear and identify problems that require your review. Two
1670 such services are provided by our affiliates Nature Research Editing Service and
1671 American Journal Experts.
- 1672 • [English language tutorial](#)
- 1673 • [Nature Research Editing Service](#)
- 1674 • [American Journal Experts](#)

1675 Please note that the use of a language editing service is not a requirement for publication in this journal
1676 and does not imply or guarantee that the article will be selected for peer review or accepted.

1677 If your manuscript is accepted it will be checked by our copyeditors for spelling and formal style before
1678 publication.

1679 **RESEARCH DATA POLICY**

1680 The journal encourages authors, where possible and applicable, to deposit data that support the findings of
1681 their research in a public repository. Authors and editors who do not have a preferred repository should
1682 consult Springer Nature's list of repositories and research data policy.

- 1683 • [List of Repositories](#)
- 1684 • [Research Data Policy](#)

1685 General repositories - for all types of research data - such as figshare and Dryad may also be used.

1686 Datasets that are assigned digital object identifiers (DOIs) by a data repository may be cited in the
1687 reference list. Data citations should include the minimum information recommended by DataCite:
1688 authors, title, publisher (repository name), identifier.

- 1689 • [DataCite](#)

1690 Springer Nature provides a research data policy support service for authors and editors, which can be
1691 contacted at researchdata@springernature.com.

1692 This service provides advice on research data policy compliance and on finding research data repositories.

1693 It is independent of journal, book and conference proceedings editorial offices and does not advise on
1694 specific manuscripts.

- 1695 • [Helpdesk](#)

1696 **AFTER ACCEPTANCE**

1697 Upon acceptance of your article you will receive a link to the special Author Query Application at
1698 Springer's web page where you can sign the Copyright Transfer Statement online and indicate whether
1699 you wish to order OpenChoice, offprints, or printing of figures in color.

1700 Once the Author Query Application has been completed, your article will be processed and you will
1701 receive the proofs.

1702 ***Copyright transfer***

1703 Authors will be asked to transfer copyright of the article to the Publisher (or grant the Publisher exclusive
1704 publication and dissemination rights). This will ensure the widest possible protection and dissemination
1705 of information under copyright laws.

- 1706 • [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](#)

1707 ***Offprints***

1708 Offprints can be ordered by the corresponding author.

1709 ***Color illustrations***

1710 Online publication of color illustrations is free of charge. For color in the print version, authors will be
1711 expected to make a contribution towards the extra costs.

1712 ***Proof reading***

1713 The purpose of the proof is to check for typesetting or conversion errors and the completeness and
1714 accuracy of the text, tables and figures. Substantial changes in content, e.g., new results, corrected values,
1715 title and authorship, are not allowed without the approval of the Editor.

1716 After online publication, further changes can only be made in the form of an Erratum, which will be
1717 hyperlinked to the article.

1718 ***Online First***

1719 The article will be published online after receipt of the corrected proofs. This is the official first
1720 publication citable with the DOI. After release of the printed version, the paper can also be cited by issue
1721 and page numbers.

1722 **OPEN CHOICE**

1723 In addition to the normal publication process (whereby an article is submitted to the journal and access to
1724 that article is granted to customers who have purchased a subscription), Springer provides an alternative
1725 publishing option: Springer Open Choice. A Springer Open Choice article receives all the benefits of a
1726 regular subscription-based article, but in addition is made available publicly through Springer's online
1727 platform SpringerLink.

- 1728 • [Open Choice](#)

1729 ***Copyright and license term – CC BY***

1730 Open Choice articles do not require transfer of copyright as the copyright remains with the author. In
1731 opting for open access, the author(s) agree to publish the article under the Creative Commons Attribution
1732 License.

- 1733 • [Find more about the license agreement](#)

1734 **ETHICAL RESPONSIBILITIES OF AUTHORS**

1735 This journal is committed to upholding the integrity of the scientific record. As a member of the
1736 Committee on Publication Ethics (COPE) the journal will follow the COPE guidelines on how to deal
1737 with potential acts of misconduct.

1738 Authors should refrain from misrepresenting research results which could damage the trust in the journal,
1739 the professionalism of scientific authorship, and ultimately the entire scientific endeavour. Maintaining
1740 integrity of the research and its presentation can be achieved by following the rules of good scientific
1741 practice, which include:

- 1742 • The manuscript has not been submitted to more than one journal for simultaneous
1743 consideration.
- 1744 • The manuscript has not been published previously (partly or in full), unless the new
1745 work concerns an expansion of previous work (please provide transparency on the re-
1746 use of material to avoid the hint of text-recycling (“self-plagiarism”).
- 1747 • A single study is not split up into several parts to increase the quantity of submissions
1748 and submitted to various journals or to one journal over time (e.g. “salami-publishing”).
- 1749 • No data have been fabricated or manipulated (including images) to support your
1750 conclusions
- 1751 • No data, text, or theories by others are presented as if they were the author’s own
1752 (“plagiarism”). Proper acknowledgements to other works must be given (this includes
1753 material that is closely copied (near verbatim), summarized and/or paraphrased),
1754 quotation marks are used for verbatim copying of material, and permissions are secured
1755 for material that is copyrighted.

1756 **Important note:** the journal may use software to screen for plagiarism.

- 1757 • Consent to submit has been received explicitly from all co-authors, as well as from the
1758 responsible authorities - tacitly or explicitly - at the institute/organization where the
1759 work has been carried out, **before** the work is submitted.
- 1760 • Authors whose names appear on the submission have contributed sufficiently to the
1761 scientific work and therefore share collective responsibility and accountability for the
1762 results.
- 1763 • Authors are strongly advised to ensure the correct author group, corresponding author,
1764 and order of authors at submission. Changes of authorship or in the order of authors
1765 are **not** accepted **after** acceptance of a manuscript.
- 1766 • Adding and/or deleting authors **at revision stage** may be justifiably warranted. A letter
1767 must accompany the revised manuscript to explain the role of the added and/or deleted
1768 author(s). Further documentation may be required to support your request.
- 1769 • Requests for addition or removal of authors as a result of authorship disputes after
1770 acceptance are honored after formal notification by the institute or independent body
1771 and/or when there is agreement between all authors.
- 1772 • Upon request authors should be prepared to send relevant documentation or data in
1773 order to verify the validity of the results. This could be in the form of raw data, samples,

1774 records, etc. Sensitive information in the form of confidential proprietary data is
1775 excluded.

1776 If there is a suspicion of misconduct, the journal will carry out an investigation following the COPE
1777 guidelines. If, after investigation, the allegation seems to raise valid concerns, the accused author will be
1778 contacted and given an opportunity to address the issue. If misconduct has been established beyond
1779 reasonable doubt, this may result in the Editor-in-Chief's implementation of the following measures,
1780 including, but not limited to:

- 1781 • If the article is still under consideration, it may be rejected and returned to the author.
- 1782 • If the article has already been published online, depending on the nature and severity of
1783 the infraction, either an erratum will be placed with the article or in severe cases
1784 complete retraction of the article will occur. The reason must be given in the published
1785 erratum or retraction note. Please note that retraction means that the paper
1786 is **maintained on the platform**, watermarked "retracted" and explanation for the
1787 retraction is provided in a note linked to the watermarked article.
- 1788 • The author's institution may be informed.

1789 **COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS**

1790 To ensure objectivity and transparency in research and to ensure that accepted principles of ethical and
1791 professional conduct have been followed, authors should include information regarding sources of
1792 funding, potential conflicts of interest (financial or non-financial), informed consent if the research
1793 involved human participants, and a statement on welfare of animals if the research involved animals.
1794 Authors should include the following statements (if applicable) in a separate section entitled "Compliance
1795 with Ethical Standards" when submitting a paper:

- 1796 • Disclosure of potential conflicts of interest
- 1797 • Research involving Human Participants and/or Animals
- 1798 • Informed consent

1799 Please note that standards could vary slightly per journal dependent on their peer review policies (i.e.
1800 single or double blind peer review) as well as per journal subject discipline. Before submitting your
1801 article check the instructions following this section carefully.

1802 The corresponding author should be prepared to collect documentation of compliance with ethical
1803 standards and send if requested during peer review or after publication.

1804 The Editors reserve the right to reject manuscripts that do not comply with the above-mentioned
1805 guidelines. The author will be held responsible for false statements or failure to fulfill the above-
1806 mentioned guidelines.

1807 **DISCLOSURE OF POTENTIAL CONFLICTS OF INTEREST**

1808 Authors must disclose all relationships or interests that could have direct or potential influence or impart
1809 bias on the work. Although an author may not feel there is any conflict, disclosure of relationships and
1810 interests provides a more complete and transparent process, leading to an accurate and objective
1811 assessment of the work. Awareness of a real or perceived conflicts of interest is a perspective to which the
1812 readers are entitled. This is not meant to imply that a financial relationship with an organization that
1813 sponsored the research or compensation received for consultancy work is inappropriate. Examples of

1814 potential conflicts of interests **that are directly or indirectly related to the research** may include but
1815 are not limited to the following:

- 1816 • Research grants from funding agencies (please give the research funder and the grant
1817 number)
- 1818 • Honoraria for speaking at symposia
- 1819 • Financial support for attending symposia
- 1820 • Financial support for educational programs
- 1821 • Employment or consultation
- 1822 • Support from a project sponsor
- 1823 • Position on advisory board or board of directors or other type of management
1824 relationships
- 1825 • Multiple affiliations
- 1826 • Financial relationships, for example equity ownership or investment interest
- 1827 • Intellectual property rights (e.g. patents, copyrights and royalties from such rights)
- 1828 • Holdings of spouse and/or children that may have financial interest in the work

1829 In addition, interests that go beyond financial interests and compensation (non-financial interests) that
1830 may be important to readers should be disclosed. These may include but are not limited to personal
1831 relationships or competing interests directly or indirectly tied to this research, or professional interests or
1832 personal beliefs that may influence your research.

1833 The corresponding author collects the conflict of interest disclosure forms from all authors. In author
1834 collaborations where formal agreements for representation allow it, it is sufficient for the corresponding
1835 author to sign the disclosure form on behalf of all authors. Examples of forms can be found

- 1836 • [here](#):

1837 The corresponding author will include a summary statement in the text of the manuscript in a separate
1838 section before the reference list, that reflects what is recorded in the potential conflict of interest
1839 disclosure form(s).

1840 See below examples of disclosures:

1841 **Funding:** This study was funded by X (grant number X).

1842 **Conflict of Interest:** Author A has received research grants from Company A. Author B has received a
1843 speaker honorarium from Company X and owns stock in Company Y. Author C is a member of
1844 committee Z.

1845 If no conflict exists, the authors should state:

1846 Conflict of Interest: The authors declare that they have no conflict of interest.