

KARINE SOUZA

**GRADIENTE TOPOGRÁFICO COMO FONTE DE
HETEROGENEIDADE DO COMPONENTE ARBÓREO EM
UMA FLORESTA NA REGIÃO DO ALTO URUGUAI**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Dr. Pedro Higuchi
Co-orientadora: Dra. Ana Carolina da Silva

**LAGES, SC
2015**

S729g Souza, Karine
Gradiente topográfico como fonte de heterogeneidade
do componente arbóreo em uma floresta na região do
Alto Uruguai/ Karine Souza. - Lages, 2015.
117p.:il.;21 cm

Orientador: Pedro Higuchi
Coorientadora: Ana Carolina da Silva
Inclui bibliografia.

Dissertação (mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Florestal, Lages, 2015.

1. Diversidade funcional. 2. Estrutura
filogenética. 3. Floresta subtropical. 4. Santa
Catarina. I. Souza, Karine. II. Higuchi, Pedro. III.
Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. IV.

Título

CDD: 634.9- 20.ed.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Setorial do
CAV/ UDESC

KARINE SOUZA

**GRADIENTE TOPOGRÁFICO COMO FONTE DE
HETEROGENEIDADE DO COMPONENTE ARBÓREO EM
UMA FLORESTA NA REGIÃO DO ALTO URUGUAI**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal.

Banca examinadora:

Orientador: _____
Prof. Dr. Pedro Higuchi
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro: _____
Prof. Dr. Alexander Christian Vibrans
Fundação Universidade Regional de Blumenau

Membro: _____
Dr. Ricardo de Vargas Kilca
Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages, ____/____/_____.

À minha família, dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao CAV – UDESC pela realização do mestrado.

À FAPESC pela concessão da bolsa de estudo.

À Deus, que sempre me guiou e protegeu para chegar onde estou.

Aos meus pais, Pedro da Silva Souza e Eliete Lúcia Casa Souza, por sempre me apoiarem, incentivando-me em todas as minhas escolhas, ao meu irmão Lucas Casa Souza, que além de irmão é um amigo e parceiro que tanto amo.

Ao Adriano Rodrigues Neto, por todo apoio, paciência e pela ajuda durante a realização das fotos das folhas.

Aos meus professores orientadores Pedro Higuchi e Ana Carolina da Silva, responsáveis por toda a bagagem de conhecimentos que absorvi nestes anos de mestrado, agradeço também pela confiança e paciência.

Aos membros da banca prof. Dr. Alexander Christian Vibrans e Dr. Ricardo de Vargas Kilca, que aceitaram o convite para participar dessa banca e contribuírem com a pesquisa.

Ao professor Dr. Marcos Benedito Schimalski pela ajuda com a obtenção de dados importantes ao trabalho.

Aos meus amigos do laboratório de dendrologia, que não mediram esforços para auxiliarem nas coletas de campo, Francieli Missio, Rodineli Loebens, Fernando Buzzi, Chayane Souza, Luiz Rodrigues, Felipe Fornara Walter, Angélica Dalla Rosa, Carla Lima, Alaercio Denega, Jhenifer Ferrari, Juliana Pizutti Dallabrida, Vanessa Soboleski, Luciane Cristina Lazzarin, Romell Ribeiro e Márcio Gonçalves.

As amigas de mestrado que ganhei, com as quais compartilhei momentos bons e ruins, e ainda pude aprender muito com nossas trocas de conhecimento. Obrigada por terem entrado em minha vida, Juliana Pizutti Dallabrida, Amanda Nunes, Francieli Missio, Carla Rech, Fran Pscheidt, Daniela Letícia Nones, Valéria Bitencourt, Pollyni Ricken, Chayane Souza e ainda as "velhas" amiga, Morgana França e Manoela Drews de Aguiar.

Ao senhor Victor Hugo, por ceder a área onde realizamos o estudo.

“Só existe uma maneira de evitar as críticas: não fazer nada, não dizer nada e não ser nada.”

Aristóteles

RESUMO

SOUZA, Karine. **Gradiente topográfico como fonte de heterogeneidade do componente arbóreo em uma floresta na região do Alto Uruguai.** 2015. 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal – Área: Engenharia Florestal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Lages, 2015.

A presente dissertação teve como principal objetivo entender a organização florística-estrutural, funcional e filogenética do componente arbóreo, ao longo de um gradiente topográfico, em uma floresta na região do Alto Rio Uruguai. Informações desta natureza são fundamentais para a definição de planos de conservação, uma vez que permitem inferências sobre as estratégias ecológicas das espécies para se desenvolverem em condições ambientais distintas. Para isto, foram alocadas 50 parcelas permanentes de 10 x 20m, ao longo de diferentes setores topográficos (inferior, intermediário e superior), onde todos os indivíduos arbóreos com circunferência na altura do peito (CAP) maior ou igual a 15,7 cm, tiveram a CAP medida, a altura estimada e identidade botânica determinada. Para as 20 espécies mais abundantes, foram determinados os seguintes atributos funcionais: densidade básica da madeira, altura máxima potencial, área foliar, área foliar específica, regime de renovação foliar, guildas de regeneração e de dispersão. A organização florística-estrutural foi analisada por meio dos índices de Shannon (H') e de Pielou (J), NMDS (Escalonamento Multidimensional Não-métrico), Análise de

Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA), Análise de Espécies Indicadoras e tabela de contingência. Os atributos funcionais foram analisados por meio do índice de Rao Q e os valores médios dos atributos ponderados para comunidade em cada parcela (CWM). A estrutura filogenética foi determinada por meio da análise de Mean Pairwise Distance (MPD) e pela estatística K para sinal filogenético de atributos funcionais. As estruturas funcional e filogenética foram comparadas entre setores por meio de Análise de Variância, para distribuição normal, ou Kruskal-Wallis, para distribuições não-normais, com testes *post hoc*. Os resultados demonstraram que o componente arbóreo apresentou variações florísticas-estruturais e de estratégias ecológicas em função dos setores topográficos. A diversidade taxonômica, funcional e filogenética foi menor no Setor inferior, que apresentou a predominância indivíduos com baixa densidade da madeira, folhas maiores e com menor área foliar específica, em relação as posições mais elevadas no relevo. Conclui-se que a topografia representou uma importante fonte de heterogeneidade do componente arbóreo em pequena escala espacial. A capacidade das espécies ocuparem diferentes setores no relevo foi influenciada por seus atributos funcionais, refletindo diferentes estratégias ecológicas, que, em parte são filogeneticamente conservadas.

Palavras-chave: Diversidade funcional. Estrutura filogenética. Floresta subtropical. Santa Catarina.

ABSTRACT

SOUZA, Karine. **Topographic gradient as source of tree component heterogeneity in a forest in Alto Uruguai Region.** 2015. 117f. Dissertation (Master in Forest Engineering – Area: Forest Engineering) – Santa Catarina State University. Forestry Engineering Graduate Program, Lages, 2015.

The present dissertation aimed to understand the functional, phylogenetic and the floristic-structural organization of the tree component, along a topographic gradient in a forest in Upper Uruguay River region. Information of this nature is critical for the definition of conservation plans, since it allows inferences about the ecological strategies of species to occupy different environmental conditions. For this, 50 10 × 20 m permanent plots were allocated along different topographic sectors (lower, middle, upper), where all individual tree species with circumference at breast height (cbh) equal to or greater than 15.7 cm had the cbh measured, the height estimated and the botanical identity determined. For the 20 most abundant species, the following functional traits were determined: basic wood density, maximum potential height, leaf area, specific leaf area, leaves lifespan, regeneration and dispersal guilds. The floristic-structural organization was analyzed through Shannon (H') and Pielou (J) Indices, NMDS (Non-metric Multidimensional Scaling), Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA), Indicator Species Analyzes and contingency table. The functional traits were analyzed by Rao Q Index and community weight means values for plots (CWM). The phylogenetic structure was

determined by Mean Pairwise Distance analysis and K statistic of phylogenetic signal. The functional and phylogenetic structures were compared among sectors by Analysis of Variance, for normal distributions, or Kruskal-Wallis, for non-normal distributions, followed by *post hoc* tests. The results demonstrated that the tree component showed floristic-structural and ecological strategies variations in function of topographic sectors. The taxonomic, functional and phylogenetic diversity was lower in the lower sector, with predominance of trees with low wood density, large leaves, with smaller values of specific leaf area, than sectors situated at upper positions in the terrain. It was concluded that the topography represented an important source of heterogeneity of the tree component in small spatial scale. The capacity of species occupy different sectors in relief was influenced by their functional traits, reflecting different ecological strategies, which are partly phylogenetically conserved.

Key-words: Functional diversity. Phylogenetic structure. Subtropical forest. Santa Catarina.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização do fragmento florestal onde foi realizado o levantamento florestal no município de Capão Alto, SC	41
Figura 2- Localização das unidades amostrais no trecho de floresta avaliado em Capão Alto, SC. Parcelas de 1 a 15 estão no Setor inferior, de 16 a 35 no Setor intermediário e de 36 a 50 no Setor superior.....	48
Figura 3- Curva de acumulação das espécies amostradas em um fragmento florestal localizado em região de transição entre Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana em Capão Alto, SC.	57
Figura 4- Ordenação de parcelas e espécies amostradas em um fragmento florestal de transição entre Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, em Capão Alto, SC, por meio da análise de NMDS (Escalonamento Multidimensional Não-métrico).....	61
Figura 5- Relações entre os atributos funcionais com valores contínuos das 20 espécies arbóreas mais abundantes amostradas em uma floresta em região de transição de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, Capão Alto, SC. DBM: Densidade básica da madeira; AF: área foliar; AFE: área foliar específica; Hmax: altura máxima potencial.....	88

Figura 6- Comparações entre os atributos funcionais contínuos e categóricos das 20 espécies arbóreas mais abundantes amostradas em uma floresta em região de transição de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, Capão Alto, SC.DBM: Densidade básica da madeira; CEL: clímax exigente em luz; CTS: clímax tolerante à sombra; AFE: área foliar específica; D: decídua; P: perene; SD: semidecídua; AF: área foliar; Hmax: altura máxima potencial..... 90

Figura 7- Comparações entre os atributos funcionais contínuos e categóricos das 20 espécies arbóreas mais abundantes amostradas em uma floresta em região de transição de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, Capão Alto, SC.DBM: Densidade básica da madeira; CEL: clímax exigente em luz; CTS: clímax tolerante à sombra; AFE: área foliar específica; AF: área foliar; Hmax: altura máxima potencial; Ane: anemocoria; Aut: autocoria; Zoo: zoocoria. 91

Figura 8- Comparações entre os atributos funcionais contínuos e categóricos das 20 espécies arbóreas mais abundantes amostradas em uma floresta em região de transição de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, Capão Alto, SC.DBM: Densidade básica da madeira; CEL: clímax exigente em luz; CTS: clímax tolerante à sombra; AFE: área foliar específica; D: decídua; P: perene; SD: semidecídua; AF: área foliar; Hmax: altura máxima potencial; Ane: anemocoria; Aut: autocoria; Zoo: zoocoria. 92

Figura 9- Comparação ao longo de setores topográficos (inferior, intermediário e superior) dos atributos funcionais das 20 espécies arbóreas mais abundantes amostradas em uma floresta em região de transição de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, Capão Alto, SC. DBM: Densidade básica da madeira; AF: área foliar; AFE: área foliar específica; Hmax: altura máxima potencial..... 93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição florística do componente arbóreo, número de indivíduos amostrados por espécie em cada um dos setores, (S1 = inferior, S2 = intermediário e S3 = superior) e estratégias de dispersão (Edis) em uma floresta em região de transição de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, Capão Alto, SC	52
Tabela 2- Diversidade (H') e dominância ecológica (J) para a comunidade e para os setores topográficos (S1 = inferior, S2 = intermediário e S3 = superior), em uma floresta em região de transição de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, Capão Alto, SC.....	59
Tabela 3-Número de indivíduos nas estratégias de dispersão (Edis) por setor (S1 = inferior, S2 = intermediário e S3 = superior), em uma floresta em região de transição de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, Capão Alto, SC	62
Tabela 4- Atributos funcionais observados e suas respectivas importância em relação aos processos que influenciam no desenvolvimento das espécies arbóreas.....	81

Tabela 5- Atributos funcionais referentes à densidade básica da madeira (DBM), área foliar (AF), área foliar específica (AFE), altura máxima potencial (Hmax), deciduidade (Dec), guildas de dispersão (Gdis) e guildas de regeneração (Greg) das 20 espécies arbóreas mais abundantes amostradas e estatística K para os atributos funcionais, em uma floresta em região de transição de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, Capão Alto, SC	85
Tabela 6- Diversidade funcional e estrutura filogenética do componente arbóreo ao longo de um gradiente topográfico (Inferior, Intermediário e Superior) em uma floresta em região de transição de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, Capão Alto, SC	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C – Graus Celsius

AF – Área foliar

AFE – Área foliar específica

Ane – Anemocórica

Aut – Autocórica

APG – Angiosperm Phylogeny Group

CAV – Centro de Ciências Agroveterinárias

cm – centímetro

cm² – centímetro quadrado

CAP – Circunferência à Altura do Peito

Cfb – Clima temperado constantemente úmido, sem estação seca

CEL – Clímax exigente em luz

CTS – Clímax tolerante à sombra

CWM – Matriz de traços funcionais ponderado para a comunidade

D – Decídua

DAP – Diâmetro à Altura do Peito

DBM – Densidade básica da madeira

Dec – Deciduidade

E – Leste

FED – Floresta Estacional Decidual

FOD – Floresta Ombrófila Densa

FED – Floresta Ombrófila Mista

g – grama

Gdis – Guildas de dispersão

GPS – Sistema de Posicionamento Global

Greg – Guildas de regeneração

H' – Índice de Shannon

ha – hectare
Hmax – Altura máxima potencial
HSD – Honestly significant difference
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
J – Índice de Pielou
LABDENDRO – Laboratório de Dendrologia
m – metro
 m^2 – metro quadrado
mm – milímetro
MDT – Modelo digital do terreno
MPD – Mean pairwise distance
N – Norte
NI – Não identificada
NMDS–Escalonamento Multidimensional Não-métricoAnálise de variância multivariada não-paramétrica
 p – Significância
P – Perene
PERMANOVA – Análise da variância multivariada permutacional
S1 – Setor inferior
S2 – Setor intermediário
S3 – Setor superior
SC – Santa Catarina
SD – Semi decídua
SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina
UHE – Usina Hidrelétrica
UTM – Universal transverse de Mecator
Zoo – Zoocórica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	37
2 ESTRUTURA E ESTRATÉGIAS DE DISPERSÃO DO COMPONENTE ARBÓREO DE UMA FLORESTA SUBTROPICAL AO LONGO DE UMA TOPOSSEQUÊNCIA NO ALTO RIO URUGUAI.....	43
2.1 RESUMO	43
2.2 ABSTRACT	44
2.3 INTRODUÇÃO.....	45
2.4 MATERIAL E MÉTODOS	46
2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
2.6 CONCLUSÃO.....	63
2.7 REFERÊNCIAS	63
3 ESTRUTURA FUNCIONAL E FILOGENÉTICA DO COMPONENTE ARBÓREO AO LONGO DE UM GRADIENTE TOPOGRÁFICO EM UMA FLORESTA SUBTROPICAL NO BRASIL	75
3.1 RESUMO	75
3.2 ABSTRACT	76
3.3 INTRODUÇÃO.....	77
3.4 MATERIAL E MÉTODOS	79
3.5 RESULTADOS	84
3.6 DISCUSSÃO.....	94
3.7 CONCLUSÃO.....	97
3.8 REFERÊNCIAS	98
4 CONCLUSÃO GERAL	111
REFERÊNCIAS	113

1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil apresenta uma elevada diversidade de ecossistemas, ocasionado em virtude de sua ampla extensão territorial, aliado ao clima e a diversidade geomorfológica, propícios para estabilização e desenvolvimento de muitas espécies florestais (LEITÃO FILHO, 1987). Entretanto, a intensa exploração madeireira das florestas, contribuiu para o decréscimo da cobertura vegetal nativa em todo o país. Além disso, acrescentam-se a essa redução da flora nativa, as atividades agrícolas e a pecuária, a construção de usinas hidrelétricas, que ocupam locais onde existiu floresta nativa.

Neste contexto, um dos principais biomas brasileiros afetados por essa exploração, a Mata Atlântica, apresenta apenas 12,5% de floresta nativa original (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2014). Dentre os 17 estados brasileiros que apresentam a ocupação deste bioma, Santa Catarina obteve o quinto maior índice de desmatamento entre 2012 e 2013 (672 ha), segundo relatório anual divulgado pela Fundação SOS Mata Atlântica (2014).

O bioma Mata Atlântica contempla diferentes fitofisionomias no estado de Santa Catarina, entre estas, importantes áreas de tensão ecológica entre a Floresta Ombrófila Mista (FOM) e a Floresta Estacional Decidual (FED). A FOM, conhecida como Mata das Araucárias, pela predominância da espécie *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze., compõe a maior parte da região sul do Brasil (IBGE, 2012). Já a região fitoecológica FED, no estado citado, ocupa uma área muito menor do que a FOM e Floresta Ombrófila Densa (FOD) (FONTANA; SEVEGNANI, 2012). Uma característica marcante, e que dá nome a FED, é a perda de 50% ou mais das folhas dos indivíduos arbóreos do dossel (IBGE 2012), o que garante o estabelecimento desses durante

épocas desfavoráveis. Conforme Klein (1978), em Santa Catarina, a FED ocorre ao longo do Rio Uruguai e seus afluentes, com características peculiares, das quais destaca-se a fertilidade do solo. Pennington et al. (2009) afirmam que tal característica é favorável para que estas áreas florestais sejam substituídas por áreas agrícolas, o que, de certa forma, contribuiu para a supressão desse tipo de vegetação em Santa Catarina.

Essa substituição da vegetação nativa já foi citada por Klein(1978) e, ao mesmo tempo, o plantio de espécies exóticas para produção madeireira e papeleira, como o *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp., vem substituindo a floresta nativa (VIBRANS et al., 2008). Além disso, a construção de usinas hidrelétricas nas últimas décadas, tem afetado significativamente as áreas ecotonais (RUSCHEL et al., 2009; RUSCHEL et al., 2007) em Santa Catarina, como a UHE de Barra Grande. Em virtude dessa substituição florestal, os poucos remanescentes restantes de áreas de tensão ecológica entre FOM e FED, concentram-se em trechos de topografia acidentada, que dificultam a exploração florestal (ACCORDI; BARCELLOS, 2008).

Diante deste quadro de fragilidade em que se encontra a FED e a FOM no sul de Santa Catarina, destaca-se a importância de realizar pesquisas, com objetivo de obter conhecimento sobre os padrões de distribuição das espécies em ambientes naturais, bem como as relações ecológicas existentes. Com isso, inferências sobre técnicas de manejo podem ser realizadas, permitindo a conservação e preservação dos poucos fragmentos florestais que ainda existem. Assim, estudos que enfoquem, também, a variação da florística e estrutura do componente arbóreo em decorrência da variação topográfica, são importantes, uma vez que isto representa uma importante fonte de heterogeneidade ambiental que, consequentemente, atua na distribuição florístico-estrutural do componente arbóreo. Em escala local, considera-se que o

gradiente topográfico seja um dos principais determinantes da estrutura florestal (RODRIGUES, et al., 2007).

Além disso, estudos que avaliam os atributos funcionais e as relações filogenéticas tem crescido nos últimos anos, com o objetivo de entender a formação florestal de acordo com as funções que as espécies exercem em um determinado local, bem como entender como a comunidade florestal está estruturada (SOBRAL; CIANCIARUSO, 2012).

Os atributos funcionais variam entre as espécies e representam diferentes estratégias ecológicas, as quais podem determinar o estabelecimento das mesmas na comunidade florestal (REICH et al., 2003; VIOLLE et al., 2007). A densidade básica da madeira está fortemente relacionada com a resistência mecânica, crescimento, capacidade hidráulica da árvore e estoque de carbono (WOODCOCK; SHIER, 2002; PATIÑO et al., 2008; CHAVE et al., 2009). A área foliar influencia no balanço hídrico e na forma com que a folha absorve luz (CORNELISSEN et al., 2003), da mesma forma que a área foliar específica está associada com a taxa fotossintética e consistência da folha (CORNELISSEN et al., 2003). Já a altura máxima está associada com o alcance ao dossel em busca de maior luminosidade, sendo que algumas espécies conseguem se estabelecer no ambiente somente em condições de pleno acesso a luz, como, por exemplo, as espécies clímax exigentes em luz (WESTOBY et al., 2002; POORTER et al., 2005; GIEHL et al., 2007). A deciduidade está relacionada com sazonalidade climática que as espécies suportam para continuar se mantendo em um determinado ambiente (KLEIN, 1984). A síndrome de dispersão está associada com a forma que o propágulo é dispersado, podendo ser anemocórica, quando a semente é dispersa pelo vento, zoocórica, quando a semente é dispersa por animais, e ainda autocórica, quando a semente é dispersa pela deiscência.

explosiva (VAN DER PIJL, 1982). Dependendo da forma de como a semente é dispersa, novas espécies podem se estabelecer em curtas ou longas distâncias (CORNELISSEN et al., 2003).

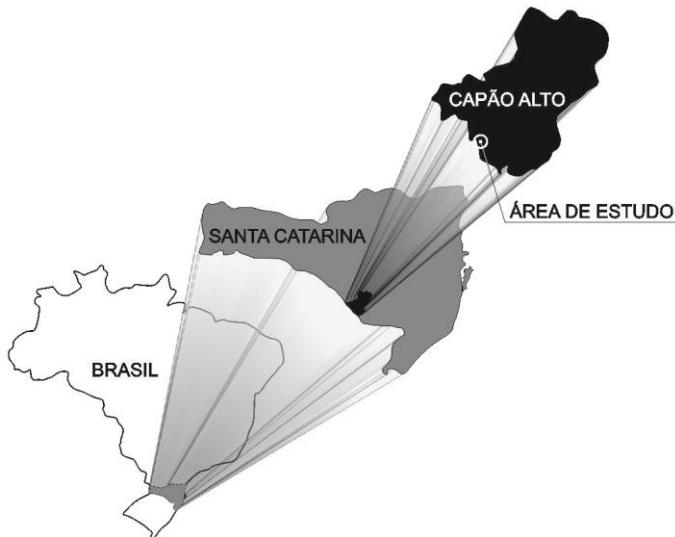
A filogenia é capaz de detectar as relações de parentesco existente entre as espécies, determinando a existência de um padrão na comunidade florestal (WEBB, 2000). Conforme Webb et al. (2002), padrões não aleatórios, como a dispersão ou agrupamento filogenético, são resultantes de processos como filtros ambientais e a similaridade limitante. No processo de filtragem ambiental, existem espécies com características semelhantes, que sobrevivem e reproduzem-se em um mesmo ambiente, enquanto que no processo de similaridade limitante, as espécies possuem características distintas, dentro do mesmo ambiente, sendo que o contrário levaria a exclusão de espécies por competição (FUNK, et al., 2009). Dessa maneira, agregar informações a respeito das relações filogenéticas no contexto geral de diversidade (MAGURRAN, 2004) é de grande importância para compreender os padrões vegetacionais em ecossistemas florestais, bem como entender as variações da organização de comunidades de espécies em resposta ao ambiente (CIANCIARUSO et al., 2009).

Neste sentido, este trabalho teve como principal objetivo entender a organização florística-estrutural, funcional e filogenética do componente arbóreo, ao longo de um gradiente topográfico, em uma floresta subtropical na região do Alto Rio Uruguai em Santa Catarina (Figura 1).

Esta dissertação é apresentada em dois capítulos, estruturados em forma de artigos científicos. O primeiro artigo, intitulado "**Estrutura e estratégias de dispersão do componente arbóreo de uma floresta subtropical ao longo de uma topossequência no Alto Rio Uruguai**", objetivou identificar variações da composição florística-estrutural e das estratégias de dispersão em função do setor topográfico. O

segundo artigo, intitulado "**Estrutura funcional e filogenética do componente arbóreo ao longo de um gradiente topográfico em uma floresta subtropical no Brasil**", teve como principal objetivo investigar a estrutura funcional e filogenética de espécies arbóreas ao longo dos mesmos setores ambientais.

Figura 1- Localização do fragmento florestal onde foi realizado o levantamento florestal no município de Capão Alto, SC.



Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

2 ESTRUTURA E ESTRATÉGIAS DE DISPERSÃO DO COMPONENTE ARBÓREO DE UMA FLORESTA SUBTROPICAL AO LONGO DE UMA TOPOSSEQUÊNCIA NO ALTO RIO URUGUAI

2.1 RESUMO

Objetivou-se analisar a composição florístico-estrutural e as estratégias de dispersão do componente arbóreo ao longo de uma topossequência em uma floresta subtropical na região do Alto Uruguai. Para isso, em um fragmento florestal foram alocadas 50 parcelas, de 200 m² cada, em três setores, definidos a partir da distância do reservatório de água e variações de declividade: Setor inferior, próximo ao reservatório com declividade média de 14,38° ($\pm 2,64$), Setor intermediário, na encosta com declividade média de 19,74° ($\pm 1,98$), e Setor superior, no topo da encosta com declividade média de 20,66° ($\pm 1,24$). Aferiu-se o CAP (circunferência à altura do peito) e identificaram-se todos os indivíduos com CAP $\geq 15,7$ cm nas parcelas. Os indivíduos amostrados foram classificados de acordo com sua estratégia de dispersão. Os dados foram analisados por meio dos índices de Shannon (H') e de Pielou, NMDS (Escalonamento Multidimensional Não-métrico), PERMANOVA (ANOVA multivariada permutacional), Análise de Espécies Indicadoras e tabela de contingência. Foram amostrados 1.562 indivíduos, pertencentes a 69 espécies, sendo que o Setor inferior apresentou menor diversidade e maior dominância. A ordenação dos dados demonstrou diferenças florístico-estruturais entre os setores, confirmada pela PERMANOVA ($p < 0,001$). Quatro espécies foram indicadoras do Setor inferior, uma do intermediário e cinco do superior. Apesar da zoocoria ter prevalecido nos setores, a distribuição dos indivíduos das espécies com

diferentes estratégias de dispersão não ocorreu de forma uniforme ao longo do gradiente topográfico. Conclui-se que a topografia representou uma importante fonte de variação do componente arbóreo, influenciando na distribuição das espécies, no padrão de diversidade e na representatividade das estratégias de dispersão.

Palavras-chave: Ecótono. NMDS. Estratégias ecológicas.

2.2 ABSTRACT

This study aimed to analyze the floristic-structural composition and dispersion strategies of the arboreal component along a toposequence in a subtropical forest in Upper Uruguay region. For this, a total of 50, 200 m², plots, were allocated into three sectors within a forest fragment, defined in function of the distance from a dam reservoir and slope: lower sector, next to the reservoir and average slope of 14.38° (±2.64), intermediate sector, with an average slope of 19.74° (±1.98), and upper sector, near to the ridge, with average slope of 20.66° (±1.24). All sampled tree species individuals with circumference at breast height (cbh) \geq 15.7 cm were measured (cbh) and identified. All species were classified according to their dispersion syndrome. The data were analyzed through Shannon (H') and Pielou indices, NMDS (Nonmetric Multidimensional Scaling), PERMANOVA (Permutational Multivariate ANOVA), Indicator Species Analysis and contingency table. A total of 1,562 individuals, belonging to 69 species, were sampled, with lower sector presenting the lowest diversity and the highest dominance. The ordination of data showed floristic-structural differences among sectors, confirmed by PERMANOVA test ($p < 0.001$). Four species were indicative of the lower sector, one of the intermediate and five of the upper sector. Despite zochory prevailing among sectors, the

individuals of species with different dispersal syndromes were not evenly distributed across the topographic gradient. We conclude that the topography represented an important source of tree component variation, influencing species distribution, diversity pattern and dispersal syndromes representativeness.

Keywords: Ecotone. NMDS. Ecological strategies.

2.3 INTRODUÇÃO

A região do Alto Uruguai, de clima subtropical e sem a ocorrência de déficits hídricos, caracteriza-se por ser uma área de tensão ecológica, em função do encontro de duas das principais fitofisionomias da região Sul do Brasil: a Floresta Estacional Decidual (FED) e a Floresta Ombrófila Mista (FOM). Enquanto a FED ocorre, predominantemente, nas áreas de menor altitude e maiores temperaturas médias anuais, a FOM apresenta a distribuição associada aos locais de maior altitude e frio (HIGUCHI et al., 2013a).

Essas florestas apresentam elevada importância no contexto regional por apresentarem elevada diversidade de espécies vegetais (ROGALSKI; ZANIN, 2003; SCIPIONI et al., 2011). Porém, atualmente, encontram-se em estado crítico de conservação, em função do processo histórico de perturbação (ROSSONI et al., 2012) e devido aos processos de fragmentação ocasionados pela exploração madeireira e pela transformação das áreas para a agricultura, pecuária e silvicultura, especialmente de *Pinus* spp. Os poucos remanescentes florestais mais conservados encontram-se junto aos vales profundos dos rios, na parte superior da bacia hidrográfica (ACCORDI; BARCELLOS, 2008), estando, atualmente, ameaçados pela formação dos reservatórios de usinas hidrelétricas (BOLDRINI, 2009). Desta forma, estudos

nestas áreas, que sirvam como subsídios para a definição de estratégias de conservação e restauração destas florestas, são de grande relevância.

Como as áreas próximas das calhas dos afluentes do Rio Uruguai, na parte mais a montante da bacia hidrográfica, são caracterizadas pela topografia acidentada, espera-se que a vegetação arbórea nesta região apresente variações florístico-estruturais associadas à toposequência. A heterogeneidade de comunidades de espécies arbóreas em função da topografia tem sido um padrão relatado frequentemente, sendo explicado como uma resposta a gradientes ambientais que atua nas propriedades físico-químicas do solo (MÉLO et al., 2013) e no regime de inundação (BUDKE et al., 2010; MAGNAGO et al., 2012).

Desta forma, considerando que a montagem de comunidades biológicas pode refletir a existência de filtros ambientais e a capacidade competitiva das espécies, em função de seus respectivos nichos ecológicos (CORNWELL; ACKERLY, 2009), o presente estudo buscou testar a hipótese de que existem alterações da vegetação florestal em função da setorização topográfica.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

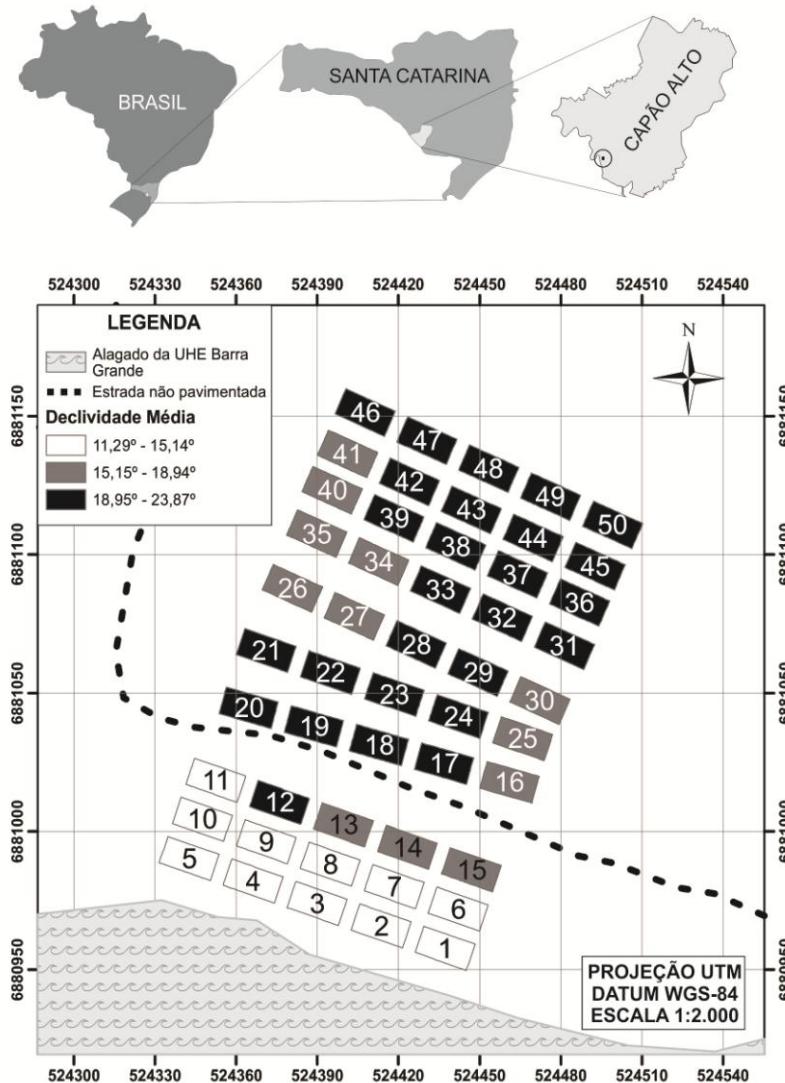
A área estudada está inserida em uma região de ecótono entre a Floresta Estacional Decidual Montana e Floresta Ombrófila Mista Montana (IBGE, 2012), situada nas margens do Reservatório UHE Barra Grande, inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, sub-bacia do Rio Pelotas, divisa entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, no município de Capão Alto, SC (coordenadas UTM: 524407 E, 6881056 N; altitude aproximada de 700 m). A classificação climática na região, de acordo com Köppen, é Cfb, com temperaturas médias de 15,7°C e ocorrência de geadas nos meses frios. A precipitação média anual varia entre 1.200 a

1.900 mm, com chuvas bem distribuídas durante o ano. O relevo na área é forte ondulado, segundo a classificação do IBGE (2009), característica das florestas ciliares da região, onde os rios são “encaixados” em vales. Os solos variam entre Neossolos e Cambissolos.

O fragmento florestal estudado está inserido em uma propriedade particular, com matrizes do entorno constituída por plantios comerciais de *Pinus* spp. Devido à topografia mais íngreme, não existem indícios de exploração madeireira intensa em toda a área amostrada, nem a presença de gado.

Para a caracterização da comunidade arbórea, foi estudado um trecho desse fragmento, no período de setembro a novembro de 2013. Esse foi dividido em três setores ao longo de uma topossequência, com diferentes distâncias do reservatório artificial, construído em virtude da instalação da UHE Barra Grande e valores de declividade (Figura 2). O primeiro setor (Setor inferior, altitude média de 646 m) situou-se em contato com o reservatório, portanto, em uma área atualmente mais úmida (após o enchimento do reservatório), o segundo setor (Setor intermediário, altitude média de 711 m) foi localizado na área de encosta após o primeiro setor, e o terceiro setor (Setor superior, altitude média de 732 m) situou-se próximo ao topo da encosta.

Figura 2- Localização das unidades amostrais no trecho de floresta avaliado em Capão Alto, SC. Parcelas de 1 a 15 estão no Setor inferior, de 16 a 35 no Setor intermediário e de 36 a 50 no Setor superior.



Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

As declividades de cada trecho foram estimadas a partir do referenciamento cartográfico de cada parcela, obtidas via posicionamento por receptores de sinais GPS (*Global Positioning System*), no método absoluto. Para a representação do terreno, empregou-se o modelo digital do terreno (MDT) derivado a partir das imagens aéreas obtidas pelo recobrimento aéreo estadual de Santa Catarina. A resolução geométrica do MDT é de 1 m, o sistema de referência planimétrico é o SIRGAS 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) e o altimétrico, o *Datum* de Imbituba. A partir das altitudes armazenadas no MDT, derivou-se o mapa temático referente às declividades, utilizando-se como distância mínima 1 m. A partir da posição e limite de cada parcela, calculou-se a declividade por parcela, utilizando-se os valores de declividades previamente calculados, e estas foram agrupadas em três classes (Figura 1). Utilizando o ArcGis, junto com a extensão 3D Analyst, calculou-se a declividade média de cada setor por meio da média das declividades das parcelas nesse setor, obtendo-se, para o primeiro, segundo e terceiro setores, respectivamente, as declividades médias (desvio padrão entre parênteses) de: 14,38°($\pm 2,64$), 19,74° ($\pm 1,98$) e 20,66° ($\pm 1,24$), todas classificadas como relevo fortemente ondulado.

Foram alocadas 15 parcelas no primeiro setor, 20 no segundo e 15 no terceiro. Dentro de cada setor, as parcelas, de 10×20 m (200 m^2) cada, foram alocadas de forma sistemática, com distância de 5 m entre elas, atingindo, assim, uma área amostrada de 1 ha. Em cada parcela, foram identificados e mensurados (CAP – circunferência a altura do peito, medido a 1,30 m) todos os indivíduos arbóreos que apresentaram CAP igual ou superior a 15,7 cm. Os indivíduos que apresentaram mais de um tronco foram incluídos na amostra quando a raiz da soma dos quadrados das CAPs foi superior ou igual a 15,7 cm. As espécies foram identificadas no campo ou coletadas para

posterior identificação, sendo essa realizada com auxílio de literatura especializada ou consultas à especialistas. Posteriormente, estas foram classificadas nas famílias de acordo com o sistema APG III (ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP, 2009). Para complementação da lista florística, além das espécies encontradas dentro do espaço amostral, foram registradas as espécies arbóreas não amostradas, encontradas durante o caminhamento no fragmento, realizado durante o trabalho de campo para acesso às parcelas. Estas espécies, no entanto, não foram quantificadas, mensuradas e nem utilizadas nas análises dos dados.

As espécies e os indivíduos amostrados foram classificados de acordo com sua estratégia de dispersão como zoocóricos, anemocóricos ou autocóricos, conforme consulta em literaturas e visualização em campo da morfologia dos frutos (VAN DER PIJL, 1982). Zoocóricos foram aqueles que apresentaram características que indicam que a dispersão primária das sementes é feita por animais, como a presença de frutos carnosos; anemocóricos foram aqueles cujas sementes são disseminadas pelo vento; e autocóricos foram aqueles que apresentam indícios de que suas sementes são dispersas pela deiscência explosiva.

A suficiência amostral foi verificada por meio da curva de acumulação de espécies, cujos valores médios e intervalos de confiança ($2 \times$ desvio padrão) da riqueza para cada tamanho amostral foram determinados a partir de 1000 permutações, com o sequenciamento das parcelas de forma aleatória. A diversidade da comunidade e de cada setor foi avaliada pelo índice de Shannon (H') e a equabilidade pelo índice de Pielou (J) (BROWER; ZAR, 1984). Os valores de H' entre setores foram comparados aos pares por meio do teste t de Hutcheson (ZAR, 1996). Com o propósito de verificar a existência de padrões de agrupamento entre os setores, por meio das variações florístico-estruturais, os dados foram submetidos a

uma análise multivariada NMDS (Escalonamento Multidimensional Não-métrico) (MINCHIN, 1987). Como vantagens deste método destaca-se o fato de não ter como pressuposto a relação linear das variáveis, ser menos suscetível a distorções (e.g. efeito arco) e ser menos influenciada por *outliers* (MCGARIGAL et al., 2000). A adequabilidade da ordenação para interpretação foi verificada por meio do valor de “stress”, que indica a relação entre a distância euclidiana entre as parcelas plotadas nos eixos de ordenação e a distância florística-estrutural, determinada pelo método de Bray-Curtis (OKSANEN, 2010). Apesar da ordenação produzida pela NMDS ser adequada para a visualização de possíveis agrupamentos, a mesma não permite testar a hipótese de variações da comunidade em função da setorização ambiental. Desta forma, foi realizada uma Análise de Variância Multivariada Permutacional (PERMANOVA) para verificar a existência de diferenças florísticas-estruturais significativas entre os setores estudados (ANDERSON, 2001). Foi realizada a Análise de Espécies Indicadoras (DUFRENE; LEGENDRE, 1997), para determinar as espécies características de cada setor ($p \leq 0,05$). Este método permite identificar espécies com forte associação a um determinado grupo de parcelas, sendo que, ao contrário da técnica de TWINSPAN, os valores indicadores encontrados para cada espécie são independentes da abundância relativa de outras espécies e não há a necessidade da utilização de pseudo-espécies (DUFRENE; LEGENDRE, 1997). Objetivando verificar se existem tendências na distribuição dos indivíduos nas diferentes estratégias de dispersão entre os setores, foi realizado um teste de contingência, comparando o valor esperado com o valor observado ($p \leq 0,05$), por meio de um teste qui-quadrado. As análises dos dados foram realizadas no programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2013) com o uso da

biblioteca Vegan (OKSANEN et al., 2013) e Labdsv (ROBERTS, 2013).

2.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentro das parcelas, foram amostrados 1.562 indivíduos, pertencentes a 63 espécies, que totalizaram uma área basal de 32,32 m²/ha. Considerando-se todas as espécies encontradas na área (amostradas nas parcelas e caminhamento florístico), a riqueza foi de 69 espécies, 57 gêneros e 33 famílias botânicas, sendo a maioria das espécies classificadas como zoocórias (78,26%) (Tabela 1). Em segundo lugar, vieram as espécies anemocóricas (14,49%) e, por último, as autocóricas (7,25%). Na maioria dos estudos no Brasil em formações florestais, a zoocoria tem sido a estratégia mais encontrada (e.g. BUDKE et al., 2005; YAMAMOTO et al., 2007; NOGUCHI et al., 2009; STEFANELLO et al., 2010; BORGO et al., 2011; LOPES et al., 2011; SILVA et al., 2012c; DOMINGUES et al., 2013). Cinco espécimes não foram identificadas devido à ausência de folhas ou dificuldade de coleta.

Tabela 1- Composição florística do componente arbóreo, número de indivíduos amostrados por espécie em cada um dos setores, (S1 = inferior, S2 = intermediário e S3 = superior) e estratégias de dispersão (Edis) em uma floresta em região de transição de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, Capão Alto, SC.

Famílias	Espécies	S1	S2	S3	Edis
Anacardiaceae	<i>Lithraea brasiliensis</i> Marchand	1	3	7	Zoo

Continua...

Tabela 1 - Continuação...

	<i>Schinus lentiscifolius</i>	0	0	4	Zoo
	Marchand				
	<i>Schinus terebinthifolius</i>	*	*	*	Zoo
	Raddi				
Annonaceae	<i>Annona rugulosa</i> (Schltdl.) H. Rainer	1	4	8	Zoo
Apocynaceae	<i>Aspidosperma australe</i> Müll.Arg.	1	3	0	Ane
Aquifoliaceae	<i>Ilex theezans</i> Mart. Ex Reissek	1	0	1	Zoo
Araliaceae	<i>Oreopanax fulvum</i> Marchal	0	0	2	Zoo
Araucariaceae	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	0	1	1	Zoo
Arecaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	0	1	0	Zoo
Asteraceae	<i>Dasyphyllum brasiliense</i> (Spreng.) Cabrera	*	*	*	Ane
Canellaceae	<i>Capsicodendron dinisii</i> Schwanke	1	0	0	Zoo
Cardiopteridaceae	<i>Citronella gongonha</i> (Mart.) R.A.Howard	1	2	0	Zoo
Celastraceae	<i>Maytenus aquifolia</i> Mart.	1	1	2	Zoo
	<i>Schaefferia argentinensis</i> Speg.	0	0	3	Zoo
Dicksoniaceae	<i>Dicksonia sellowiana</i> Hook.	0	2	0	Ane
Elaeocarpaceae	<i>Sloanea monosperma</i> Vell.	2	0	0	Zoo
Euphorbiaceae	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	0	92	125 ^{EL}	Aut
	<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. Sm. & Downs	7	17	12	Aut
Fabaceae	<i>Inga virescens</i> Benth.	0	0	1	Zoo

Continua...

Tabela 1 - Continuação...

	<i>Lonchocarpus campestris</i> Mart. ex Benth.	61 ^{El}	13	2	Zoo
	<i>Machaerium paraguarriense</i> Hassl.	34 ^{El}	22	6	Ane
	<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão	0	15	2	Ane
	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	22 ^{El}	24	4	Aut
Lamiaceae	<i>Aegiphila brachiata</i> Vell.	0	2	0	Zoo
Lauraceae	<i>Nectandra lanceolata</i> Nees	2	0	1	Zoo
	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	25	53	39	Zoo
	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	7	12	3	Zoo
	<i>Ocotea pulchella</i> (Nees) Mez	4	2	1	Zoo
Malvaceae	<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	8	17	20	Ane
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	0	0	1	Ane
	<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	*	*	*	Zoo
Myrtaceae	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	0	0	2	Zoo
	<i>Calyptrotheces concinna</i> DC.	0	0	1	Zoo
	<i>Campomanesia</i> <i>xanthocarpa</i> O.Berg	30	32	4	Zoo
	<i>Eugenia pyriformis</i> Cambess.	2	0	0	Zoo
	<i>Eugenia uniflora</i> L.	0	19	7	Zoo
	<i>Eugenia uruguayensis</i> Cambess.	0	1	0	Zoo
	<i>Myrceugenia cf.</i> <i>glaucescens</i> (Cambess.) D.Legrand & Kausel	0	0	1	Zoo
	<i>Myrcia oblongata</i> DC.	1	0	0	Zoo
	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	0	1	0	Zoo

Continua...

Tabela 1 - Continuação...

	<i>Myrcianthes gigantea</i> (D. Legrand) D. Legrand	0	4	11 ^{EI}	Zoo
	<i>Myrcianthes pungens</i> (O.Berg) D. Legrand	0	11	10	Zoo
Oleaceae	<i>Ligustrum lucidum</i> W. T. Aiton	*	*	*	Zoo
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca dioica</i> L.	0	0	3	Aut
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br.	1	1	0	Zoo
	<i>Myrsine lorentziana</i> (Mez) Arechav.	*	*	*	Zoo
Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.	1	0	0	Zoo
Rhamnaceae	<i>Scutia buxifolia</i> Reissek	0	0	1	Zoo
Rosaceae	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	1	4	0	Zoo
Rubiaceae	<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K. Schum.	0	0	2	Ane
	<i>Guettarda uruguensis</i> Cham. & Schldl.	1	0	1	Zoo
Rutaceae	<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	*	*	*	Ane
	<i>Helietta apiculata</i> Benth.	0	1	4	Ane
	<i>Pilocarpus pennatifolius</i> Lem.	0	21	34 ^{EI}	Aut
	<i>Zanthoxylum kleinii</i> (R.S.Cowan) P.G.Waterman	0	0	1	Zoo
	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	0	1	1	Zoo
	<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	1	1	0	Zoo
Salicaceae	<i>Banara tomentosa</i> Clos	0	5	9 ^{EI}	Zoo
	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	0	13	18 ^{EI}	Zoo

Continua...

Tabela 1 - Continuação...

	<i>Xylosma tweediana</i> (Clos) Eichler	0	0	2	Zoo
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.	18	39 ^{EI}	9	Zoo
	<i>Allophylus guaraniticus</i> (A. St.-Hil.) Radlk.	1	0	0	Zoo
	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	9	33	21	Zoo
	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	326 ^{EI}	116	1	Zoo
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	0	1	0	Zoo
Solanaceae	<i>Cestrum intermedium</i> Sendtn.	0	1	1	Zoo
	<i>Solanum pseudoquina</i> A. St.-Hill.	0	2	2	Zoo
	<i>Solanum sanctaecathariniae</i> Dunal	0	0	1	Zoo
Styracaceae	<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.	0	1	0	Zoo
NI	NI	2	3	0	-
Total		573	597	592	-

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

NI: não identificadas; Ane: anemocóricas; Aut: autocórica; Zoo: zoocórica.

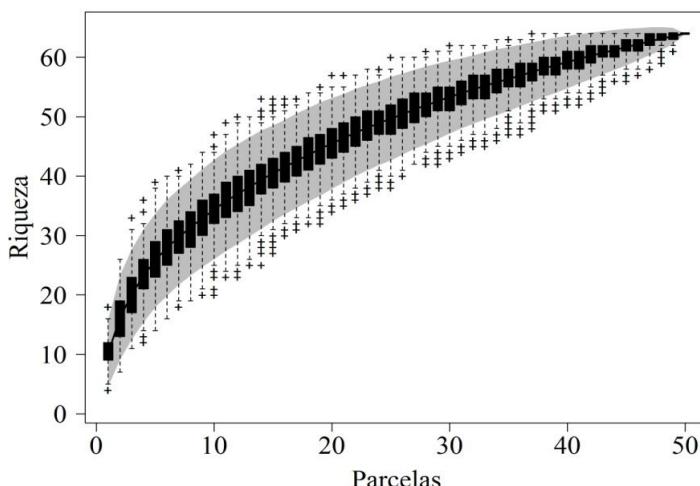
^{EI} Espécies características do setor, segundo a Análise de Espécies Indicadoras ($p \leq 0,05$). *Espécies encontradas somente na florística.

As famílias com maior riqueza foram Myrtaceae (11), Rutaceae (seis), Fabaceae (cinco), Lauraceae (quatro) e Sapindaceae (quatro). Estudos em Florestas Estacionais Deciduais no sul do Brasil, como os de Longhi et al. (2000), Jurinitz e Jarenkow (2003) e Budke et al. (2005), tem evidenciado Myrtaceae como a família mais diversa em espécies arbóreas. Além disso, Schorn et al. (2012) encontraram estas cinco famílias como de maior riqueza. Myrtaceae também se destaca como a família de maior riqueza

em estudos em Florestas Ombrófilas Mistas, como os de Nascimento et al. (2001), Higuchi et al. (2012a) e Silva et al.(2012a), Meyer et al. (2013).

A suficiência amostral foi atingida, conforme a curva de acumulação de espécies (Figura 3), uma vez que com a inclusão das últimas cinco parcelas, que representam 10% da área amostrada, observou aumento de 3,5% na riqueza encontrada. Esse valor é inferior a 5% que, segundo Kersten e Galvão (2011), indica que a suficiência amostral é atingida, considerando-se 10% da área amostrada.

Figura 3- Curva de acumulação das espécies amostradas em um fragmento florestal localizado em região de transição entre Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana em Capão Alto, SC.



Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

O Setor inferior foi o que apresentou a menor diversidade (H'), diferindo significativamente dos demais ($p \leq 0,05$) (Tabela 2). Houve uma alta dominância ecológica neste mesmo setor, enquanto que no Setor intermediário e superior essa dominância não foi evidente. Estes resultados refletem as diferentes condições ambientais existentes entre os setores, uma vez que a posição topográfica pode sintetizar um conjunto de variáveis ambientais (*e.g.* tipo de solos, umidade, microclima) que variam em função do relevo. No presente estudo, a nova condição ambiental criada a partir do enchimento de reservatório, aproximadamente oito anos antes do levantamento (BAESA, 2014), e a declividade, associada à estabilidade do substrato, podem ser fatores determinantes. Silva et al. (2012b) consideram que as florestas sujeitas a inundações possuem, em geral, menor diversidade e maior dominância ecológica devido à baixa disponibilidade de oxigênio para as raízes durante as épocas de cheia, o que atua como fator seletivo. Desta forma, infere-se que, desde o enchimento do reservatório, o componente arbóreo do Setor inferior esteja sujeito a um ambiente de maior umidade, mais seletivo, o que pode ter provocado a mortalidade de espécies não tolerantes durante este período. Além disso, a ocorrência de maior declividade nos Setores intermediário e superior pode indicar uma menor estabilidade do solo, favorecendo a ocorrência de clareiras por meio da queda de árvores. Assim, a maior diversidade relativa nestes setores pode estar associada à ocorrência de trechos em diferentes estágios sucessionais. Esta relação entre diversidade e intensidade de distúrbio já foi observado por outros estudos, como o de Budke et al. (2010), em uma área ecotonal entre Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila Mista, no Rio Grande do Sul.

Tabela 2- Diversidade (H') e dominância ecológica (J) para a comunidade e para os setores topográficos (S1 = inferior, S2 = intermediário e S3 = superior), em uma floresta em região de transição de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, Capão Alto, SC.

Setores	H'	J
S1	1,75 ^a	0,51
S2	2,85 ^b	0,77
S3	2,76 ^b	0,73
Comunidade	2,78	0,67

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Valores de H' dos setores seguidos por uma mesma letra não diferem entre si de acordo com o teste t de Huteson ($p \leq 0,05$).

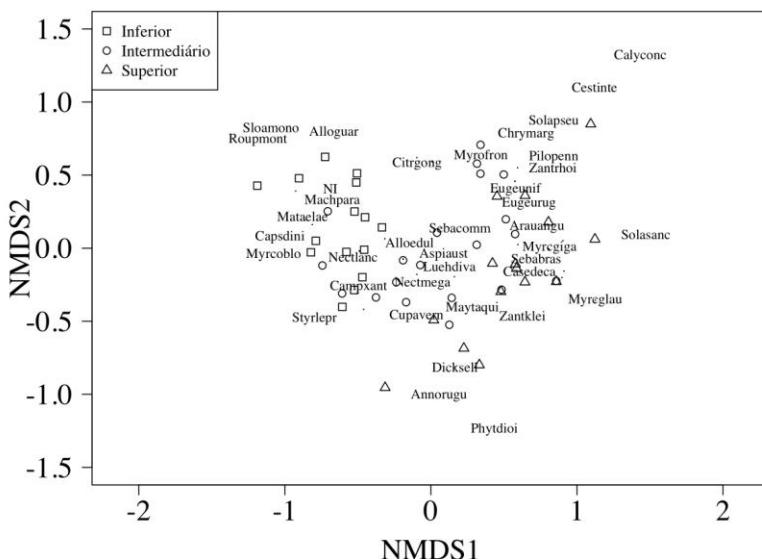
Quando se avalia a diversidade (2,78) e a equabilidade (0,67) de toda a comunidade, estes estão abaixo dos valores normalmente encontrados em florestas na mesma bacia hidrográfica, reforçando a ideia de um ambiente limitante. Na Bacia do Rio Uruguai, são encontrados valores de diversidade que variam entre 2,79 (HIGUCHI et al., 2013b) e 3,74 (HIGUCHI et al., 2012b) e de equabilidade entre 0,70 (HIGUCHI et al., 2013b) e 0,83 (HIGUCHI et al., 2012b) em Florestas Ombrófilas Mistas, e valores de diversidade que variam entre 3,03 (RUSCHEL et al., 2009) e 3,71 (VACCARO; LONGHI, 1995) e de equabilidade entre 0,71 (RUSCHEL et al., 2009) e 0,83 (GIEHL; JARENKOW, 2008) em Florestas Estacionais Deciduais.

A ordenação dos dados produzida pela NMDS (Figura 4) apresentou um valor de stress de 15,9%, indicando que a mesma é adequada para a interpretação ecológica. Como esse valor varia de 0 a 100%, o baixo valor encontrado indica que os diagramas de ordenação são adequados para interpretação,

uma vez que demonstram bom ajuste linear entre as distâncias euclidianas das projeções das parcelas na ordenação e a similaridade florístico-estrutural entre elas (BORCARD et al., 2011). De acordo com esta análise, houve variação na composição florístico-estrutural do fragmento avaliado, confirmada pela PERMANOVA ($p<0,001$), que refletiu as diferenças na topossequência. Enquanto o eixo 1 da NMDS sintetizou as variações associadas aos setores topográficos, o eixo 2 indicou as variações internas relacionadas a cada setor. Martins et al. (2003), Araújo et al. (2011), Souza et al. (2013) e Cardoso e Schiavini (2002) também verificaram o gradiente topográfico interferindo na composição florística-estrutural em fragmentos florestais, em reposta, principalmente, a mudanças nas propriedades físico-químicas e umidade dos solos, uma vez que espécies podem apresentar nichos ecológicos distintos, nos quais apresentam maior capacidade competitiva. Estes resultados são importantes, pois demonstram que a heterogeneidade ambiental, associada às variações topográficas, não deve ser negligenciada para a definição de estratégias de manejo da paisagem, como, por exemplo, na restauração florestal.

A influência significativa da topossequência é reforçada pela existência de espécies indicadoras para cada um dos setores analisados, com *Matayba elaeagnoides* Radlk., *Lonchocarpus campestris* Mart. ex Benth., *Machaerium paraguariense* Hassl. e *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan no setor inferior, *Allophylus edulis* (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk. no setor intermediário e *Sebastiania brasiliensis* Spreng., *Banara tomentosa* Clos, *Casearia decandra* Jacq., *Pilocarpus pennatifolius* Lem. e *Myrcianthes gigantea* (D. Legrand) D. Legrand no setor superior.

Figura 4- Ordenação de parcelas e espécies amostradas em um fragmento florestal de transição entre Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, em Capão Alto, SC, por meio da análise de NMDS (Escalonamento Multidimensional Não-métrico).



Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

As espécies observadas como indicadoras do Setor inferior já foram relatadas como preferenciais por áreas úmidas e ribeirinhos em outros trabalhos (MORO et al., 2001; BORGHI et al., 2004), sugerindo, assim, a tolerância das mesmas nesse tipo de ambiente. Considerando que vários outros trabalhos relatam a influência da topografia sobre a organização de comunidades de espécies arbóreas

(CARDOSO; SCHIAVINI, 2002; RODRIGUES et al., 2007; HIGUCHI et al., 2012b; HIGUCHI et al., 2013b), infere-se que a ocorrência das indicadoras nos Setores intermediário e superior também podem ser parcialmente explicada pelas exigências ecológicas destas espécies, associadas, como comentado anteriormente, a nicho ecológicos distintos.

Apesar da predominância de indivíduos de espécies classificadas como zoocóricas, a distribuição dos mesmos entre os setores não ocorreu de forma uniforme (Tabela 3). No Setor inferior, foram observados mais indivíduos zoocóricos que o esperado para uma distribuição uniforme. Isso pode estar relacionado à proximidade do rio, onde há abundância de indivíduos de Myrtaceae, que são produtoras de frutos atrativos para a fauna. Da mesma forma, a ocorrência de indivíduos de espécies autocóricas no Setor superior foi bem maior do que o esperado para uma distribuição uniforme. Este padrão se deu pelo fato de duas das espécies indicadoras deste setor, que ocorreram com elevada densidade - *Sebastiania brasiliensis* e *Pilocarpus pennatifolius* - serem autocóricas.

Tabela 3-Número de indivíduos nas estratégias de dispersão (Edis) por setor (S1 = inferior, S2 = intermediário e S3 = superior), em uma floresta em região de transição de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, Capão Alto, SC.

Edis	S1	S2	S3
Anemocoria	43 (50,6)	60 (52,7)	35 (34,7)
Autocoria	29 (132,4)	154 (137,7)	178 (90,9)
Zoocoria	499 (388,0)	380 (403,6)	179 (266,4)

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Valores entre parênteses são os esperados de acordo com o teste qui-quadrado ($p \leq 0,05$).

2.6 CONCLUSÃO

Conclui-se que a topografia representou uma importante fonte de variação do componente arbóreo, influenciando na distribuição das espécies, no padrão de diversidade e na representatividade das estratégias de dispersão. Enquanto que o Setor inferior apresentou menor diversidade e expressiva ocorrência de indivíduos de espécies zoocóricas, nos Setores intermediário e superior ocorreram os maiores valores de diversidade e, além das espécies zoocóricas, uma maior representatividade de espécies autocóricas. Estes resultados indicam que ao longo do gradiente topográfico existem variações ambientais que possam ter influenciaram os processos que definem a organização do componente arbóreo. Do ponto de vista do manejo, como na restauração de ecossistemas, sugere-se a necessidade de uso de estratégias diferenciadas (*e.g.*, plantio de espécies distintas) em função da posição do relevo. Ressalta-se a necessidade de avaliações futuras com o propósito de caracterização de ambiental da área, para inferências mais conclusivas.

2.7 REFERÊNCIAS

ACCORDI, I. A.; BARCELLOS, A. Novas ocorrências e registros notáveis sobre distribuição de aves em Santa Catarina, sul do Brasil. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 21, n. 1, p. 85-93, 2008.

ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, Hoboken, v. 26, n. 1, p. 32-46, 2001.

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 161, n. 2, p. 105-121, 2009.

ARAÚJO, F. S et al. Floristics and life-forms along a topographic gradient, central-western Ceará, Brazil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 2, p. 341-366, 2011.

BAESA. Usina Hidrelétrica Barra Grande, 2014. Disponível em:
<http://www.baesa.com.br/baesa/categoria.php?&cod_modulo=1&cod_categoria=1>. Acesso em: 12 out. 2014.

BOLDRINI, I. I. Biodiversidade dos campos do planalto das araucárias. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2009. 240 p.

BORCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. Numerical ecology with R. Nova York: Springer, 2011. 306 p.

BORGHI, W. A. et al. Caracterização e avaliação da mata ciliar à montante da Hidrelétrica de Rosana, na Estação Ecológica do Caiuá, Diamante do Norte, PR. **Cadernos de Biodiversidade**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 13-22, 2004.

BORGO, M. et al. Espécies arbóreas de um trecho de Floresta Atlântica no município de Antonina, Paraná, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 4, p. 819-832, 2011.

BROWER, J. E.; ZAR, J. H. Community similarity. In: BROWER, J. E.; ZAR, J. H. (Orgs.). **Field & Laboratory for General Ecology**. Dubuque: Win C. Brown Publishers, 1984. p. 161-164.

BUDKE, J. C. et al. Composição florística e estratégias de dispersão de espécies lenhosas em uma floresta ribeirinha, arroio Passo das Tropas, Santa Maria, RS, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 60, n. 1, p. 17-24, 2005.

BUDKE, J. C.; JARENKOW, J. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Intermediary disturbance increases tree diversity in riverine forest of southern Brazil. **Biodiversity and Conservation**, Nova York, v. 19, n. 8, p. 2371-2387, 2010.

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

CORNWELL, W. K.; ACKERLY, D. D. Community assembly and shifts in plant trait distributions across an environmental

gradient in coastal California. **Ecological Monographs**, v. 79, n. 1, p. 109-126, 2009.

DOMINGUES, C. A. J.; GOMES, V. G. N.; QUIRINO, Z. G. M. Síndromes de dispersão na maior área de proteção da Mata Atlântica paraibana. **Biotemas**, Florianópolis, v. 26, n. 3, p. 99-108, 2013.

DUFRENE, M.; LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, Ithaca, v. 67, n. 3, p. 345-366, 1997.

GIEHL, E. L. H.; JARENKOW, J. A. Gradiente estrutural no componente arbóreo e relação com inundações em uma floresta ribeirinha, rio Uruguai, sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 22, n. 3, p. 741-753, 2008.

HIGUCHI, P. et al. Floristic composition and phytogeography of the tree component of Araucaria Forest fragments in southern Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 145-157, 2012a.

HIGUCHI, P. et al. Influência de variáveis ambientais sobre o padrão estrutural e florístico do componente arbóreo em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana, em Lages, SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 79-90, 2012b.

HIGUCHI, P. et al. Influência do clima e de rotas migratórias de espécies arbóreas sobre o padrão fitogeográfico de florestas na região sul do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 4, p. 539-553, 2013a.

HIGUCHI, P. et al. Florística e estrutura do componente arbóreo e análise ambiental de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana no município de Painel, SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 153-164, 2013b.

IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**, 2. ed. Rio de Janeiro: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2009. 182 p.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. 271 p.

JURINITZ, C. F.; JARENKOW, J. A. Estrutura do componente arbóreo de uma Floresta Estacional na Serra do Sudeste, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 475-487, 2003.

KERSTEN, R. A.; GALVÃO, F. Suficiência amostral em inventários florísticos e fitossociológicos. In: FELFILI, J. M.; EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A.; MEIRA NETO, J. A. A. (Orgs.). **Fitossociologia no Brasil**:

métodos e estudos de casos. Viçosa: Editora UFV, 2011. p. 153-176.

LONGHI, S. J. et al. Aspectos fitossociológicos de fragmento de Floresta Estacional Decidual, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 59-74, 2000.

LOPES, S. F. et al. Caracterização ecológica e distribuição diamétrica da vegetação arbórea em um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual, na Fazenda Experimental do Glória, Uberlândia, MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 322-335, 2011.

MAGNAGO, L. F. S. et al. Restinga forests of the Brazilian coast: richness and abundance of tree species on different soils. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, n. 3, p. 807-822, 2012.

MARTINS, S. V. et al. Distribuição de espécies arbóreas em um gradiente topográfico de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. **Scientia forestalis**, Piracicaba, v. 64, n. 50, p. 172-181, 2003.

MCGARIGAL, K.; CUSHMAN, S.; STAFFORD, S. G. **Multivariate statistics for wildlife and ecology research**. Nova York: Springer, 2000. 283 p.

MÉLO, M. A.; BUDKE, J. C.; HENKE-OLIVEIRA, C. Relationships between structure of the tree component and

environmental variables in a subtropical seasonal forest in the upper Uruguay River valley, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 4, p. 751-760, 2013.

MEYER, L. et al. Fitossociologia do componente arbóreo/arbustivo da Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina. In. VIBRANS, A. C.; SEVERNANI, L.; GASPER, A. L.; LINGNER, D. V. **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina, V. III, Floresta Ombrófila Mista**. Blumenau: edifurb, 2013, cap. 6, p. 157-189.

MINCHIN, P. An evaluation of the relative robustness of techniques for ecological ordination. **Plant Ecology**, Dordercht, v. 69, n. 1, p. 89-107, 1987.

MORO, R. S.; SCHMITT, J.; DIEDRICHS, L. A. Estrutura de um fragmento da Mata Ciliar do rio Cará-Cará, Ponta Grossa, PR. **Publicatio UEPG - Biological and Health Sciences**, Ponta Grossa, v. 7, n. 1, p. 19-38, 2001.

NASCIMENTO, A. R. T.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Estrutura e padrões de distribuição espacial de espécies arbóreas em uma amostra de Floresta Ombrófila Mista em Nova Prata, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 105-119, 2001.

NOGUCHI, D. K.; NUNES, G. P.; SARTORI, A. L. B. Florística e síndromes de dispersão de espécies arbóreas em

remanescentes de Chaco de Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 60, n. 2, p. 353-365, 2009.

OKSANEN, J. **Multivariate Analysis of Ecological Communities in R: vegan tutorial**. Oulu: Universidade de Oulu, 2010. 43 p.

OKSANEN, J. et al. **Vegan: Community Ecology Package**. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/package=vegan>>. Acesso em: 30 jul. 2013.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>. Acesso em: 6 nov. 2013.

ROBERTS, D. W. **Labdsv**: ordination and multivariate analysis for ecology. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=labdsv>>. Acesso em: 6 nov. 2013.

RODRIGUES, L. A. et al. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 25-35, 2007.

ROGALSKI, J. M.; ZANIN, E. M. Composição florística de epífitos vasculares no estreito de Augusto César, floresta Estacional Decidual do Rio Uruguai, RS, Brasil. **Revista**

Brasileira de Botânica, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 551-556, 2003.

ROSSONI, S.; PANNO, F.; SANTOS, E. Formação e influências atuais na região do médio alto uruguai-Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Humanas**, Frederico Westphalen, v. 7, n. 9, p. p. 147-162, 2012.

RUSCHEL, A. R.; GUERRA, M. P.; NODARI, R. O. Estrutura e composição florística de dois fragmentos da Floresta Estacional Decidual do Alto-Urubuai, SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 225-236, 2009.

SCIPIONI, M. C. et al. Fitossociologia em fragmento florestal no noroeste do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 409-419, 2011.

SCHORN, L. A. et al. Estrutura do componente arbóreo/arbustivo da Floresta Estacional Decidual em Santa Catarina. In. VIBRANS, A. C.; SEVERNANI, L.; GASPER, A. L.; LINGNER, D. V. **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina, V. II, Floresta Estacional Decidual**. Blumenau: edifurb, 2012, cap. 6, p. 143-163.

SILVA, A. C. et al. Relações florísticas e fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Mista Montana Secundária em Lages, Santa Catarina. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 193-206, 2012a.

SILVA, A. C. et al. **Florestas inundáveis:** ecologia, florística e adaptação das espécies. Lavras: Ed. UFLA. 2012b. 167 p.

SILVA, R. K. S. et al. Estrutura e síndromes de dispersão de espécies arbóreas em um trecho de mata ciliar, Sirinhaém, Pernambuco, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 69, p. 1-11, 2012c.

SOUZA, P. B.; MEIRA NETO, J. A. A.; SOUZA, A. L. Diversidade Florística e Estrutura Fitossociológica de um gradiente topográfico em Floresta Estacional Semidecidual Submontana, MG. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 3, p. 489-499, 2013.

STEFANELLO, D. et al. Síndromes de dispersão de diásporos das espécies de trechos de vegetação ciliar do rio das Pacas, Querência - MT. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 141-150, 2010.

VACCARO, S.; LONGHI, S. J. Análise fitossociológica de algumas áreas remanescentes da floresta do Alto Uruguai, entre os reios Ijuí e Turvo, no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 33-53, 1995.

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants.** Berlin: Springer-Verlarg, 1982. 161 p.

YAMAMOTO, L. F.; KINOSHITA, L. S.; MARTINS, F. R. Síndromes de polinização e de dispersão em fragmentos da

Floresta Estacional Semidecídua Montana, SP, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 21, n. 3, p. 553-573, 2007.

ZAR, J. H. **Biostatistical analyzis**, 3^a ed. Nova Jersey: Prentice Hall, 1996. 662 p.

3 ESTRUTURA FUNCIONAL E FILOGENÉTICA DO COMPONENTE ARBÓREO AO LONGO DE UM GRADIENTE TOPOGRÁFICO EM UMA FLORESTA SUBTROPICAL NO BRASIL

3.1 RESUMO

O presente estudo teve como principal objetivo investigar a estrutura funcional e filogenética de espécies arbóreas ao longo de diferentes posições topográficas, em uma floresta na região do Alto Uruguai. Para as 20 espécies mais abundantes amostradas em 50 parcelas, de 10×20 m, distribuídas em diferentes Setores topográficos (inferior, intermediário e superior), foram determinadas os seguintes atributos funcionais: densidade básica da madeira, altura máxima potencial, área foliar, área foliar específica, regime de renovação foliar, guildas de regeneração e de dispersão. A estrutura funcional foi avaliada por meio do índice de Rao Q e os valores dos atributos funcionais por parcela, ponderados para a comunidade (CWM). A estrutura filogenética foi verificada por meio da análise de *Mean Pairwise Distance* (MPD) e da estatística *K* para sinal filogenético dos atributos funcionais. A relação entre os atributos funcionais das espécies foi analisada por meio de testes de correlação, ANOVA e Kruskal-Wallis. A comparação da estruturação funcional e filogenética entre setores foi realizada por meio ANOVA e Kruskal-Wallis, com teste *post hoc* de Tukey HSD ou múltiplo não paramétrico. A diversidade funcional e filogenética foi menor no Setor inferior, que apresentou a predominância indivíduos com baixa densidade da madeira, folhas maiores e com menor área foliar específica, em relação as posições mais elevadas no relevo. Conclui-se que ocupação de diferentes setores topográficos e posições no perfil vertical da floresta se

deve ao fato das espécies apresentarem diferentes estratégias ecológicas, que, em parte, são filogeneticamente conservadas.

Palavras-chave: Ecótono. Diversidade funcional. Estrutura Filogenética. Floresta subtropical.

3.2 ABSTRACT

The present study aimed to investigate the functional and phylogenetic structure of the tree species along different topographic positions in a forest in the Upper Uruguay region. For this, for the 20 most abundant species sampled in 50 plots of 10×20 m, distributed in different topographical sectors (lower, middle, upper) the following functional traits were determined: basic wood density, maximum potential height, leaf area, specific leaf area, leaves lifespan, regeneration and dispersal guilds. The functional structure was assessed by Rao Q Index and community weight means of functional traits for plots (CWM). The phylogenetic structure was verified by Mean Pairwise Distance analysis and K statistic of phylogenetic signal of the functional traits. The relationship between the functional traits of species was analyzed by correlation tests, ANOVA and Kruskal-Wallis. The comparison of functional and phylogenetic structure among sectors was performed using ANOVA and Kruskal-Wallis with *post hoc* Tukey HSD or multiple nonparametric tests. The functional and phylogenetic diversity was lower in the lower sector, with predominance of trees with lower wood basic density, large leaves, with smaller values of specific leaf area, than sectors situated at upper positions of the terrain. It was concluded that occupation of different topographical sectors and positions in the vertical profile of the forest occurred due to different ecological strategies of species, which in part were phylogenetically conserved.

Keywords: Ecotone. Functional diversity. Phylogenetic structure. Subtropical forest.

3.3 INTRODUÇÃO

No Brasil, a Floresta Estacional Subtropical encontra-se ameaçada, visto que parte da vegetação está cedendo espaço para áreas agrícolas e para áreas sob influência direta de usinas hidrelétricas, que resultam em impacto ambiental sobre os remanescentes florestais (MARCUZZO et al., 2013). No estado de Santa Catarina, as áreas de cobertura original da Floresta Ombrófila Mista e da Floresta Estacional Decidual foram reduzidas a 24,4% (VIBRANS et al., 2013) e 16,1% (VIBRANS et al., 2012), respectivamente. Frente a isso, estudos que tenham como proposta conhecer o ecossistema florestal em questão, por meio de abordagens ecológicas são relevantes, pois podem contribuir para práticas de manejo adequada, visando a restauração e uso sustentável, contribuindo para a preservação da floresta.

Neste sentido, um dos aspectos que tem sido recentemente abordado em pesquisas na área de ecologia florestal, refere-se ao entendimento sobre a coexistência e segregação de espécies arbóreas em ecossistemas naturais (ADLER et al., 2013). Considerando que a capacidade de desenvolvimento de uma espécie em um determinado habitat está relacionada com sua estratégia de vida, estudos sobre as características fenotípicas e ecológicas das mesmas, que representam os seus atributos funcionais, e da estrutura filogenética de comunidades são importantes para inferências sobre como ocorre a partição de nichos ecológicos (WEBB, 2000; ACKERLY; CORNWELL, 2007; KITAJIMA; POORTER, 2008).

Os atributos funcionais permitem interpretações ecológicas importantes, pois representam as características das plantas que influenciam diretamente na forma com que estes organismos se estabelecem em um determinado ambiente (MCGILL et al., 2006) e no funcionamento do ecossistema (DÍAZ; CABIDO, 2001; LAVOREL; GARNIER, 2002). Estas informações permitem uma maior compreensão sobre nichos ambientais (KERKHOFF et al., 2006; VIOLLE; JIANG, 2009) e os mecanismos da existência de espécies arbóreas (SILVERTOWN et al., 1999) em escala local. Esta abordagem originou-se a partir da Teoria da Seleção Natural de Darwin, que afirmava que a existência das espécies está relacionada com as características ambientais específicas (LOSOS; RICKLEFS, 2009).

A compreensão sobre as relações filogenéticas das espécies que compõem determinada comunidade (WEBB et al., 2002; CAVENDER-BARES et al., 2004; LOSOS, 2008; CIANCIARUSO et al., 2009; VAMOSI et al., 2009, DUARTE, 2011; SOBRAL; CIANCIARUSO, 2012), que representa uma abordagem evolutiva, é relevante, pois contribui para o entendimento dos processos envolvidos na montagem de comunidades biológicas. Por meio da análise da estrutura filogenética de comunidades é possível verificar a relação de parentesco entre táxons e indivíduos de uma determinada área e identificar se os mesmos representam um subconjunto aleatório ou estruturado do *pool* local ou regional, evidenciando, assim, a existência de forças ecológicas determinantes, como filtro ambientais, e, ou, relações interespecíficas (WEBB, 2000). Destaca-se, que a correlação entre a diversidade funcional e filogenética é indicativo de um sinal filogenético (WEBB et al., 2002; PAVOINE et al., 2013), que mostra que táxons filogeneticamente mais próximos apresentam maior similaridade entre si em relação a um determinado atributo funcional. Além disso, ressalta-se que a diversidade filogenética tem sido um importante parâmetro

para determinar a riqueza de um local, pois não considera apenas a contagem de espécies (PURVIS; HECTOR, 2000; VAMOSI et al., 2009).

Assim, considerando a importância de estudos ecológicos com uma abordagem evolutiva para o entendimento da organização de comunidades biológicas, o presente trabalho teve como principal objetivo investigar a estrutura funcional e filogenética de espécies arbóreas ao longo de diferentes posições topográficas. Destaca-se que a topografia tem sido frequentemente relatada como uma importante fonte de heterogeneidade de comunidades de espécies arbóreas em escala local (OLIVEIRA-FILHO et al., 1994; VALENCIA et al., 2004; JOHN et al., 2007; HU et al., 2012; YANG et al., 2014). Isto ocorre, pois, ao longo de um gradiente topográfico, observa-se variações ambientais associadas ao tipo de solo, à declividade, à umidade (OLIVEIRA-FILHO et al., 1998) e ao microclima (WEBB; PEART, 1999; THOMAS; WINNER, 2002; HOMEIER et al., 2010). Desta forma, espera-se que a distribuição de espécies florestais em diferentes posições do relevo seja mediada por seus respectivos atributos funcionais, uma vez que os mesmos podem ser considerados o produto de um longo processo evolutivo de adaptação a diferentes condições ambientais, cuja assinatura pode ser evidenciada pela estrutura filogenética da comunidade.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área ecotonal entre a Floresta Ombrófila Mista Montana e a Floresta Estacional Decidual Montana (IBGE, 2012), em um fragmento florestal, em avançado estágio de sucessão. A área localiza-se no município de Capão Alto, SC (coordenadas UTM: 524407 E, 6881056 N; altitude aproximada de 700 m), junto ao

Reservatório UHE Barra Grande, do rio Pelotas, na Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai, que foi alagado no ano de 2005. O clima, de acordo com Köppen, é do tipo Cfb. A precipitação média anual varia entre 1.200 a 1.900 mm, com chuvas bem distribuídas durante o ano, sendo registrada ocorrência de geadas nos meses frios, com temperatura média anual de 16°C (FORMENTO et al., 2004). Os solos da região variam de cambissolo a neossolo (SOUZA et al., no prelo)

Para caracterizar os atributos funcionais e estrutura filogenética, considerou-se como base o estudo realizado por Souza et al. (no prelo), que dividiu a área em três setores ao longo de uma topossequência, com diferentes distâncias do reservatório e valores de declividade. O primeiro setor (Setor inferior, altitude média de 646 m) situou-se em contato com o reservatório e apresenta uma área de floresta mais homogênea. O segundo setor (Setor intermediário, altitude média de 711 m) foi localizado na área de encosta após o primeiro setor, e o terceiro setor (Setor superior, altitude média de 732 m) situou-se próximo ao topo da encosta. Foram alocadas de forma sistemática-estratificada um total de 50 parcelas (Setor inferior = 15, Setor intermediário = 20, Setor superior = 15) de 10×20 m, distanciadas 5 m entre si em cada setor, totalizando 1 ha de área amostrada.

Os atributos funcionais foram determinados para as 20 espécies mais abundantes amostradas por Souza et al. (no prelo), que compuseram 93,15% dos indivíduos lenhosos e 89,15% da área basal, sendo, portanto, representativas da estrutura da floresta. Para cada espécie, determinou-se os atributos funcionais de densidade básica da madeira (DBM) (g/cm^3), área foliar (AF) (cm^2), área foliar específica (AFE) (cm^2/g), altura máxima potencial (Hmax) (m), deciduidade, guildas de dispersão e de regeneração. Os atributos funcionais, assim como suas respectivas importâncias em relação aos processos que influenciam nas características morfológicas, fisiológicas ou ecológicas das espécies arbóreas, foram

definidos a partir de Van der Pijl (1982), Swaine; Whitmore (1988) e Pérez-Harguindeguy et al.(2013) (Tabela 1).

Tabela 4- Atributos funcionais observados e suas respectivas importância em relação aos processos que influenciam no desenvolvimento das espécies arbóreas.

Traço Funcional	Unidade	Amostras (indivíduos)	Processos fisiológicos relacionados
Densidade da madeira	g/cm ³	5-10	Longevidade, crescimento, altura máxima, armazenamento de carbono.
Área foliar	cm ²	10	Crescimento relativo, capacidade fotossintética, longevidade, absorção de carbono.
Área foliar específica	cm ² /g	10	Consistência da folha, taxa fotossintética, longevidade.
Altura máxima potencial	m	-	Competição por luz, crescimento, fecundidade.
Fenologia foliar	-	-	Longevidade foliar, competição por luz, capacidade fotossintética.
Síndrome de dispersão	-	-	Fecundidade, regeneração, sobrevivência.
Guildas de regeneração	-	-	Competição por luz, regeneração, crescimento, sobrevivência.

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Para a determinação da densidade básica da madeira, utilizou-se o protocolo de Chave (2006), coletando, assim, amostras de madeira de indivíduos com diâmetro na altura do peito de 10 a 30 cm, por meio de um trado de incremento (diâmetro de 5,15 mm). As amostras foram acondicionadas em

recipientes com água até que apresentassem massa úmida constante. O peso da massa úmida constante foi determinado pelo princípio de Arquimedes, onde a medida da massa de água deslocada é igual a massa úmida da amostra. Posteriormente, as amostras foram colocadas em estufa até que a massa seca permanecesse constante e então pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g. Dessa maneira, a razão entre massa seca (g) pela massa úmida (g) gerou a densidade básica da madeira.

A área foliar e a área foliar específica foram obtidas por meio da coleta de 20 folhas por indivíduo, incluindo os pecíolos e, para folhas compostas, raques, seguindo o protocolo de Pérez-Harguindeguy et al. (2013). Em seguida, as folhas foram fotografadas por meio de uma câmera acoplada a uma estrutura de madeira com altura fixa. A imagem da folha foi então classificada no programa Envi e foi obtida a área da folha no programa ArcGis. Em seguida, as folhas foram armazenadas em estufa até alcançarem a massa seca constante e pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g. A área foliar específica foi obtida pela a razão entre a área foliar (cm^2) e a massa seca das folhas (g).

Os atributos funcionais altura máxima potencial, deciduidade, guildas de dispersão e guildas de regeneração, foram caracterizados por meio de observações no campo e consulta à literatura (VAN DER PIJL, 1982; RONDON NETO et al., 2001; BUDKE et al., 2005; LINDENMAIER; BUDKE, 2006; ALMEIDA et al., 2008; SILVA et al., 2012; LEYSER et al., 2012 NEGRINI et al., 2012).

Foi analisada a relação dos atributos funcionais das espécies aos pares para detectar a existência de associações entre os mesmos. No caso de ambos atributos funcionais serem representados por variáveis contínuas, foram realizados testes de correlação. Quando um dos atributos funcionais era representado por uma variável categórica, primeiramente testou-se a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. No caso de

distribuições normais, utilizou-se o teste *t* ou ANOVA, acompanhado do teste *post hoc* de Tukey HSD. Para distribuições não normais, utilizou-se o teste de Mann-Whitney ou Kruskal-Wallis, acompanhado de um teste *post hoc* múltiplo não paramétrico.

Além disso, para cada parcela foram determinados os valores dos atributos funcionais ponderados para a comunidade (CWM) e a diversidade funcional, calculada pelo índice de Rao Q. Após verificar a normalidade dos dados por meio do teste de Shapiro-Wilk, foi realizada a comparação dos atributos funcionais e diversidade funcional entre os setores topográficos por meio de ANOVA, para distribuições paramétricas, com teste *post hoc* de Tukey HSD, ou Kruskal-Wallis, para distribuições não-paramétricas, com um teste *post hoc* múltiplo não paramétrico.

Para a análise da estrutura filogenética da comunidade, determinou-se o valor da Distância Filogenética Média (MPD, “Mean Phylogenetic Distance”) para cada parcela e para cada setor, considerando a árvore filogenética de espécies arbóreas da Floresta Atlântica publicada por Duarte et al. (2014). Maiores valores de MPD são indicativos de menor relação de parentesco das espécies avaliadas dentro do setor e parcelas (WEBB, 2000). A espécie *Dicksonia sellowiana* foi excluída das análises por ser muito distante filogeneticamente das outras espécies levantadas, sendo que, segundo Vamosi et al. (2009), a inclusão de espécies muito distante filogeneticamente das outras, pode representar uma fonte de viés na análise filogenética. Com o propósito de verificar a existência de agrupamento, aleatoriedade ou dispersão filogenética, comparou-se o valor de MPD observado em cada setor topográfico com o MPD esperado para uma comunidade completamente aleatória, gerada a partir de 999 simulações, tendo como base um modelo nulo que faz a aleatorização dos

táxons ao longo da árvore filogenética (“taxa.labels”). Foi verificado se espécies que compartilham um mesmo antepassado em comum apresentam maior similaridade funcional do que espécies filogeneticamente mais distantes, por meio da estatística K , proposta por Blomberg et al. (2003). A significância foi avaliada por meio de 999 permutações dos atributos funcionais ao longo das pontas da árvore filogenética (KEMBEL et al., 2010).

Para testar a existência de diferenças significativas entre o MPD observado para cada setor, foi realizado um teste de normalidade (Shapiro-Wilk), seguido de ANOVA, para distribuições paramétricas, com teste *post hoc* de Tukey HSD, ou Kruskal-Wallis, para distribuições não-paramétricas, com um teste *post hoc* múltiplo não paramétrico.

Todas as análises foram realizadas no programa R (R CORE TEAM, 2014) por meiodas bibliotecas, Agricolae (MENDIBURU, 2014), FD (LALIBERTÉ; LEGENDRE, 2010; LALIBERTÉ; SHIPLEY, 2011), Pgirmess (GIRAUDOUX, 2012), Vegan (OKSANEN et al., 2014) e picante (KEMBEL et al., 2010).

3.5 RESULTADOS

Os resultados demonstram que as espécies avaliadas apresentaram variações em seus respectivos atributos funcionais (Tabela 5), o que sugere a existência de diferentes estratégias de vida entre as mesmas. A maior parte das espécies foram classificadas como semidecíduas, zoocóricas e climácticas exigentes em luz. Os valores médios dos atributos funcionais avaliados foram de $0,6071 \text{ g.cm}^{-3}$ ($0,3732$ a $0,8242 \text{ g.cm}^{-3}$), para densidade básica da madeira (DBM); $63,89 \text{ cm}^2$ ($5,71$ a $382,97 \text{ cm}^2$), para a área foliar (AF); $184,25 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ ($82,4$ a $313 \text{ cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$), para área foliar específica (AFE) e $22,8 \text{ m}$ (12 a 32 m), para altura máxima potencial (Hmax). Destaca-se que foi observado sinal filogenético para DBM e Hmax,

indicando a tendência de os valores destes atributos não ocorrerem de forma aleatória entre táxons, de forma a espécies filogeneticamente mais próximas apresentarem valores mais semelhantes.

Tabela 5- Atributos funcionais referentes à densidade básica da madeira (DBM), área foliar (AF), área foliar específica (AFE), altura máxima potencial (Hmax), deciduidade (Dec), guildas de dispersão (Gdis) e guildas de regeneração (Greg) das 20 espécies arbóreas mais abundantes amostradas e estatística K para os atributos funcionais, em uma floresta em região de transição de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, Capão Alto, SC.

Espécie	DBM g/cm ³	AF cm ²	AFE cm ² /g	Hmax m	Dec	Gdis	Greg
<i>Allophylus edulis</i>	0,5259	27,95	201	23	SD	Zoo	CEL
<i>Annona rugulosa</i>	0,3460	28,59	246,8	15	D	Zoo	CEL
<i>Banara tomentosa</i>	0,5569	20,42	313	14	SD	Zoo	CTS
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	0,6761	27,69	198,4	24	D	Zoo	CEL
<i>Casearia decandra</i>	0,6345	8,67	266,4	12	D	Zoo	CTS
<i>Cupania vernalis</i>	0,5696	382,97	103,6	25	SD	Zoo	CEL
<i>Eugenia uniflora</i>	0,7968	5,71	280,8	20	SD	Zoo	CEL
<i>Lonchocarpus campestris</i>	0,6041	47,89	239	12	D	Zoo	CEL

Continua...

Tabela 5 - Continuação...

<i>Luehea divaricata</i>	0,5172	52,21	243,8	27	D	Ane	CEL
<i>Machaerium paraguariense</i>	0,5591	78,82	241,4	23	SD	Ane	CEL
<i>Matayba elaeagnoides</i>	0,4679	169,64	123,6	25	SD	Zoo	CEL
<i>Myrcianthes gigantea</i>	0,7531	11,23	82,6	26	SD	Zoo	CEL
<i>Myrcianthes pungens</i>	0,6578	10,02	82,4	25	SD	Zoo	CEL
<i>Myrocarpus frondosus</i>	0,7223	91,05	199,2	30	D	Ane	CEL
<i>Nectandra megapotamica</i>	0,4095	18,41	161	28	P	Zoo	CEL
<i>Ocotea puberula</i>	0,4401	31,79	146,6	32	SD	Zoo	CEL
<i>Parapiptadenia rigida</i>	0,6830	76,15	129,6	31	D	Aut	CEL
<i>Pilocarpus pennatifolius</i>	0,7491	168,44	94,2	18	SD	Aut	CTS
<i>Sebastiania brasiliensis</i>	0,6137	10,31	179,4	25	SD	Aut	CTS
<i>Sebastiania commersoniana</i>	0,5969	9,91	152,2	21	D	Aut	CEL
Média	0,5940	63,89	184,25	22,8	-	-	-
Sinal Filogenético - K	0,67	0,21	0,22	0,5	-	-	-
P	0,006	0,563	0,293	0,01	-	-	-

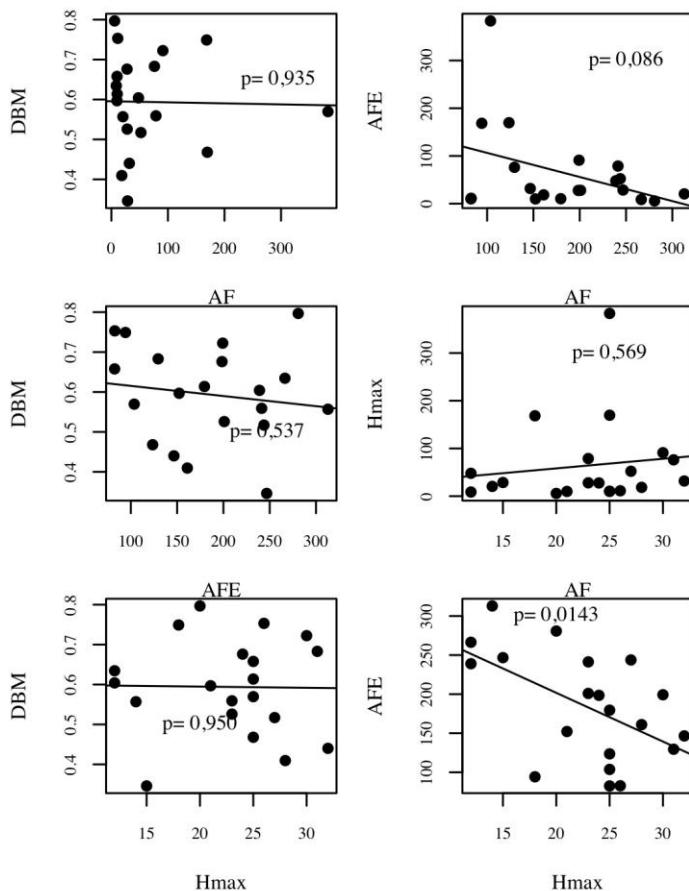
Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

As espécies com os maiores valores de DBM foram *Pilocarpus pennatifolius* (0,7491g.cm⁻³) (Autocórica, Clímax Tolerante ao Sombreamento e Semidecídua), *Eugenia uniflora* (0,7968g.cm⁻³) (Zoocórica, Clímax Exigente em Luz Semidecídua) e *Myrcianthes gigantea* (0,7531 g.cm⁻³) (Zoocórica, Clímax Exigente em Luz e Semidecídua), que variaram em relação às suas estratégias ecológicas quanto à dispersão e exigência em luz para a regeneração. Já as espécies

com os menores valores de DBM, pertencentes às famílias Annonaceae e Lauraceae, *Annona rugulosa* (0,3460 g.cm⁻³) (Zoocórica, Clímax Exigente em Luze decídua), *Nectandra megapotamica* (0,4095 g.cm⁻³) (Zoocórica, Clímax Exigente em Luze perene) e *Ocotea puberula* (0,4401 g.cm⁻³) (Zoocórica, Clímax Exigente em Luze semideciduá), pertenceram as mesmas guildas de regeneração e dispersão, porém apresentando diferentes regimes de renovação foliar. *Cupania vernalis* foi a espécie com as folhas de maior tamanho, seguida por *Matayba elaeagnoides* e *Pilocarpus pennatifolius*, todas com folhas compostas. Já as que apresentaram os menores valores foram *Eugenia uniflora*, *Casearia decandra* e *Sebastiania commersoniana*. Em relação à AFE, atributo relacionado a dureza das folhas, *Banara tomentosa* e *Eugenia uniflora* apresentaram os maiores valores, ou seja, folhas mais membranáceas. Ao contrário, *Myrcianthes gigantea* e *Myrcianthes pungens* apresentaram folhas mais coriáceas. As espécies com as maiores alturas máximas potenciais foram *Ocotea puberula* (32 m), *Parapiptadenia rigida* (31 m) e *Myrocarpus frondosus* (30 m), ocupando a parte superior do dossel, e as com menores alturas máximas potenciais foram *Casearia decandra* (12 m), *Lonchocarpus campestris* (12 m) e *Banara tomentosa* (14 m), ocorrendo no sub-bosque.

No que se refere à relação entre os atributos funcionais de valores contínuos (Figura 5), observaram-se correlações significativas entre área foliar específica (AFE) e área foliar (AF) e entre AFE e altura máxima potencial (Hmax). Ambas correlações foram negativas, ou seja, quanto maior AFE, que indica folhas membranáceas, menores os valores de tamanho de folhas e de altura máxima potencial.

Figura 5- Relações entre os atributos funcionais com valores contínuos das 20 espécies arbóreas mais abundantes amostradas em uma floresta em região de transição de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, Capão Alto, SC. DBM: Densidade básica da madeira; AF: área foliar; AFE: área foliar específica; Hmax: altura máxima potencial.



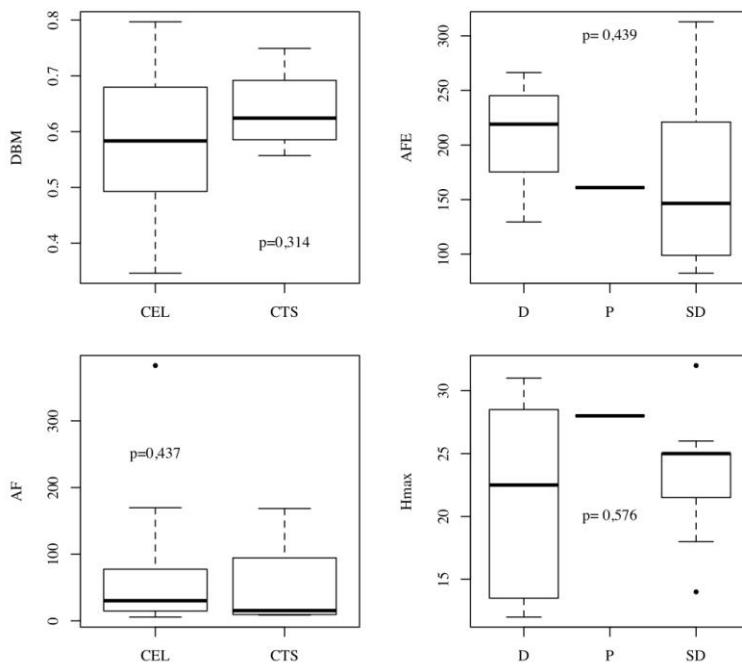
Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Em se tratando da comparação entre os atributos funcionais contínuos e categóricos (Figura 6, 7 e 8), observaram-se diferenças significativas apenas entre Hmax e guildas de regeneração, sendo que quanto maior a altura máxima potencial, maior a presença de espécies clímax exigentes em luz (CEL) e quanto menor a altura máxima potencial, maior a presença de espécies clímax tolerantes à sombra (CTS).

Ao analisar a variação dos atributos funcionais em função dos setores topográficos (Figura 9), observou-se que o componente arbóreo no Setor inferior foi caracterizado por apresentar menor valor de densidade básica da madeira, maior área foliar e menor área foliar específica, em relação aos outros setores.

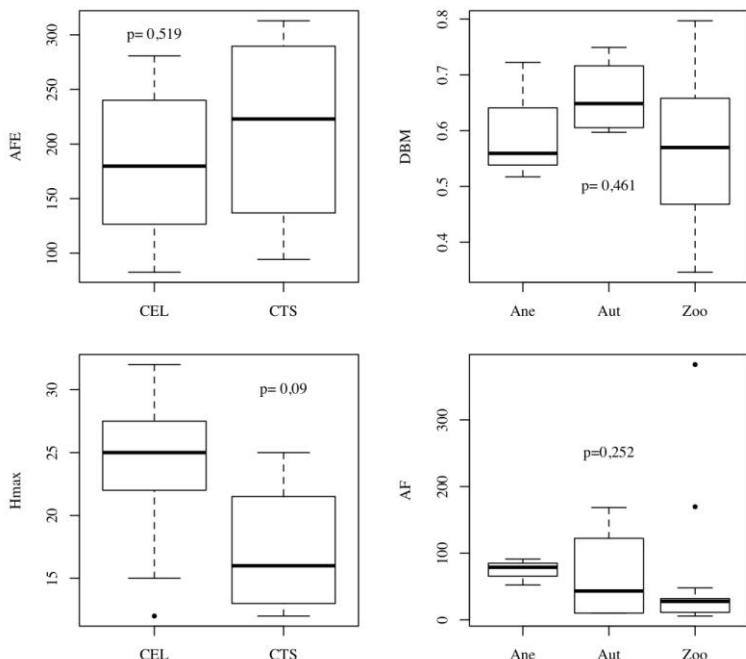
Apesar da estrutura filogenética dos três setores ter sido aleatória, indicando que os indivíduos presentes em cada setor representam um subconjunto aleatório do pool local de espécies, tanto a diversidade funcional quanto a filogenética foi menor no Setor inferior do que nos Setores intermediário e superior (Tabela 6). Este resultado demonstra que o componente arbóreo na parte no Setor inferior é caracterizado por apresentar uma menor amplitude dos valores de atributos funcionais e é composto por árvores com tendência de apresentarem maior relação de parentesco entre si do que nos Setores intermediário e superior.

Figura 6- Comparações entre os atributos funcionais contínuos e categóricos das 20 espécies arbóreas mais abundantes amostradas em uma floresta em região de transição de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, Capão Alto, SC. DBM: Densidade básica da madeira; CEL: clímax exigente em luz; CTS: clímax tolerante à sombra; AFE: área foliar específica; D: decídua; P: perene; SD: semidecídua; AF: área foliar; Hmax: altura máxima potencial.



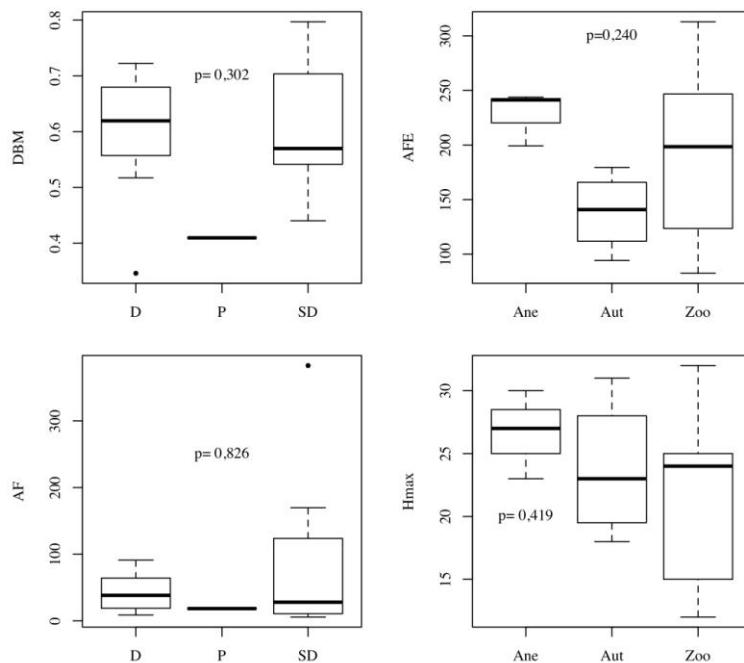
Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Figura 7- Comparações entre os atributos funcionais contínuos e categóricos das 20 espécies arbóreas mais abundantes amostradas em uma floresta em região de transição de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, Capão Alto, SC. DBM: Densidade básica da madeira; CEL: clímax exigente em luz; CTS: clímax tolerante à sombra; AFE: área foliar específica; AF: área foliar; Hmax: altura máxima potencial; Ane: anemocoria; Aut: autocoria; Zoo: zoocoria.



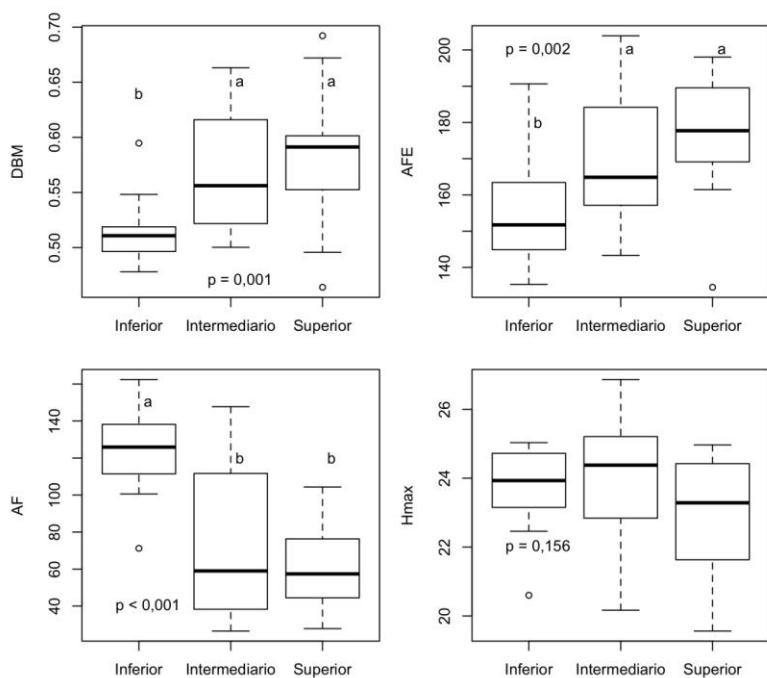
Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Figura 8- Comparações entre os atributos funcionais contínuos e categóricos das 20 espécies arbóreas mais abundantes amostradas em uma floresta em região de transição de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, Capão Alto, SC. DBM: Densidade básica da madeira; CEL: clímax exigente em luz; CTS: clímax tolerante à sombra; AFE: área foliar específica; D: decídua; P: perene; SD: semidecídua; AF: área foliar; Hmax: altura máxima potencial; Ane: anemocoria; Aut: autocoria; Zoo: zoocoria.



Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Figura 9- Comparação ao longo de setores topográficos (inferior, intermediário e superior) dos atributos funcionais das 20 espécies arbóreas mais abundantes amostradas em uma floresta em região de transição de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, Capão Alto, SC. DBM: Densidade básica da madeira; AF: área foliar; AFE: área foliar específica; Hmax: altura máxima potencial.



Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Tabela 6- Diversidade funcional e estrutura filogenética do componente arbóreo ao longo de um gradiente topográfico (Inferior, Intermediário e Superior) em uma floresta em região de transição de Floresta Ombrófila Mista Montana e Floresta Estacional Decidual Montana, Capão Alto, SC.

	Rao Q (Diversidade Funcional)	MPD (Estrutura Filogenética)
Inferior	0,03b	135,80b ($p = 0,2130$)
Intermediário	0,06a	180,96a ($p = 0,1730$)
Superior	0,07a	195,72a ($p = 0,4350$)

Fonte: Produção do próprio autor, 2015.

Valores seguidos por uma mesma letra não diferem entre si de acordo com o teste de análise de variância ($p \leq 0,05$). Valores de p entre parênteses representam o resultado da comparação entre o MPD observado em cada setor com o MPD estimado para uma comunidade completamente nula.

3.6 DISCUSSÃO

As estratégias ecológicas de espécies arbóreas para a alocação de biomassa têm sido categorizadas em dois tipos: estratégias conservadoras, que permitem a conservação e retenção de recursos obtidos a partir de tecidos protegidos (e.g., elevada densidade da madeira, baixa área foliar específica) ou estratégias aquisitivas, que permitem a rápida obtenção de recursos (e.g., baixa densidade da madeira, maior área foliar específica e maior altura máxima potencial) (CARREÑO-ROCABADO et al., 2012; DÍAZ et al., 2004). Assim, de forma geral, os resultados evidenciaram as diferentes estratégias que as espécies apresentaram para a partição de nichos ecológicos, tanto para se distribuírem ao longo do perfil vertical da floresta, quanto para ocuparem os diferentes setores topográficos. Ainda, houve evidências de que parte das estratégias ecológicas são filogeneticamente conservadas, uma vez que altura máxima potencial e densidade básica da madeira apresentaram sinal filogenético.

No sub-bosque, ocorreram predominantemente espécies tolerantes ao sombreamento (CTS), de menor altura máxima potencial e com folhas mais membranáceas. No dossel, foram observadas espécies exigentes em luz (CEL), com maior altura máxima potencial e com folhas mais coriáceas. Enquanto as espécies que se desenvolvem no sub-bosque apresentam a luz como um recurso limitante, as que ocupam o dossel têm acesso a plena luz solar, além de estarem sujeitas a um ambiente com maior exposição ao vento e abrasão física provocada pelas condições microclimáticas (THOMAS; WINNER, 2002). A maior AFE no sub-bosque, indicando folhas mais membranáceas, tem sido relatada com uma estratégia para maximizar a captura de luz em condições de sombreamento (EVANS; POORTER, 2001). Já uma menor AFE no dossel pode ser interpretada como uma estratégia para minimizar os danos mecânicos causados pelo microclima (THOMAS; WINNER, 2002), uma vez que nestas condições, além da maior disponibilidade luz, espera-se maior incidência de vento e maior amplitude diária e anual na temperatura e umidade.

Da mesma forma, a Hmax também já foi identificada como um atributo funcional relacionado às estratégias de captura de luz (WEIHER et al., 1999; WESTOBY et al., 2002; POORTER et al., 2005). O fato deste atributo funcional apresentar sinal filogenético sugere que os indivíduos que ocupam o mesmo estrato vertical apresentam uma maior relação de parentesco entre si do que os indivíduos pertencentes a estratos distintos. Chazdon (2003) também verificou o agrupamento filogenético de espécies do dossel (> 15 m), arbustos do sub-bosque (< 5 m) e lianas, o que pode indicar que as estratégias ecológicas associadas à partição do estrato vertical da floresta sejam herdadas de ancestrais em comum (filogeneticamente conservadas).

Em relação à topografia, os resultados demonstraram que os atributos funcionais, a diversidade funcional e a estrutura filogenética variaram em função da posição do relevo, reforçando a ideia de que variações topográficas representam um dos principais fatores ecológicos promotores de heterogeneidade vegetacional em escala local (VALENCIA et al., 2004; LEGENDRE et al., 2009; YANG et al., 2014). O Setor inferior e com topografia mais plana, apresentou o componente arbóreo caracterizado por maior convergência dos atributos funcionais, além de árvores com maior relação de parentesco entre si. Em contrapartida, nas partes mais altas do relevo, com maior declividade, observou-se maior amplitude de variação dos atributos funcionais, com árvores com menor relação de parentesco entre si. Além disso, existiram variações espaciais dos atributos funcionais, sendo que no Setor inferior ocorreram árvores com menores valores de densidade da madeira, maiores folhas e mais coriáceas, em relação aos setores superiores. Assim, é possível inferir que no setor inferior exista menor heterogeneidade ambiental e maior seletividade das estratégias ecológicas que representam vantagem competitiva, de forma a favorecer o estabelecimento de um determinado grupo de espécies, com maior relação de parentesco entre si.

Considerando que DBM apresenta relação inversa com a taxa de crescimento (CHAVE et al., 2009), é possível inferir que uma menor DBM e maior AF observada no setor inferior esteja relacionada com a predominância de espécies com estratégias aquisitivas, que investem em crescimento mais rápido, de forma a maximizar a aquisição de recursos, padrão tipicamente observado em ambientes com maior disponibilidade de nutrientes (BAKER et al., 2003). Já um maior valor de DBM e menor área foliar observada nos setores topográficos superiores, sugere a predominância de espécies com o crescimento mais lento, o que representa uma estratégia conservadora e de proteção contra a perda de biomassa, típico

de ambientes com maior limitação de recursos (BAKER et al., 2003). Ressalta-se que DBM apresentou sinal filogenético, o que está de acordo com os resultados relatados na literatura (CHAVE et al., 2006; SWENSON; ENQUIST, 2007).

Em relação à área foliar específica, estudos têm demonstrado que a ocorrência de um menor valor deste atributo é esperada em ambientes com maior incidência de radiação solar (ACKERLY et al., 2002) e com menor disponibilidade de água no solo (CORNWELL; ACKERLY 2009). Considerando que estas condições são esperadas em posições mais elevadas da encosta (CORNWELL; ACKERLY 2009), seria esperada a observação de maior AFE no Setor inferior e menor AFE nos setores mais altos, o que não foi observado. No entanto, neste estudo, foi encontrado um padrão oposto, com menor AFE no setor inferior, o que sugere que variações na área foliar específica na área de estudo estejam relacionadas com outros aspectos ecológicos de maior relevância e, ou, que o gradiente microclimático e de disponibilidade de água no solo seja curto para resultar no padrão documentado na literatura. Neste caso, a dominância ecológica e ocorrência preferencial de algumas espécies com baixo valor relativo de AFE, como *Matayba elaeagnoides* (AFE = 123,6cm²/g) no Setor inferior, e elevado valor relativo de AFE, como *Allophylus edulis* (AFE = 201,0 cm²/g), no Setor intermediário, e de *Sebastiania brasiliensis* (AFE = 179,4cm²/g) no Setor superior (SOUZA et al., no prelo), explica o resultado aqui encontrado.

3.7 CONCLUSÃO

Concluiu-se que na floresta estudada a partição de nichos ecológicos pelas espécies arbóreas mais abundantes foi mediada pelos atributos funcionais, com destaque para

densidade básica da madeira, altura máxima potencial, exigência em luz (guildas de regeneração natural), área foliar e área foliar específica. Isto demonstra que a capacidade de ocupação de diferentes setores topográficos e posições no perfil vertical da floresta se deve ao fato das espécies apresentarem diferentes estratégias ecológicas, que, em parte, são filogeneticamente conservadas. Desta forma, fica evidenciado que a influência do relevo representa um relevante componente determinístico na organização de espécies arbóreas em pequena escala espacial.

Considerando que o presente trabalho baseou-se em análises indiretas de gradientes ambientais, a partir de setores topográficos, estudos futuros de caráter ambiental, visando a caracterização do ambiente edáfico e lumínico, e temporal, com a caracterização das taxas demográficas das espécies, serão fundamentais para inferências mais conclusivas.

3.8 REFERÊNCIAS

ACKERLY, D. D. et al. Leaf size, specific leaf area and microhabitat distribution of chaparral woody plants: contrasting patterns in species level and community level analyses. *Oecologia*, v. 130, n. 3, p. 449-457, 2002.

ACKERLY, D. D.; CORNWELL, W. K. A trait-based approach to community assembly: partitioning of species trait values into within-and among-community components. *Ecology letters*, Montpellier, v. 10, n. 2, p. 135-145, 2007.

ADLER, P. B. et al. Trait-based tests of coexistence mechanisms. *Ecology letters*, Montpellier, v. 16, n. 10, p. 1294-1306, 2013.

ALMEIDA, S. R. et al. Florística e síndromes de dispersão de um remanescente de Floresta Ombrófila Mista em sistema faxinal. **Ambiência**, Guarapuava, v. 4, n. 2, p. 289-297, 2008.

BAKER, T. R.; SWAINE, M. D.; BURSLEM, D. F. R. P. Variation in tropical forest growth rates: combined effects of functional group composition and resource availability. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, San Francisco, v. 6, n. 1, p. 21-36, 2003.

BLOMBERG, S. P.; GARLAND, T.; IVES, A. R. Testing for phylogenetic signal in comparative data: behavioral traits are more labile. **Evolution**, v. 57, n. 4, p. 717-745, 2003.

BUDKE, J. C. et al. Composição florística e estratégias de dispersão de espécies lenhosas em uma floresta ribeirinha, arroio Passo das Tropas, Santa Maria, RS, Brasil. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 60, n. 1, p. 17-24, 2005.

CARREÑO-ROCABADO, G. et al. Effects of disturbance intensity on species and functional diversity in a tropical forest. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 100, n. 6, p. 1453-1463, 2012.

CAVENDER-BARES, J. et al. Phylogenetic overdispersion in Floridian oak communities. **The American Naturalist**, Chicago, v. 163, n. 6, p. 824-843, 2004.

CHAVE, J. Measuring Wood Density for Tropical Forest Trees a Field Manual. **Sixth Framework Programme**, p. 6, 2006. Disponível em:
http://www.rainfor.net/upload/ManualsEnglish/wood_density_english%5B1%5D.pdf. Acesso em 20 de maio de 2015.

CHAVE, J. et al. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree species. **Ecological applications**, Ithaca, v. 16, n. 6, p. 2356-2367, 2006.

CHAVE, J. et al. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology letters**, Montpellier, v. 12, n. 4, p. 351-366, 2009.

CHAZDON, R. L. Tropical forest recovery: Legacies of human impact and natural disturbances. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, San Fransisco, v. 6, n. 1, p. 51-71, 2003.

CIANCIARUSO, M. V.; SILVA, I. A.; BATALHA, M. A. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. **Biota Neotropica**, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 93-103, 2009.

CORNWELL, W. K.; ACKERLY, D. D. Community assembly and shifts in plant trait distributions across an environmental gradient in coastal California. **Ecological Monographs**, v. 79, n. 1, p. 109-126, 2009.

DÍAZ, S.; CABIDO, M. Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes. **Trends in Ecology and Evolution**, Cambridge, v. 16, n. 11, p. 646-655, 2001.

DIAZ, S. et al. The plant traits that drive ecosystems: evidence from three continents. **Journal of vegetation science**, Uppsala, v. 15, n. 3, p. 295-304, 2004.

DUARTE, L. D. S. Phylogenetic habitat filtering influences forest nucleation in grasslands. **Oikos**, Copenhagem, v. 120, n. 2, p. 208-215, 2011.

DUARTE, L. D. S. et al. Phylobetadiversity among Forest Types in the Brazilian Atlantic Forest Complex. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 9, n. 8, 2014.

EVANS, J. R.; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. **Plant, Cell and Environment**, Inglaterra, v. 24, n. 8, p. 755–767, 2001.

FORMENTO, S.; SCHORN, L. A.; RAMOS, R. A. B. Dinâmica estrutural arbórea de uma Floresta Ombrófila Mista em Campo Belo do Sul, SC. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 196-212, 2004.

GIRAUDOUX, P. Pgirmess: **Data Analysys in Ecology**. R package version 1.5.6, 2012.

HOMEIER, J. et al. Tree Diversity, Forest Structure and Productivity along Altitudinal and Topographical Gradients in a Species-Rich Ecuadorian Montane Rain Forest. **Biotropica**, Lawrence, v. 42, n. 2, p. 140-148, 2010.

HU, Y. H. et al. Dominant species and dispersal limitation regulate tree species distributions in a 20-ha plot in Xishuangbanna, southwest China. **Oikos**, Copenhagem, v. 121, n. 6, p. 952-960, 2012.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Série: Manuais técnicos em geociências n.1. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2 ed., 2012.

JOHN, R. et al. Soil nutrients influence spatial distributions of tropical tree species. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Santa Bárbara, v. 104, n. 3 , p.864–869, 2007.

KEMBEL, S. W. et al. Picante: R tools for integrating phylogenies and ecology. **Bioinformatics**, v. 26, n. 11, p. 1463-1464, 2010.

KERKHOFF, A. J. et al. Phylogenetic and growth form variation in the scaling of nitrogen and phosphorus in the seed

plants. **American Naturalist**, Chicago, v. 168, n. 4 p. 103-122, 2006.

KITAJIMA, K.; POORTER, L. Functional basis for resource niche partitioning by tropical trees. **Tropical forest community ecology**, Oxford, UK: Blackwell Science p. 160–181, 2008.

LALIBERTÉ, E.; LEGENDRE, P. A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. **Ecology**, Washington, v.91, n. 1, p. 299-305, 2010.

LALIBERTÉ, E.; SHIPLEY, B. **FD: measuring functional diversity from multiple traits, and other tools for functional ecology**. R package version 1.0-11. 2011.

LAVOREL, S.; GARNIER, E. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. **Functional Ecology**, Oxford, v. 16, n. 5, p. 545–556, 2002.

LEGENDRE, P. et al. Partitioning beta diversity in a subtropical broad-leaved forest of China. **Ecology**, Washington, v.90, n. 3, p.663–674, 2009.

LEYSER, G. et al. Regeneração de espécies arbóreas e relações com o componente adulto em uma floresta estacional no vale

do rio Uruguai, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 26, n. 1, p. 74-83, 2012.

LINDENMAIER, D. S.; BUDKE, J. C. Florística, diversidade e distribuição espacial das espécies arbóreas em uma floresta estacional na bacia do rio Jacuí, Sul do Brasil. **Pesquisas Botânicas**, n. 57, p. 193-216, 2006.

LOSOS, J. B. Phylogenetic niche conservatism, phylogenetic signal and the relationshio between phylogenetic relatedness and ecological similarity among species. **Ecology Letters**, Montpellier, v. 11, n. 10, p. 995-1007, 2008.

LOSOS, J. B.; RICKLEFS, R. E. Adaptation and diversification on islands. **Nature**, London, v. 457, n. 7231, p.830–836, 2009.

MARCUZZO, S. B.; ARAÚJO, M. M.; LONGHI, S. J. Estrutura e relações ambientais de grupos florísticos em fragmento de floresta estacional subtropical. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 2, 2013.

McGILL, B. J. et al. Rebuilding community ecology from functional traits. **Trends in Ecology and Evolution**, Cambridge, v. 21, n. 4, p. 178-185, 2006.

MENDIBURU, F. **Statistical Procedures for Agricultural Research**.R package version 1.2-0. 2014.

NEGRINI, M. et al. Dispersão, distribuição espacial e estratificação vertical da comunidade arbórea em um fragmento florestal no Planalto Catarinense. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 919-930, 2012.

OKSANEN, J. et al. **Vegan: community ecology package.R** package version, v. 1, p. 8-8. 2014.

OLIVEIRA-FILHO, A.T. et al. Effects of soils and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 10, n. 4, p. 483-508, 1994.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. et al. Effects of canopy gaps, topography and soils on the distribution of woody species in a Central Brazilian deciduous dry forest. **Biotropica**, Lawrence, v. 30, n. 3, p. 362-375, 1998.

PAVOINE, S. et al. Correlations between phylogenetic and functional diversity: mathematical artefacts or true ecological and evolutionary processes? **Journal of Vegetation Science**, Knivsta, v. 24, n. 5, p. 781-793, 2013.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N. et al. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v. 61, n. 3, p. 167-234, 2013.

POORTER, L. et al. Beyond the regeneration phase: differentiation of height– light trajectories among tropical tree species. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 93, n. 2, p. 256–267, 2005.

PURVIS, A.; HECTOR, A. Getting the measure of biodiversity. **Nature**, London, v. 405, n. 6783, p. 212-219; 2000.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Áustria. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 24 de setembro de 2014.

RONDON NETO, R. M. et al. Diversidade florística e síndromes de dispersão de diásporos das espécies arbóreas de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Guarapuava, v. 3, n. 2, p. 167-175, 2001.

SILVA, A. C. et al. Relações florísticas e fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Mista Montana Secundária em Lages, Santa Catarina. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 1, p. 193-206. 2012.

SILVERTOWN, J. et al. Hydrologically defined niches reveal a basis for species richness in plant communities. **Nature**, London, v. 400, p. 61-63, 1999.

SOBRAL, F. L.; CIANCIARUSO, M. V. Phylogenetic and functional assembly structure: (re)assembling the community ecology on different spatial scales. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 4, p. 617-631, 2012.

SOUZA, K. et al. Estrutura e estratégias de dispersão do componente arbóreo de uma floresta subtropical ao longo de uma topossequência no Alto - Uruguai. **Scientia forestalis**, Piracicaba. No prelo 2014.

SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, v. 75, n. 1-2, p. 81-86, 1988.

SWENSON, N. G.; ENQUIST, B. J. Ecological and evolutionary determinants of a key plant functional trait: wood density and its community-wide variation across latitude and elevation. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 94, n. 3, p. 451-459, 2007.

THOMAS, S. C.; WINNER, W. E. Photosynthetic differences between saplings and adult trees: an integration of field results by meta-analysis. **Tree physiology**, v. 22, n. 2-3, p. 117-127, 2002.

VALENCIA, R. et al. Tree species distributions and local habitat variation in the Amazon: large forest plot in eastern

Ecuador. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 92, n. 2, p. 214–229, 2004.

VAMOSI, S. M. et al. Emerging patterns in the comparative analysis of phylogenetic community structure. **Molecular Ecology**, Reino Unido, v. 18, n. 4, p. 572-592, 2009.

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants**. Berlin: Springer-Verlag, 1982. 162 p.

VIBRANS, A. C. et al. Extensão original e remanescentes da Floresta Estacional Decidual em Santa Catarina. In. VIBRANS, A. C.; SEVERNANI, L.; GASPER, A. L.; LINGNER, D. V. **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina, V. II, Floresta Estacional Decidual**. Blumenau: edifurb, 2012, cap. 1, p. 25-31.

VIBRANS, A. C. et al. Extensão original e remanescentes da Floresta Ombrófila Mista em em Santa Catarina. In. VIBRANS, A. C.; SEVERNANI, L.; GASPER, A. L.; LINGNER, D. V. **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina, V. III, Floresta Ombrófila Mista**. Blumenau: edifurb, 2013, cap. 1, p. 25-31.

VIOLLE, C.; JIANG, L. Towards a trait-based quantification of species niche. **Journal of Plant Ecology**, Oxford, v. 2, n. 2, p. 87-93, 2009.

WEIHER, E. et al. Challenging Theophrastus: a common core list of plant traits for functional ecology. **Journal of Vegetation Science**, Knivsta, v. 10, n. 5, p. 609–620, 1999.

WESTOBY, M. et al. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 33, p. 125–159, 2002.

WEBB, C. O.; PEART, D. R. Seedling density dependence promotes coexistence of Bornean rain forest trees. **Ecology**, Washington, v. 80, n. 6, p. 2006-2017, 1999.

WEBB, C. O. Exploring the phylogenetic structure of ecological communities: an example for rain forest trees. **The American Naturalist**, Chicago, v. 156, n. 2, p. 145-155, 2000.

WEBB, C. O. et al. Phylogenies and community ecology. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.33, p.475-505, 2002.

YANG, J. et al. Functional traits of tree species with phylogenetic signal co-vary with environmental niches in two large forest dynamics plots. **Journal of Plant Ecology**, Oxford, v. 7, n. 2, p. 115-125, 2014.

4 CONCLUSÃO GERAL

A presente dissertação demonstrou que, em pequena escala espacial, o relevo representa uma importante fonte de heterogeneidade do componente arbóreo. De forma geral, os resultados sugeriram que o Setor inferior e mais plano apresentou condições ambientais que promoveram uma menor diversidade taxonômica, funcional e filogenética. Neste setor, o componente arbóreo apresentou, predominantemente, estratégias ecológicas que maximizam a obtenção de recursos, como a baixa densidade da madeira e maior área foliar. Por outro lado, nos setores mais elevados do gradiente topográfico foi observada maior diversidade taxonômica, funcional e filogenética, com o predomínio de estratégias ecológicas conservadoras, que conferem resistência, como maior densidade da madeira. No contexto de manejo visando a conservação e restauração florestal, estas informações são fundamentais, pois demonstram que o ambiente é um importante condicionador da organização vegetacional, de forma que é relevante o uso de espécies adaptadas as diferentes condições ambientais.

REFERÊNCIAS

- ACCORDI, I. A.; BARCELLOS, A. Novas ocorrências e registros notáveis sobre distribuição de aves em Santa Catarina, sul do Brasil. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 21, n. 1, p. 85-93, 2008.
- CIANCIARUSO, M. V.; SILVA, I. A.; BATALHA, M. A. Diversidades filogenética e funcional: novas abordagens para a Ecologia de comunidades. **Biota Neotropica**, São Paulo, v. 9, n. 3, p. 93-103, 2009.
- CORNELISSEN, J. H. C. et al. Handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, Melbourne, v. 51, n. 4, p. 335-380. 2003.
- CHAVE, J. et al. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology Letters**, Montpellier, v. 12, n. 4, p. 351-366. 2009.
- FONTANA, C. ; SEVEGNANI, L. Quais são as espécies arbóreas comuns na Floresta Estacional Decidual em Santa Catarina? **Revista de estudos ambientais**, Blumenau, v. 14, n. 1 esp, p. 74 - 88, 2012.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. *Atlas da Mata Atlântica*. Disponível em <<http://www.sosma.org.br/projeto/atlas-da-mata-atlantica/dados-mais-recentes/>>. Acesso em: 04 de nov. de 2014.

FUNK, J. L. et al. Restoration through reassembly: Plant traits and invasion resistance. **Trends in Ecology and Evolution**, Cambridge, v. 23, n. 12, p. 695-703, 2008.

GIEHL, E. L. H. et al. Espectro e distribuição vertical das estratégias de dispersão de diásporos do componente arbóreo em uma floresta estacional no sul do Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, Feira de Santana, v. 21, n. 1, p. 137-145. 2007.

IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012. 271 p.

KLEIN, R. M. **Mapa fitogeográfico de Santa Catarina**. Itajaí: Flora Ilustrada Catarinense, 1978. 24 p.

KLEIN, R. M. Síntese ecológica da floresta estacional da bacia do Jacuí e importância do reflorestamento com essências nativas (RS). In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL, 5, Nova Prata, v.2, p. 265-278, 1984.

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

MAGURRAN, A. E. Measuring biological diversity. **African Journal of Aquatic Science**, Grahamstown, v. 29, n. 2, p. 285-286, 2004.

PATIÑO, S. et al. Branch xylem density variations across Amazonia. **Biogeosciences Discussion**, Alemanhã, n. 5, p. 2003–2047, 2008.

PENNINGTON, R. T.; LAVIN, M.; OLIVEIRA FILHO, A. Woody Plant Diversity, Evolution, and Ecology in the Tropics: Perspectives from Seasonally Dry Tropical Forests. **Evolution and Systematics**, v. 40, n. 1, p. 437-457, 2009.

POORTER, L. et al. Beyond the regeneration phase: differentiation of height– light trajectories among tropical tree species. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 93, n. 2, p. 256–267, 2005.

REICH, P.B. et al. The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. **International Jornalof Plant Sciences**, Knivista, v. 164, p. 143-164, 2003.

RODRIGUES, L. A. et al. Efeitos de solos e topografia sobre a distribuição de espécies arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual, em Luminárias, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 25-35, 2007.

RUSCHEL, A.R; NODARI, R.O.; MOERSCHBACHER, B.M. The genetic structure of *Sorocea bomplandii* in Southern Brazilian forest fragments: AFLP diversity. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v. 56, p. 51-58, 2007.

RUSCHEL, A. R.; GUERRA, M. P.; NODARI, R. O. Estrutura e composição florística de dois fragmentos da floresta estacional decidual do Alto-Uruguai, SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, p. 225-236, 2009.

SOBRAL, F. L.; CIANCIARUSO, M. V. Estrutura filogenética e funcional de assembléias: (Re)montando a ecologia de comunidades em diferentes escalas espaciais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 4,p. 617-631, 2012.

VAN DER PIJL, L. **Principles of dispersal in higher plants**. Berlin: Springer-Verlarg, 1982. 161 p.

VIBRANS, A. C. et al. Ordenação dos dados de estrutura da floresta Ombrófila Mista partindo de informações do Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina: Resultados de estudo piloto. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 4, p. 511-523, out./dez. 2008.

VOLLE, C. et al. Let the concept of trait be functional!
Oikos, Copenhagem, v. 116, p. 882-892, 2007.

WEBB, C. O. Exploring the phylogenetic structure of ecological communities: an example for rain forest trees. **The American Naturalist**, Chicago, v. 156, n. 2, p. 145-155, 2000.

WEBB, C. O. et al. Phylogenies and community ecology. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v.33, p.475-505, 2002.

WESTOBY, M. et al. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 33, p. 125–159, 2002.

WOODCOCK, D.; SHIER, A. Wood specific gravity and its radial variations: the many ways to make a tree. **Trees**, v. 16, p. 432– 443, 2002.