

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**ESTRUTURA DE COMUNIDADES E DINÂMICA DA
REGENERAÇÃO NATURAL DE FLORESTA
ESTACIONAL DECIDUAL NO SUL DO BRASIL**

TESE DE DOUTORADO

Rafael Marian Callegaro

Santa Maria, RS, Brasil

2015

ESTRUTURA DE COMUNIDADES E DINÂMICA DA REGENERAÇÃO NATURAL DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NO SUL DO BRASIL

Rafael Marian Callegaro

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Silvicultura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Engenharia Florestal.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maristela Machado Araujo

Santa Maria, RS, Brasil

2015

Marian Callegaro, Rafael

Estrutura de comunidades e dinâmica da regeneração natural de Floresta Estacional Decidual no sul do Brasil / Rafael Marian Callegaro.-2015.

135 p.; 30cm

Orientadora: Maristela Machado Araujo

Coorientador: Solon Jonas Longhi

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2015

1. Espécies nativas 2. Floresta Caducifólia 3. Fatores ecológicos 4. Análise multivariada 5. Rebordo do Planalto Meridional I. Machado Araujo, Maristela II. Longhi, Solon Jonas III. Título.

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

© 2015

Todos os direitos autorais reservados a Rafael Marian Callegaro. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

Endereço eletrônico: rafaelm.callegaro@gmail.com

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

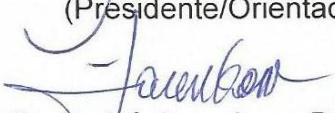
**ESTRUTURA DE COMUNIDADES E DINÂMICA DA REGENERAÇÃO
NATURAL DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NO SUL DO
BRASIL**

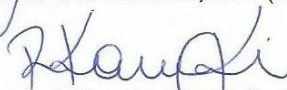
elaborada por
Rafael Marian Callegaro

como requisito parcial para obtenção do grau de
Doutor em Engenharia Florestal

COMISSÃO EXAMINADORA:


Maristela Machado Araujo, Dr^a.
(Presidente/Orientadora)


João André Jarenkow, Dr. (UFRGS)


Maria Raquel Kanieski, Dr^a. (UDESC)


Mauro Valdir Schumacher, Dr. (UFSM)


Denise Ester Ceconi, Dr^a. (UFSM)

Santa Maria, 22 de maio de 2015.

AGRADECIMENTOS

À minha família, meus pais Edith e Lucidio e meus irmãos Aline e Álisson, e meu amor Camila, pelo apoio e carinho. À Camila, agradeço também pelo auxílio na coleta de dados e pela troca de conhecimento.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), pela possibilidade de realização do Curso de Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de Doutorado.

Ao Fundo Socioambiental da Caixa Econômica Federal, por meio do projeto AC FSA CAIXA, nº 015.007/2012, pelo auxílio financeiro para a realização da pesquisa.

À Professora Dra. Maristela Machado Araujo, por ter me orientado no Doutorado, por seus conhecimentos e experiências compartilhadas.

Ao Professor Dr. Solon Jonas Longhi, pela orientação na graduação e no Mestrado, e co-orientação no Doutorado, e por sua contribuição para minha formação acadêmica e pessoal.

Aos funcionários do Parque Estadual Quarta Colônia, Caroline Mallmann (Gestora da Unidade de Conservação) e Aquiles B. Naressi (Guarda-Parque). Ao Aquiles agradeço também por ter auxiliado na coleta de dados.

Aos Professores Dr. João A. Jarenkow, Dra. Maria R. Kanieski, Dr. Mauro V. Schumacher e Dra. Denise E. Ceconi, membros da Comissão Examinadora da Tese, e aos Professores Dr. Lauri A. Schorn, Dr. Frederico D. Fleig e Dr. Eduardo P. Floriano, membros da Comissão Examinadora de Exame de Qualificação, por suas contribuições para o enriquecimento da pesquisa e da Tese.

Aos Mestres em Engenharia Florestal Daniele R. Gomes e Felipe Turchetto, aos Engenheiros Florestais Álvaro L. P. Berghetti, Jessé C. Mezzomo, Thairini Zavistanovicz, Caira Tolfo e Lisandro Bolzan, aos graduandos em Engenharia Florestal Adriana M. Griebeler, Camila M. Ribeiro, Felipe M. Barbosa, Jairo L. Z. Peripolli e Matheus R. da Silva, e ao Manoel B. P. Matos pelo auxílio na coleta de dados. Ao Sr. Luiz Rodrigues pelo importante auxílio na instalação das unidades amostrais.

Aos servidores ativos e inativos do Laboratório de Silvicultura/Viveiro Florestal/DCFL/UFSM, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal/UFSM e do Departamento de Ciências Florestais/CCR/UFSM, e aos funcionários terceirizados que contribuíram para a realização do Doutorado e da pesquisa. Ao Sr. Élio L. R. Campanhol agradeço por ter compartilhado suas experiências na realização de inventário de florestas nativas.

A todos os amigos e colegas que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e não estão nominalmente citados.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

Tese de Doutorado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Universidade Federal de Santa Maria

ESTRUTURA DE COMUNIDADES E DINÂMICA DA REGENERAÇÃO NATURAL DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NO SUL DO BRASIL

AUTOR: RAFAEL MARIAN CALLEGARO
ORIENTADORA: MARISTELA MACHADO ARAUJO
Santa Maria, 22 de maio de 2015.

A distribuição de espécies arbustivas e arbóreas está relacionada às diferentes condições ambientais. Nesse contexto, o objetivo geral deste estudo foi verificar a influência de fatores ambientais na estrutura de comunidades e na dinâmica da regeneração natural de espécies arbustivas e arbóreas, em um trecho de Floresta Estacional Decidua, localizado no Parque Estadual Quarta Colônia, Agudo - RS. Os objetivos específicos foram: diferenciar a estrutura e a florística de agrupamentos (grupos florísticos) do componente arbóreo; verificar quais variáveis ambientais influenciaram a estrutura da floresta; identificar quais alterações ocorreram em um ano de monitoramento da regeneração natural; identificar quais variáveis atuaram como limitantes ou facilitadoras do estabelecimento de populações arbóreas e arbustivas. As comunidades florestais foram amostradas em três níveis de inclusão: componente arbóreo (diâmetro à altura do peito (DAP) ≥ 5 cm), em 33 parcelas de 20 m x 20 m (1,32 ha); regeneração natural Classe I ($1 \text{ cm} \leq \text{DAP} < 5 \text{ cm}$), em sub-parcelas de 4 m x 10 m (0,132 ha); e regeneração natural Classe II ($\text{DAP} < 1 \text{ cm}$ e altura $\geq 20 \text{ cm}$), em sub-parcelas de 4 m x 2,5 m (0,033 ha). Constatou-se que o Agrupamento II apresentou maiores valores de diâmetro (40,0 cm) e de área basal (33,825 m²/ha), enquanto o Agrupamento I teve maior riqueza (70 espécies). Os dois agrupamentos apresentaram distribuição diamétrica exponencial negativa, indicando que a floresta tem capacidade de autorregeneração. As espécies com estrutura mais desenvolvida na regeneração natural foram *Trichilia elegans*, *Cupania vernalis* e *Actinostemon concolor* e no componente arbóreo foram *Trichilia claussenii*, *Nectandra megapotamica* e *Allophylus edulis*. As espécies do componente arbóreo apresentaram distribuição relacionada ao relevo, propriedades químicas e textura do solo e características do dossel, das quais apenas a textura não teve relação com as espécies regenerantes. As espécies com maior valor de regeneração natural relativa (RNR) mantiveram seus postos ao final das medições. Detectaram-se diferentes valores para as taxas de ingresso (TI), mortalidade (TM) e regeneração (TR), além de incrementos em altura. Por exemplo, as espécies *Myrsine umbellata* (TI = 58,3%; TM = 100%) e *Annona rugulosa* (TM = 37,5%; TR = -37,5%) se destacaram em relação às flutuações do número de indivíduos, enquanto *Baccharis* sp. (73,3 cm) e *Cabralea canjerana* (2,5 cm) apresentaram valores antagônicos de crescimento em altura. Tais alterações foram influenciadas por aspectos autoecológicos, dependência de luz e estratégia de dispersão, e algumas variáveis como espessura (altura) da serapilheira acumulada e exposição do relevo. A análise de correlações ambientais das espécies mais abundantes indicou que *Actinostemon concolor* e *Sorocea bonplandii* foram tolerantes a solos rasos, com maior grau de pedregosidade, situação recorrente nas florestas do rebordo do Planalto Meridional, enquanto *Cupania vernalis* e *Nectandra megapotamica* apresentaram correlação negativa com essas variáveis. As diferentes correlações observadas evidenciam que o uso de espécies arbustivas e arbóreas na restauração florestal deve ser baseado na análise de variáveis ambientais, potencialmente favoráveis ou limitantes.

Palavras-chave: Espécies nativas. Floresta Caducifólia. Fatores ecológicos. Análise multivariada. Rebordo do Planalto Meridional.

ABSTRACT

Doctoral thesis
Graduate Program of Forest Engineering
Federal University of Santa Maria

STRUCTURE OF COMMUNITIES AND DYNAMIC OF THE NATURAL REGENERATION IN DECIDUOUS SEASONAL FOREST OF SOUTHERN BRAZIL

AUTHOR: RAFAEL MARIAN CALLEGARO
ADVISER: DR^a. MARISTELA MACHADO ARAUJO
Santa Maria, May 22th, 2015.

The distribution of arboreal and shrub species is related to different environmental conditions. The general goal of this study was to evaluate the influence of environmental factors in structure of communities and dynamics of the natural regeneration in Deciduous Seasonal Forest stretch, located in Quarta Colônia State Park, Agudo, RS, Brazil. The specific goals were to differentiate the structure and floristic of clusters (floristic groups) of the arboreal component, determining which environmental variables influenced the forest structure, identifying what changes have occurred in a year of natural regeneration monitoring and identifying which variables limited or facilitated the establishment of arboreal and shrub populations. Three levels of inclusion were used for sampling forest communities: arboreal component (diameter at breast height (DBH) ≥ 5 cm), sampled in 33 plots of 20 m x 20 m (1.32 ha); natural regeneration Class I (1 cm \leq DBH < 5 cm), sampled in sub-plots of 4 m x 10 m (0.132 ha); and natural regeneration Class II (DBH < 1 cm and height ≥ 20 cm), sampled in sub-plots of 4 m x 2.5 m (0.033 ha). Cluster II showed the highest average diameter (40.0 cm) and the basal area (1.353 m² plot⁻¹ = 33.825 m² ha⁻¹). The highest richness (70 species) occurred in Cluster I. The two clusters showed negative exponential diameter distribution, common to the forests with self-regeneration capacity. The species with more developed structure in natural regeneration was *Trichilia elegans*, *Cupania vernalis* and *Actinostemon concolor*, and *Trichilia claussoni*, *Nectandra megapotamica* and *Allophylus edulis* in arboreal component. The species of arboreal component showed association with relief, chemical and textural properties of soil and canopy characteristics, of which only the texture was not related to the regenerating species. The species with the highest value of Natural Regeneration Relative (RNR) kept their posts at the end of the measurements. Different values of Ingrowth Rate (IR), Mortality (MR) and Regeneration (RR); and height growth were detected. For example, the species *Myrsine umbellata* (TI = 58.3%; TM = 100%) and *Annona rugulosa* (TM = 37.5%; TM = -37.5%) have excelled in relation to the number of individuals fluctuations, while *Baccharis* sp. (73.3 cm) and *Cabralea canjerana* (2.5 cm) showed antagonistic values of height growth. Such changes have been influenced by ecological aspects, light dependence and dispersal strategy, and variables such as thickness (height) of accumulated litter and exposure of relief. The analysis of environmental correlations of the most abundant species indicated, for example, that *Actinostemon concolor* and *Sorocea bonplandii* were tolerant to shallow soils, with higher levels of stoniness, recurrent situation in forests of edge of the Southern Plateau, while *Cupania vernalis* and *Nectandra megapotamica* were correlated negative with these variables. The different relationships observed show that the use of shrub and tree species in ecological restoration should be based on the analysis of potentially favorable or limiting environmental variables.

Keywords: Indigenous species. Deciduous forest. Ecological factors. Multivariate analysis. Edge of Southern Plateau.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Perfil esquemático da Floresta Estacional Decidual.....	21
Figura 2 - Localização da área de estudo no Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC), com cotas altimétricas e parcelas estudadas, Agudo, RS, Brasil.....	35
Figura 3 - Esquema gráfico do desenho amostral, incluindo parcelas do estrato arbóreo e parcelas da regeneração natural, no estudo desenvolvido no PEQC, Rio Grande do Sul.....	39
Figura 4 - Esquema de obtenção da declividade.....	41
Figura 5 - Dendrograma obtido a partir da análise de agrupamento de parcelas, utilizando-se o método de ligação Ward, de um trecho de Floresta Estacional Decidual no Parque Estadual Quarta Colônia. Agudo, RS, 2013.....	50
Figura 6 - Distribuição diamétrica do componente arbóreo do Agrupamento I (Figura 2a) e Agrupamento II (Figura 2b), das principais espécies do Agrupamento I (Figura 2c) e das principais espécies do Agrupamento II (Figura 2d) de um trecho do Parque Estadual Quarta Colônia. Agudo, RS, 2013.....	59
Figura 7 - Mapa perceptual gerado pela CCA a partir da abundância das espécies no estrato arbóreo e das variáveis ambientais, de um trecho de Floresta Estacional Decidual no Rebordo do Planalto Meridional. Agudo, RS, 2013.....	75
Figura 8 - Mapas perceptuais gerados pela CCA a partir da abundância das espécies na regeneração natural Classe I (A) e Classe II (B) e das variáveis ambientais, de um trecho de Floresta Estacional Decidual no Rebordo do Planalto Meridional. Agudo, RS, 2014.....	78
Figura 9 - Ordenação das espécies mais abundantes no estrato arbóreo, em um trecho de Floresta Estacional Decidual. Agudo, RS, 2013.....	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparações entre atributos de agrupamentos do componente arbustivo e arbóreo de um trecho de Floresta Estacional Decidual no Parque Estadual Quarta Colônia. Agudo, RS, 2013.....	51
Tabela 2 - Estrutura horizontal de agrupamentos do componente arbustivo e arbóreo de um trecho de Floresta Estacional Decidual no Parque Estadual Quarta Colônia. Agudo, RS, 2013.	53
Tabela 3 - Número de espécies e de famílias amostradas em remanescentes de Floresta Estacional Decidual no sul do Brasil.....	68
Tabela 4 - Estrutura das principais espécies da regeneração natural e do estrato arbóreo de uma floresta no rebordo do Planalto Meridional. Agudo, RS, 2014.....	69
Tabela 5 - Coeficientes de correlação entre as variáveis ambientais e os eixos de ordenação para espécies do componente arbóreo e da regeneração natural de um trecho de Floresta Estacional Decidual no Rebordo do Planalto Meridional. Agudo, RS, 2014.....	74
Tabela 6 - Alterações florísticas e estruturais da regeneração natural de Floresta Estacional Decidual, em um ano de monitoramento (2014/2015). Agudo, RS, 2015.....	87
Tabela 7 - Valores médios de atributos dos grupos sucessionais e das estratégias de dispersão, em um ano de monitoramento da regeneração natural (2014/2015). Agudo, RS, 2015.....	95
Tabela 8 - Atributos populacionais e morfométricos das espécies arbustivas e arbóreas predominantes, em um trecho de Floresta Estacional Decidual. Agudo, RS, 2015.....	104
Tabela 9 - Correlações significativas entre variáveis ambientais e as espécies arbóreas e arbustivas mais abundantes, listadas em ordem decrescente em relação à abundância, em um trecho de Floresta Estacional Decidual. Agudo, RS.....	106

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Objetivo geral	20
1.1.1	Objetivos específicos	20
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	Floresta Estacional Decidual	21
2.2	Unidade de Conservação e legislação	23
2.3	Caracterização da estrutura e dinâmica da vegetação	24
2.4	Sítios	30
2.5	Análise multivariada	31
3	METODOLOGIA GERAL	35
3.1	Localização da área	35
3.2	Caracterização da área	35
3.2.1	Geomorfologia e solo	35
3.2.2	Clima	37
3.2.3	Vegetação	37
3.3	Desenho amostral	38
3.4	Dados coletados	40
3.4.1	Dados bióticos	40
3.4.2	Dados ambientais (abióticos)	41
3.4.2.1	Variáveis topográficas	41
3.4.2.2	Abertura do dossel	42
3.4.2.3	Variáveis edáficas	42
4	FITOSSOCIOLOGIA DE AGRUPAMENTOS EM FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NO PARQUE ESTADUAL QUARTA COLÔNIA, AGUDO-RS	45
4.1	Resumo	45
4.2	Abstract	45
4.3	Introdução	46
4.4	Material e métodos	47
4.5	Resultados e discussão	50
4.6	Conclusões	60
5	ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS E ARBUSTIVAS EM UMA FLORESTA ESTACIONAL NO REBORDO DO PLANALTO MERIDIONAL	61
5.1	Resumo	61
5.2	Abstract	61
5.3	Introdução	62
5.4	Material e métodos	63
5.4.1	Caracterização da área	63
5.4.2	Amostragem da vegetação	64
5.4.3	Variáveis ambientais	65
5.4.4	Análise de dados	66
5.5	Resultados e discussão	67

5.6	Conclusões.....	79
6	ALTERAÇÕES FLORÍSTICAS E ESTRUTURAIS DA REGENERAÇÃO NATURAL EM UMA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NO SUL DO BRASIL	81
6.1	Resumo	81
6.2	Abstract	81
6.3	Introdução.....	82
6.4	Material e métodos	83
6.4.1	Caracterização da área	83
6.4.2	Coleta de dados	84
6.4.3	Análise dos dados.....	85
6.5	Resultados e discussão	86
6.6	Conclusões	97
7	CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS E USO POTENCIAL EM RESTAURAÇÃO DE ESPÉCIES ARBUSTIVAS E ARBÓREAS DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NO SUL DO BRASIL	99
7.1	Resumo	99
7.2	Abstract	99
7.3	Introdução.....	100
7.4	Material e métodos	101
7.4.1	Caracterização da área	101
7.4.2	Coleta de dados	102
7.4.3	Análise dos dados.....	103
7.5	Resultados e discussão	104
7.6	Conclusões	113
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
	APÊNDICE	133

1 INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é um bioma constituído por diversas regiões fitoecológicas e ecossistemas associados, onde se inclui a Floresta Estacional Decidual, que ocupavam originalmente cerca de 1.300.000 km² em diferentes Estados do Brasil (MMA, 2014). As suas florestas foram e ainda são submetidas a diferentes formas de perturbação como expansão de atividades agropecuárias e crescimento urbano, além de exploração descontrolada de madeira, condições que resultaram em fragmentação e alteração de grande parte da cobertura original.

No Rio Grande do Sul, limite meridional da Mata Atlântica, as florestas ocupam espaços no litoral norte, na região do rebordo do planalto Meridional e no escudo cristalino, geralmente localizadas em encostas, escarpas e nos vales dos rios (BACKES; IRGANG, 2004; KILCA; LONGHI, 2011).

A elevada perda de hábitat, a grande diversidade e os altos níveis de endemismo levaram a Mata Atlântica a ser considerada um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade (MARTINELLI; MORAES, 2013), evidenciando a importância das florestas na conservação da biodiversidade.

No rebordo do Planalto Meridional estão localizados grandes remanescentes de Floresta Estacional Decidual, que assumem elevada importância na conservação de espécies vegetais e animais, e no fornecimento de serviços ambientais, como a proteção de cursos de água e de exploração sustentável de produtos não-madeireiros. Apesar de tal importância, conforme Kilca e Longhi (2011), as florestas do rebordo do Planalto encontram-se fortemente ameaçadas pelo desenvolvimento rural e urbano.

Inserido nessa região, o Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC) é uma unidade de proteção integral com 1.847,9 ha, criada pelo Decreto Estadual n. 44.186, de 19 de dezembro de 2005, como medida compensatória do licenciamento ambiental da Usina Hidrelétrica Dona Francisca, no rio Jacuí. A criação do Parque, localizado na margem sul e leste do reservatório, no município de Agudo, teve como objetivo principal a proteção integral dos seus recursos naturais, especialmente os exemplares da flora e fauna silvestres das formações remanescentes da mata

nativa, entre os quais, espécies de aves, anfíbios e roedores (RIO GRANDE DO SUL, 2005).

A área do Parque é constituída por diversos compartimentos geomórficos (topos de morros, escarpas, patamares descontínuos e encostas) cobertos pela Floresta Estacional Decidual em vários estádios sucessionais. Esse mosaico ocorre devido ao uso da terra para produção, anteriormente à desapropriação das áreas, apresentando desde floresta primária até floresta secundária em estágio inicial de regeneração (PEDRON; DALMOLIN, 2011; MARCUZZO, 2012). A condição de mosaico sucessional, com estádios de regeneração/sucessão distintos, é uma característica peculiar do Parque.

Conforme Vaccaro (1997), o conhecimento da composição florística e da estrutura dos estádios sucessionais de um tipo florestal não só contribui para o maior entendimento da fitocenose como pode vir a elucidar aspectos relativos às estratégias naturais de sucessão, com possibilidades de serem reproduzidas na restauração ecológica.

Como a área do PEQC constitui uma Unidade de Conservação, um plano de manejo deverá ser elaborado em breve, com base em informações científicas, as quais são escassas para região.

No intuito de analisar as formações florestais no rebordo do Planalto Meridional estudos como, por exemplo, Callegaro et al. (2012a), Marcuzzo, Araujo e Longhi (2013), Scipioni et al. (2010) e Scipioni et al. (2012) e têm sido realizados. Nesses estudos foram apresentadas informações sobre aspectos florísticos e estruturais e relações entre o ambiente e a vegetação.

Marcuzzo, Araujo e Longhi (2013) pesquisaram um trecho restrito de floresta em estágio médio e avançado de regeneração no PEQC, englobando com o desenho amostral uma área de 3,0 ha da floresta e inventariando uma superfície 0,24 ha. Tal pesquisa forneceu informações importantes e, até então, inexistentes para as florestas localizadas na região entre os municípios de Nova Palma, Dona Francisca, Agudo e Ibarama, em área restrita.

Nenhum dos trabalhos existentes para o rebordo do Planalto trouxe informações sobre a dinâmica da vegetação, evidenciando uma lacuna no conhecimento sobre essas formações florestais. Considerando a necessidade de maior conhecimento sobre a composição e a estrutura das florestas na região, além da inexistência de informações sobre a dinâmica da vegetação, esta pesquisa

apresentará resultados sobre a dinâmica da regeneração natural em florestas do rebordo do Planalto Meridional.

Sobre a dinâmica de regeneração natural, trabalhos têm sido realizados em diferentes tipos fitogeográficos no Brasil: e.g: em Floresta Estacional Decidual - Higuchi (2003); em Florestas Ombrófilas - Souza et al. (2002) e Schorn (2005). No Rio Grande do Sul, citam-se as pesquisas de Wedy (2007) e Scoti (2012), ambos realizados em Floresta Estacional Decidual.

As informações geradas por essas pesquisas incluem parâmetros em nível de populações e de comunidade, no que se refere às características florísticas e estruturais. Aspectos florísticos como índices de diversidade de Shannon, equabilidade de Pielou, riqueza e presença/ausência de espécies, em determinadas ocasiões, constaram na maioria dos trabalhos. Em termos estruturais, foram abordados aspectos de densidade, frequência, dominância, categoria de tamanho, taxas de mudança, ingresso e mortalidade. As mudanças detectadas variaram principalmente na classe de regeneração natural avaliada e pelo tempo decorrido entre as ocasiões de medição.

Schorn (2005) e Scoti (2012) utilizaram o incremento em altura para descrever alterações morfométricas em espécies regenerantes, observando que estas apresentaram incrementos distintos, relacionados ao grupo ecológico e ao estágio sucessional avaliado. Conforme Encinas, Silva e Pinto (2005), na fase juvenil, a variável altura produz a modificação mais notória do crescimento, cujas mudanças podem ser facilmente observadas em curtos períodos de tempo.

Nas pesquisas existentes sobre dinâmica da regeneração natural há pouca informação sobre a influência de características ambientais, como fatores edáficos, distância da borda, topografia, entre outros. Algumas abordagens têm incluído a influência da luminosidade na regeneração de espécies arbóreas. Wedy (2007) utilizou uma câmera com lente olho de peixe para determinar os valores de abertura do dossel e Scoti (2012) utilizou um luxímetro digital para medir a intensidade luminosa na parcelas e fora da floresta, obtendo a porcentagem de luz que incidiu no sub-bosque e sua intensidade.

Diante das lacunas de informações relacionadas à Floresta Estacional Decidual e da necessidade de pesquisas em Unidades de Conservação como o Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC), localizado no rebordo do Planalto Meridional, espera-se dar suporte à conservação dessa tipologia, com ênfase à

composição e estrutura de remanescentes florestais, influência de variáveis ambientais em aspectos morfométricos e estruturais de populações e comunidades arbóreas, e um tema ainda não abordado para as florestas do rebordo, a dinâmica da regeneração natural e suas relações com fatores ambientais.

Os resultados foram apresentados na forma de quatro capítulos, além da parte inicial da Tese, constituída por Introdução, Referencial Teórico e Metodologia Geral.

1.1 Objetivo geral

Verificar a influência de fatores ambientais na estrutura de comunidades e na dinâmica da regeneração natural de um trecho de Floresta Estacional Decidual, localizado no Parque Estadual Quarta Colônia, Agudo, RS, visando melhorar o entendimento da dinâmica de populações e comunidades florestais.

1.1.1 Objetivos específicos

- Diferenciar a estrutura e a florística de agrupamentos (grupos florísticos) do componente arbóreo de um trecho de Floresta Estacional Decidual.

- Verificar quais são as variáveis ambientais que influenciaram a estrutura da floresta.

- Identificar quais alterações ocorreram em um ano de monitoramento da regeneração natural e quais variáveis influenciaram a dinâmica dos grupos ecológicos.

- Identificar quais variáveis atuaram como limitantes ou facilitadoras do estabelecimento de populações arbóreas e arbustivas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Floresta Estacional Decidual

No Brasil, a Floresta Estacional Decidual é identificada na zona subtropical, sem período seco, porém com inverno frio (temperaturas médias mensais menores ou iguais a 15° C), que determina a queda da folhagem de mais de 50% da cobertura arbórea superior (LEITE, 2002; IBGE, 2012), sendo dividida em quatro formações distintas: Aluvial, Terras Baixas, Submontana e Montana (Figura 1).

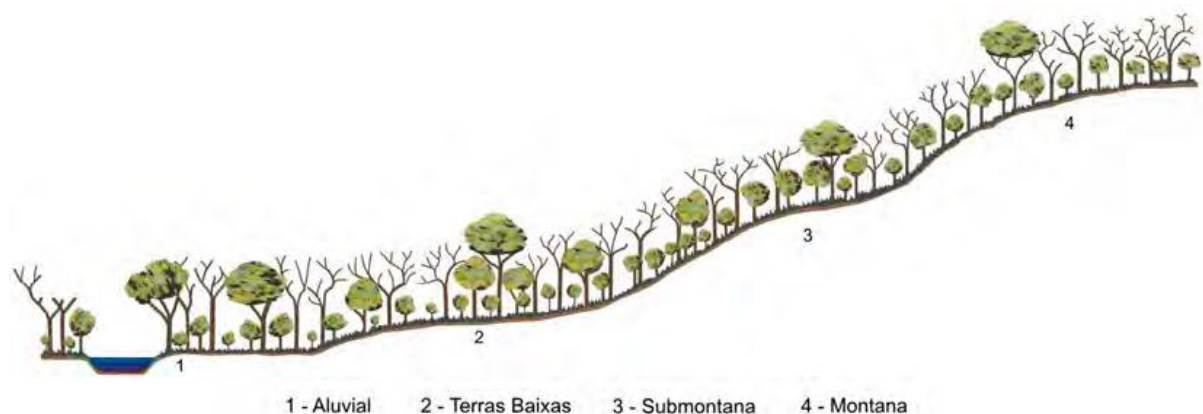


Figura 1 - Perfil esquemático da Floresta Estacional Decidual (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991).

A Floresta Estacional Decidual Aluvial é quase exclusiva das bacias dos rios do Rio Grande do Sul e se encontra bastante desfalcada dos seus elementos principais, explorados seletivamente. No Estado, está localizada nos terraços fluviais dos Rios Jacuí, Ibicuí, Santa Maria e Uruguai. A Floresta Estacional Decidual de Terras Baixas é uma formação encontrada em áreas descontínuas e relativamente pequenas, ocorrendo com maior expressividade no sul do Estado da Bahia. As disjunções desta formação estão localizadas entre as latitudes 24° a 32° latitude Sul,

onde se inclui o Rio Grande do Sul, na faixa altimétrica de cinco até em torno de 30 m (IBGE, 2012).

A Floresta Estacional Decidual Submontana apresenta os remanescentes mais extensos em área no Brasil. Para o Rio Grande do Sul, possui representantes na faixa de altitude de mais de 30 m até 400 m, tendo as espécies dos gêneros *Parapiptadenia*, *Apuleia* e *Peltophorum* dominantes no estrato arbóreo emergente. Os gêneros *Cedrela*, *Ceiba*, *Handroanthus*, *Jacaranda* e *Parapiptadenia*, comuns em outras regiões brasileiras, são frequentemente encontrados em florestas desta formação no RS. Por sua vez, a Floresta Estacional Decidual Montana pode ser localizada no RS entre as latitudes 24° Sul e 32° Sul e as altitudes de 400 até em torno de 1000 m (IBGE, 2012).

Entre os diversos tipos fitogeográficos existentes no Rio Grande do Sul, a Floresta Estacional Decidual ocupa, atualmente, 48.691,81 km² de superfície (17,92% do total de florestas), o que equivale a 17,97% da sua cobertura original (CORDEIRO; HASENACK, 2009). Apesar de fragmentada, a Floresta Estacional Decidual é a tipologia florestal de maior extensão no Rio Grande do Sul.

Os remanescentes de Floresta Estacional Decidual estão localizados em diferentes regiões do Rio Grande do Sul, sendo os de maior extensão encontrados na bacia do Rio Uruguai, norte e noroeste do Estado e no rebordo do Planalto Meridional, em áreas declivosas e nos vales de rios (KILCA; LONGHI, 2011; IBGE, 2012; LEITE, 2002; VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991).

As florestas estacionais do rebordo do Planalto Meridional, onde está incluída a área da presente pesquisa, representam um dos maiores remanescentes de floresta estacional do Brasil. Essas florestas estão atualmente confinadas, principalmente, às áreas declivosas da paisagem e apresentam-se em diferentes níveis de fragmentação e perturbação (KILCA; LONGHI, 2011). Nessa região estão localizados grandes remanescentes de Floresta Estacional Decidual, que possuem composição florística e estrutura influenciada por dois contingentes fitogeográficos distintos, sendo um oriundo da Floresta Atlântica (Leste) e o outro oriundo da Floresta da Bacia Paraná-Uruguai (Oeste) (JARENKOW; WAECHTER, 2001; KILCA; LONGHI, 2011).

De acordo com Jarenkow e Waechter (2001), as espécies do contingente leste contribuíram com um grande número de indivíduos, mas predominam no sub-bosque como árvores de tamanho médio. Por sua vez, o contingente oeste

apresentou maior riqueza, mas contribuiu com um menor número de indivíduos que são fisionomicamente mais importantes, muitas vezes emergentes. Esses resultados evidenciam que as florestas do rebordo são influenciadas por diferentes rotas migratórias de espécies arbóreas.

Alguns exemplos de espécies arbóreas características da Floresta Estacional Decidual são: *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr., *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl., *Cordia americana* (L.) Gottschling & J.S.Mill., *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud., *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong e *Nectandra lanceolata* Nees, entre outras (LEITE, 2002; IBGE, 2012).

Além da influência de diferentes contingentes fitogeográficos (Oeste e Leste), as florestas do rebordo do Planalto Meridional estão condicionadas por muitos fatores ambientais, uma vez que cobrem áreas com elevada heterogeneidade ambiental e estão suscetíveis a distúrbios de origem humana. Exemplos de fatores determinantes e modificadores da composição e estrutura de comunidades vegetais incluem: solo, relevo (declividade e posição do terreno), disponibilidade hídrica, efeito de borda decorrente da fragmentação, cortes seletivos, pastoreio, entre outros (DURIGAN, 2012; SCCOTI, 2012; SCIPIONI et al., 2012). Alguns desses fatores foram analisados por Scipioni et al. (2012) e Marcuzzo, Araujo e Longhi (2013), os quais comprovaram a existência de relações entre o ambiente e a vegetação.

2.2 Unidade de Conservação e legislação

Uma unidade de conservação (UC) é definida pela Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000, como “espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção” (BRASIL, 2000).

Existem dois grupos de unidades de conservação, as Unidades de Proteção Integral e as Unidades de Uso Sustentável. Estas Unidades têm como objetivo compatibilizar a conservação dos recursos naturais. As Unidades de Proteção

Integral têm objetivo principal de preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais (BRASIL, 2000).

No Rio Grande do Sul, existem 23 unidades de conservação estaduais, sendo 19 Unidades de Proteção Integral e quatro Unidades de Uso Sustentável. Entre as Unidades de Proteção Integral existem nove Parques, incluindo o Parque Estadual Quarta Colônia (RIO GRANDE DO SUL, 1998; 2005).

Considerando o disposto no Decreto Estadual nº 38.814, de 26 de agosto de 1998, sobre Parque: "...objetivo básico de preservação de ecossistemas naturais, em geral de grande beleza cênica, à realização de pesquisas científicas, o desenvolvimento de atividades de educação ambiental, de recreação e contato com a natureza e de turismo ecológico" (RIO GRANDE DO SUL, 1998), foi criado o Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC), na margem do reservatório da Usina Hidrelétrica Dona Francisca.

Um dos critérios utilizados para justificar a criação de Unidades de Conservação é a presença de espécies da fauna e/ou da flora que constem nas listas oficiais de espécies ameaçadas de extinção. Sobre as espécies vegetais cita-se a Instrução Normativa nº 6, de 23 de setembro de 2008 (MMA, 2008), que determina as espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, e o Decreto Estadual nº 52.109, de 1 de dezembro de 2014, que lista as espécies da flora ameaçadas no Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 2014).

No caso do PEQC, entre os principais objetivos de sua criação estão a proteção dos remanescentes de Floresta Estacional Decidual e de espécies constantes na Lista Brasileira de Espécies Ameaçadas de Extinção, como papagaio-charão - *Amazona pretrei* (Temminck, 1830), paca - *Agouti paca* (Linnaeus, 1766), veados (*Mazama* sp.), gato-do-mato-grande - *Oncifelis geoffroyi* (d'Orbigny & Gervais, 1844) e gato-do-mato-pequeno - *Leopardus tigrinus* (Schreber, 1775) (SEMA, 2010).

2.3 Caracterização da estrutura e dinâmica da vegetação

Os estudos sobre a estrutura e a diversidade de florestas podem ser realizados para basear atividades práticas, como conservação e restauração

ambiental e exploração sustentável, ou para contribuir com o avanço do conhecimento científico (DURIGAN, 2012).

Em ambientes florestais, grande parte das pesquisas tem focado populações e, ou comunidades arbóreas. De acordo com Felfili e Venturoli (2000), a análise de uma população inclui o grupo de indivíduos de uma mesma espécie capaz de trocar material genético entre si, em uma determinada área num dado intervalo de tempo. Por sua vez, o estudo de uma comunidade considera o conjunto de populações que habitam determinada área.

A caracterização das comunidades vegetais pode ser feita pela composição florística, estrutura e diversidade (DURIGAN, 2012). A composição florística é baseada na identificação das espécies vegetais amostradas, da qual resulta uma lista de espécies na área de estudo, agrupados por família, conforme o sistema taxonômico utilizado na classificação das espécies (SOUZA; SOARES, 2013). Apesar de ser uma análise básica, a composição florística serve para hierarquizar as espécies por abundância e pode indicar a ocorrência de espécies com alto valor conservacionista (espécies presentes em listas da flora ameaçada de extinção), econômico e silvicultural.

A determinação do índice de similaridade e de diversidade contribui para enriquecer a análise florística. Os índices de similaridade servem para quantificar a semelhança florística entre comunidades vegetais ou unidades amostrais. A similaridade florística entre duas comunidades tem sido avaliada, em muitas pesquisas, pelos índices de Jaccard ou Sorensen, calculados com base em dados de presença e ausência de espécies (DURIGAN, 2012; FELFILI; VENTUROLI; 2000; SOUZA; SOARES, 2013).

O índice de Jaccard corresponde à porcentagem de espécies amostradas que ocorrem nos dois locais comparados. Já o índice de Sorensen, segundo Durigan (2012), corresponde à porcentagem de espécies comuns em relação à média do número de espécies das duas comunidades comparadas, sendo isso a causa de um valor maior do que o índice de Jaccard, considerando a mesma comparação.

Em relação à diversidade, o índice de Shannon tem sido utilizado em muitas pesquisas, por exemplo, Longhi et al. (2008), Marcuzzo, Araujo e Longhi (2013), Scoti (2012) e Scheer, Mocoichinski e Roderjan (2011), entre outros, o qual permite fazer relações com outras áreas do mesmo tipo fitogeográfico. O índice de Shannon inclui no mesmo cálculo riqueza e equabilidade (DURIGAN, 2012), sendo

influenciado pelo número de espécies amostradas e pela abundância proporcional dessas espécies, fato descrito em bibliografias como: Felfili e Venturoli (2000), Kanieski et al. (2012), Moreno (2001) e Souza e Soares (2013).

Outro índice que pode ser utilizado é o índice de dominância de Simpson (D), que varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1 maior é a dominância (MORENO, 2001; KANIESKI et al., 2012a). Para estes autores, os índices de dominância expressam se há dominância por uma ou poucas espécies na área amostrada. A partir disso, infere-se que quanto maior for a dominância menor será a uniformidade na distribuição dos indivíduos entre as espécies, ou seja, poucas espécies são predominantes na comunidade. Neste caso, a dominância se refere ao elevado número de indivíduos de uma ou poucas espécies e não à dominância de área basal, parâmetro utilizado para caracterizar a estrutura horizontal.

A avaliação de aspectos autoecológicos específicos, como categoria sucessional (grupo ecológico) e estratégia (síndrome) de dispersão em comunidades florestais tem sido utilizada em pesquisas como é o caso de Callegaro et al. (2012b), Catharino et al. (2006), D’Orazio e Catharino (2013), Souza et al. (2012) e Vaccaro, Longhi e Brena (1999).

A classificação das espécies em categorias sucessionais considera a dependência de luz das espécies para completar o seu ciclo de vida. Segundo Durigan (2012), essa classificação pode ser útil na compreensão da estrutura e da dinâmica de comunidades florestais. Tal classificação, em muitos casos, deriva de estudos como os de Budowski (1965) e Swaine e Whitmore (1988). A distinção das espécies nos grupos sucessionais pode ser baseada em Gandolfi (2000), que classificou as espécies em pioneiras, secundárias iniciais e secundárias tardias. Outra denominação utilizada é a de Swaine e Whitmore (1988), pela qual as espécies são classificadas em pioneiras ou clímax, sendo as clímax ainda separadas em exigentes de luz ou tolerantes à sombra.

A avaliação de ecologia de dispersão das espécies pode auxiliar na compreensão da dinâmica populacional em florestas e basear metodologias a serem aplicadas na recuperação de áreas degradadas ou no manejo sustentável dessas áreas (BARBOSA et al., 2012). Os autores ressaltam que a dispersão dos diásporos é importante na regeneração natural de muitas espécies e na organização dos novos ecossistemas, influenciando a composição, estrutura e dinâmica de populações de plantas, bem como na persistência, evolução e distribuição

geográficas das espécies. As estratégias de dispersão estão relacionadas à maneira como os diásporos das plantas são transportados.

Em relação à estrutura, os parâmetros usualmente calculados incluem densidade, frequência, dominância e valor de importância para o estrato arbóreo e densidade, frequência, categoria de tamanho e regeneração natural total para o estrato regenerante.

A densidade expressa o número de indivíduos em relação a uma unidade de área, sendo geralmente representada pelo número de indivíduos por hectare (densidade absoluta). A frequência considera o número de parcelas em que a espécie ocorre, indicando a dispersão média da espécie em porcentagem, assim a frequência absoluta é obtida pela relação do número de parcelas onde a espécie ocorre e o número total de parcelas amostradas (FELFILI; VENTUROLI, 2000; SOUZA; SOARES, 2013). Esses dois parâmetros são calculados tanto para o estrato arbóreo como para a regeneração natural.

Para caracterizar a estrutura horizontal do componente arbóreo, também é calculada a dominância e o valor de importância. A dominância é a estimativa da área basal da espécie por hectare, expressando o grau de ocupação da área da floresta por cada espécie. O valor de importância de uma espécie é a soma dos valores relativos de densidade, frequência e dominância (FELFILI; VENTUROLI, 2000; SCHNEIDER; FINGER, 2000).

A análise da estrutura da regeneração natural é completada pelo cálculo das classes de tamanho (categoria de tamanho) e da regeneração natural relativa. Primeiramente, deve-se estabelecer o número e o intervalo de altura das classes de tamanho por critérios próprios ou com base em bibliografia. Por exemplo, Finol (1971) estabeleceu três classes de tamanho: classe I - $0,10 \text{ m} \leq \text{altura} < 1,0 \text{ m}$; classe II - $1,0 \text{ m} \leq \text{altura} < 3,0 \text{ m}$; e classe III - altura $\geq 3,0 \text{ m}$ e diâmetro inferior ao limite de inclusão dos indivíduos no estrato arbóreo. Depois, os indivíduos são separados por classe e obtém-se o peso de cada classe pela relação entre o total de indivíduos da classe e o total de indivíduos de todas as classes. Enfim, o valor absoluto da classe de tamanho (CT) por espécie é obtido pela soma das multiplicações do número de indivíduos de cada espécie, em cada classe, pelo peso de cada classe de regeneração (SOUZA; SOARES, 2013).

A regeneração natural total (RNT) é obtida pelo somatório dos valores relativos de frequência, densidade e categoria de tamanho, dividido por três

(SOUZA; SOARES, 2013). Este parâmetro, utilizado em várias pesquisas (CALLEGARO et al., 2012b; MAUÉS et al., 2011; RIBEIRO et al., 2013; SILVA; GANADE; BACKES, 2010), tem como principal resultado hierarquizar a representatividade das espécies regenerantes, indicando também o potencial dessas espécies em compor o estrato arbóreo.

A distribuição dos indivíduos em classes de tamanho também é uma ferramenta útil para caracterizar comunidades vegetais, servindo como indicativo do estado de conservação de um local. Uma comunidade é considerada estável quando a distribuição apresenta o modelo exponencial negativo (“J invertido”) (DURIGAN, 2012). Tomando-se como base a regeneração natural que na maioria das pesquisas têm como critério de inclusão a altura, o correto, segundo Durigan (2012), é elaborar histogramas de altura e não de diâmetro. O contrário serve para o estrato arbóreo já que, normalmente, tem como critério de inclusão um limite de diâmetro, sendo mais adequado elaborar histogramas de frequência em classes diamétricas.

No caso do componente arbóreo, uma ferramenta aceita é a estrutura vertical, consistindo basicamente na separação dos indivíduos em estratos verticais (estrato inferior, médio ou superior) ou por visualizações *in loco* nas comunidades florestais, determinando a posição sociológica de cada árvore. De acordo com Schneider e Finger (2000), a estrutura vertical da floresta pode fornecer um indício do estágio sucessional em que se encontra a comunidade ou qual espécie poderá compor o dossel futuro.

Para Scoti (2012), a caracterização de comunidades vegetais deve incluir estudos de dinâmica da comunidade e da relação entre a vegetação e o ambiente (fatores naturais ou antrópicos) a fim de se obter publicações mais relevantes.

Estudos de dinâmica de comunidades florestais poderiam seguir um protocolo mínimo, compreendendo os seguintes parâmetros: extinção e imigração, recrutamento, mortalidade, área basal, densidade e incremento médio em diâmetro para a comunidade (DURIGAN, 2012). É possível acrescentar a estes parâmetros, no caso da dinâmica da regeneração natural, o incremento em altura, parâmetro avaliado por Schorn (2005) e Scoti (2012). Nestas pesquisas, os autores observaram que o crescimento em altura da regeneração natural apresentou resultados em um ou dois anos de medição, permitindo diferenciar as espécies quanto à capacidade de crescimento vertical em determinados sítios.

As estimativas de mortalidade têm como base a medição de indivíduos que estavam vivos em determinada ocasião da medição e na medição seguinte estavam mortos. A taxa de mortalidade é calculada a partir da relação entre o número de indivíduos mortos entre duas ocasiões sucessivas e o número de indivíduos vivos na primeira ocasião (SOUZA; SOARES, 2013).

O recrutamento (ingresso) refere-se ao número de indivíduos que ultrapassaram o limite de inclusão durante duas ocasiões de medição subsequentes (VACCARO, 2002; SOUZA; SOARES, 2013).

A taxa de regeneração é uma taxa de mudança em relação à densidade absoluta, que ocorrem no período do monitoramento (JARDIM, 1986; WEDY, 2007). Conforme Souza e Soares (2013), o valor positivo indica aumento populacional, o valor negativo indica maior mortalidade do que recrutamento e o valor nulo representa a estabilidade populacional.

A avaliação do incremento médio de diâmetro e altura consiste basicamente em medições sucessivas dessas variáveis e na obtenção do valor médio de crescimento por unidade de tempo. As fórmulas e o detalhamento dos cálculos podem ser encontrados em Encinas, Silva e Pinto (2005) e Souza e Soares (2013).

Apesar de ser um tema pouco pesquisado, a avaliação da dinâmica do estrato regenerante pode fornecer informações essenciais sobre o potencial de regeneração natural de espécies arbóreas.

No Rio Grande do Sul, a dinâmica da regeneração natural foi estudada, por exemplo, por Wedy (2007) e Scoti (2012), enquanto em outras regiões do País, a esse assunto tem sido foco de um número maior de pesquisas, por exemplo, Souza et al. (2002), Higuchi (2003) e Schorn (2005).

Considerando as pesquisas supracitadas, os parâmetros referenciados por Durigan (2012) (extinção e imigração, recrutamento, mortalidade, área basal, densidade e incremento médio em diâmetro) foram abordados. Além desses parâmetros, os autores utilizaram o índice de diversidade de Shannon, de equabilidade de Pielou, variações florísticas, distribuição diamétrica e regeneração natural relativa para analisar a dinâmica da regeneração natural.

Em poucos estudos foi avaliada a influência do ambiente na dinâmica da regeneração natural. Em uma pesquisa, Schorn (2005) comparou a dinâmica de alguns parâmetros da regeneração natural em diferentes estádios sucessionais, Wedy (2007) observou a relação de parâmetros com a abertura do dossel e Scoti

(2012) fez medições da intensidade luminosa nas parcelas de regeneração. Tais trabalhos evidenciaram que o regime de luz, de uma maneira ou de outra, tem sido o principal fator do ambiente relacionado à dinâmica da regeneração natural.

O sombreamento é um dos principais fatores limitantes à regeneração natural de espécies arbóreas exigentes de luz, visto que estas dependem mais da luz para se estabelecer, crescer e reproduzir. Determinadas espécies arbóreas com tolerância ao sombreamento podem crescer em condições de baixa luminosidade. Além da luminosidade, existem outros fatores que podem interferir na dinâmica de espécies arbóreas regenerantes, como as características edáficas e a distância de matrizes da mesma espécie (fonte de diásporos). Cita-se também a serapilheira acumulada sobre o solo que pode atuar como filtro ambiental, dificultando o estabelecimento de determinadas espécies, mas pode fornecer microclima favorável ou não a germinação da semente e crescimento inicial das plântulas.

Procurou-se revisar sobre os diferentes parâmetros usualmente empregados na caracterização e na dinâmica de comunidades ou populações específicas, tanto para o estrato arbóreo como para a regeneração natural. Nesse sentido, ficou evidente que resultados sobre as relações entre a vegetação e o ambiente, principalmente no que tange à dinâmica da regeneração natural, são escassos, demandando mais pesquisas que auxiliem a suprir as lacunas existentes.

2.4 Sítios

Algumas definições de sítios têm sido divulgadas, geralmente, associando determinada área florestal à sua capacidade de proporcionar crescimento uniforme a determinado grupo de plantas.

Conforme Spurr (1952), o sítio é definido como a soma das condições efetivas sobre as quais uma planta ou comunidade vive. Tal definição deixa implícito que tanto fatores abióticos, por exemplo, edáficos e climáticos, quanto bióticos (ex.: competição entre plantas) podem interferir na capacidade de crescimento ou sobrevivência da planta ou comunidade alvo.

Essa abordagem também foi mencionada por Caldeira et al. (1996), segundo os quais a tipificação da classificação de sítio se constitui numa forma de

estratificação do povoamento em entidades ecológicas com base nas características da vegetação, fatores do meio ou numa combinação destes.

A definição de Caldeira et al. (1996) sugere que um sítio é uma entidade ecológica, termo similar ao mencionado por Schneider e Schneider (2008), que se referiram a um sítio como uma unidade primária ecológica. Ambas as denominações estão de acordo com Paiva et al. (2010), que definiram sítios como áreas inteiramente homogêneas e heterogêneas entre si.

O sítio, segundo Louw (1995) e Schneider e Schneider (2008), tem uma homogeneidade de características como solo, clima, material de origem e topografia. Para a delimitação dos sítios florestais, Paiva et al. (2010) utilizaram parâmetros edáficos, altitude e fatores climáticos.

As características relacionadas acima são corroboradas por Ribeiro et al. (2002). Esses autores mencionaram que sítio florestal denota uma combinação de vários fatores ambientais (edáficos, topográficos, climáticos e competitivos), que afetam o crescimento dos vegetais. Ressaltaram os seguintes critérios para avaliar o sítio: avaliação do solo, avaliação da topografia, avaliação climática, projeção do crescimento da planta, tamanho das árvores, entre outros.

Diante do exposto, percebe-se que o sítio é comumente definido como uma área com homogeneidade de variáveis ambientais e bióticas, podendo ser delimitado por meio da análise de um conjunto de variáveis, que possam interferir no crescimento e na sobrevivência de espécies-alvo.

2.5 Análise multivariada

A análise multivariada consiste na aplicação de métodos estatísticos sobre dados oriundos de muitas variáveis (FERREIRA, 1996). Algumas técnicas como a análise de agrupamento (LONGHI et al., 2006; MARCUZZO; ARAUJO; LONGHI, 2013; SCIPIONI; GALVÃO; LONGHI, 2013) e de ordenação (LEYSER et al., 2012; MARCUZZO; ARAUJO; LONGHI, 2013; SCIPIONI et al., 2010) têm sido frequentemente utilizadas em pesquisas florestais com a finalidade de analisar uma matriz de dados multivariados.

A análise de agrupamento tem por objetivo identificar padrões ao formar grupos homogêneos a partir de um número de objetos, melhorando a compreensão das observações e o desenvolvimento de teorias ou hipóteses (BUSSAB; MIAZAKI; ANDRADE, 1990; AZAMBUJA, 2005). Nessa condição, algumas variáveis com poder de discriminação deverão apresentar valores discrepantes quando comparadas entre um e outro agrupamento formado.

Os métodos de agrupamento podem ser divididos em hierárquicos ou não hierárquicos. O primeiro caracteriza-se pelo estabelecimento de uma ordem (hierarquia), sendo os agrupamentos realizados por sucessivas fusões (aglomerativo) ou por sucessivas divisões (divisivo). O segundo não possui hierarquia, sendo produzida uma partição em um número definido de classes (FERREIRA, 1996; VICCINI, 2005).

Conforme Hair Jr. et al. (2009), os agrupamentos aglomerativos possuem inicialmente número de grupos igual ao número de objetos (parcelas), sendo formado um novo agrupamento com os objetos mais parecidos, por medida de similaridade ou dissimilaridade.

Segundo Ferreira (1996), o contrário ocorre para os agrupamentos divisivos, formados no início por um subgrupo inicial, com todos os objetos, que será dividido em dois subgrupos com máxima semelhança entre os objetos do mesmo subgrupo e máxima dissimilaridade entre objetos de grupos diferentes.

Entre os métodos de agrupamento utilizados com frequência em pesquisas florestais, cita-se o método de ligação Ward (CALLEGARO; LONGHI, 2013; RODE et al., 2011; SCIPIONI; GALVÃO; LONGHI, 2013) e o TWINSPAN - *Two Way Indicator Species Analysis* "TWINSPAN" (MARCUSO; ARAUJO; LONGHI, 2013; SCCOTI, 2012; SCIPIONI et al., 2012).

Para Valentim (2012), o melhor método é aquele no qual o dendrograma fornece uma representação menos distorcida da realidade. A partir disso, entende-se que a escolha do melhor método está relacionada ao conjunto de dados e ao conhecimento prévio do pesquisador sobre a realidade em que os dados foram obtidos. No caso de agrupamentos florísticos, estes devem fornecer uma representação mais próxima da composição encontrada na floresta pesquisada.

As técnicas de ordenação servem para reduzir e aglomerar dados, conduzindo à formulação de hipóteses (ideias) sobre a estrutura da comunidade de

plantas e as possíveis relações entre a variação da vegetação e o meio ambiente (FELFILI; VENTUROLI, 2000).

Conforme Felfili, Venturoli e Pereira (2007), a ordenação pode ser direta quando as matrizes de dados são analisadas conjuntamente ou indireta quando as matrizes de dados são analisadas separadamente.

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) é uma análise de ordenação direta de gradientes ambientais, em que as matrizes de abundância das espécies e das variáveis são analisadas conjuntamente, explicando a distribuição das espécies em relação a variáveis mensuradas (KENT; COKER, 1992; MCCUNE; MEFFORD, 2006). A CCA é uma técnica de análise de gradientes direta recente e empregada na análise de vegetação (FELFILI et al., 2011).

Segundo Souza et al. (2003), uma das maiores vantagens da CCA é o teste de Monte Carlo, que consiste em permutar aleatoriamente as linhas da matriz de variáveis ambientais com o intuito de testar a significância da correlação entre as duas matrizes, identificando a probabilidade de acerto da relação encontrada entre as matrizes originais.

A aplicação das técnicas multivariadas para relacionar a abundância de espécies com variáveis ambientais têm sido recorrente em publicações científicas atuais (HIGUCHI et al., 2013; MACHADO et al., 2008; MARCUZZO; ARAUJO; LONGHI, 2013; MARTINS et al., 2003; SCIPIONI et al., 2010; SOUZA et al., 2003), evidenciando a importância de técnicas como a CCA na descrição das relações entre o ambiente e a vegetação (FELFILI et al., 2011).

3 METODOLOGIA GERAL

3.1 Localização da área

A área de estudo está localizada no Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC), uma Unidade de Proteção Integral (UPI) sob gerência da Divisão de Unidades de Conservação (DUC) da Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul (SEMA-RS). O território do PEQC abrange parte dos municípios Agudo e Ibarama, no entanto, a área estudada englobou somente uma porção do PEQC, com sede localizada em Agudo, RS, nas coordenadas do ponto central 29°27'36,11" Sul e 53°16'37,07" Oeste (Figura 2). A área é adjacente ao reservatório da Usina Hidrelétrica Dona Francisca (ao Norte).

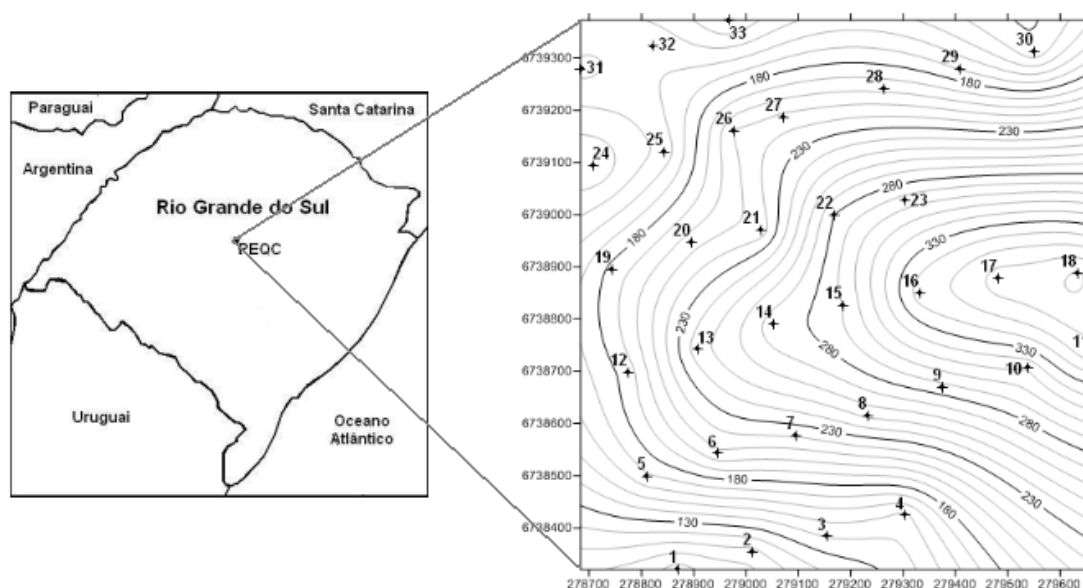


Figura 2 - Localização da área de estudo no Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC), com cotas altimétricas e parcelas estudadas, Agudo, RS, Brasil.

3.2 Caracterização da área

3.2.1 Geomorfologia e solo

A região do estudo está incluída no rebordo do Planalto Meridional (RPM), uma região de transição das terras altas do Planalto vulcânico, para as terras baixas

das rochas sedimentares da Depressão Central. O RPM está representado por uma ampla faixa com relevo de morros, escarpas abruptas, vales profundos encaixados, frequentes morros testemunhos marginais e pequenas planícies aluviais (ROBAINA et al., 2011).

Conforme Pedron e Dalmolin (2011), o RPM é formado pela dissecação do Planalto e parte da Bacia Sedimentar, onde rochas vulcânicas da Formação Serra Geral e rochas sedimentares das Formações Botucatu e Caturrita são expostas desde altitudes superiores a 500 m até aproximadamente 150 m, sob relevo forte ondulado a escarpado.

As áreas do RPM apresentam diferentes compartimentos geomórficos, os quais, pela diferença do relevo, material de origem e volume de água infiltrada condicionam a formação de solos distintos. O relevo é predominantemente escarpado (declividade superior a 75%) a forte ondulado (declividade entre 20 e 45%) (PEDRON et al., 2007; PEDRON; DALMOLIN, 2011).

Os principais compartimentos geomórficos da região são topos de morros, escarpas, patamares, encostas e coxilhas de sopé, onde estão distribuídas diferentes classes de solos. Os topos de morros são áreas com altitudes mais elevadas, relevo suave ondulado a plano (declividade entre 0 e 8%) e solos geralmente rasos, de profundidade raramente superior a 1 m. As escarpas têm relevo predominantemente escarpado (declividade superior a 75%), com a ocorrência de Neossolos rasos associados à Cambissolos em áreas menos declivosas e alta taxa de pedregosidade. Os patamares possuem relevo suave a forte ondulado (declividade entre 3 e 45%), com ocorrência de solos mais desenvolvidos como Argissolos e Cambissolos, sempre associados com Neossolos. As encostas ocorrem abaixo das escarpas e entre patamares descontínuos, com declividade menor que das escarpas e maior do que as coxilhas e os patamares. Nas escarpas predominam solos rasos como os Neossolos Regolíticos e Neossolos Litólicos associados à Cambissolos Háplicos, com forte pedregosidade e rochosidade. Por fim, as coxilhas de sopé ocorrem na porção inferior do rebordo do Planalto Meridional, apresentando relevo ondulado a suave ondulado, com a presença de solos mais profundos como Argissolos e solos rasos como Neossolos e Cambissolos (PEDRON; DALMOLIN, 2011).

Percebe-se que nas áreas mais declivosas predominam os Neossolos, algumas vezes associados à Cambissolos Háplicos. Os Neossolos são, geralmente,

pouco profundos e possuem contato lítico relativamente próximo à superfície. Muitas dessas condições são observadas em áreas similares a do Parque Estadual da Quarta Colônia, onde predominam relevo ondulado a montanhoso e ocorrem os Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos, muitas vezes associados à pedregosidade e rochiosidade. Os Neossolos Litólicos apresentam contato lítico, ou seja, camada de rocha inalterada ou pouco alterada, dentro de 50 cm da superfície, enquanto nos Neossolos Regolíticos, o contato lítico ocorre em profundidade superior a 50 cm. (PEDRON; DALMOLIN, 2011; MARCUZZO, 2012).

A altitude da área de estudo variou entre 85 m e 372 m, englobando relevo ondulado a escarpado. A seguir constam características edáficas enfatizadas para três posições do morro: inferior - áreas localizadas nas cotas de menores altitudes; intermediária - altitudes intermediárias; e superior - maiores altitudes. A profundidade média do solo foi menor na porção superior do morro (0,35 m) e maior na porção inferior do morro (1,04 m), em cotas de altitude inferiores e em relevo ondulado (8-20%) ou fortemente ondulado (20-45%). A maior parte das parcelas englobou relevo com declividade superior a 45%, principalmente em áreas mais próximas ao topo do morro, onde a superfície do solo foi predominantemente muito ou extremamente pedregosa (Apêndice A).

3.2.2 Clima

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa (Subtropical), com temperatura média entre 18° e 20° C. As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano para toda a região do rebordo do Planalto Meridional, variando entre 60 mm e 140 mm nos meses de verão, outono e inverno, sendo que na primavera ocorrem os maiores volumes de precipitação 320 mm. A precipitação pluviométrica média anual é próxima de 1.800 mm (FERRAZ; ROBERTI, 2011; WREGGE et al., 2011; ALVARES et al., 2013).

3.2.3 Vegetação

A vegetação do Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC) pertence à região fitoecológica Floresta Estacional Decidual (IBGE, 2012), também denominada por

Schumacher et al. (2011) como Floresta Estacional Subtropical, além outras denominações. Diante da variedade de denominações para a mesma floresta, nesta pesquisa optou-se pela denominação Floresta Estacional Decidual, adotada pelo Sistema de Classificação da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012).

A floresta do PEQC é caracterizada pela presença de vários estádios sucessionais, devido ao uso da terra para produção agrícola, anteriormente à desapropriação das áreas (MARCUIZZO, 2012). Tal situação reflete as condições da área de estudo da presente pesquisa.

Em uma área do PEQC onde o desenho amostral englobou 3,0 ha de floresta e a superfície amostral foi de 0,24 ha, Marcuzzo (2012) encontrou como principais espécies *Actinostemon concolor* (Spreng.) Müll.Arg., *Allophylus edulis* (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk., *Casearia sylvestris* Sw., *Cordia americana* (L.) Gottschling & J.S.Mill., *Cupania vernalis* Cambess., *Nectandra lanceolata* Nees, *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez, *Ocotea puberula* (Rich.) Nees e *Trichilia claussoni* C.DC.

3.3 Desenho amostral

O desenho amostral da pesquisa seguiu basicamente a estrutura proposta no projeto “Recuperação e enriquecimento de áreas alteradas nas margens de cursos d’água na Região Central do Rio Grande do Sul, com base em material genético superior”, executado pelo Laboratório de Silvicultura e Viveiro Florestal do Departamento de Ciências Florestais (DCFL), Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), por meio de um convênio entre a UFSM e a Caixa Econômica Federal, agência financiadora do projeto.

Para a amostragem da vegetação foi instalada uma linha base do sentido Sul-Norte, a partir da qual foram instaladas seis linhas paralelas, orientadas no sentido Oeste-Leste e distantes 200 m entre si (Figura 2). A orientação das linhas foi obtida com o uso de uma bússola e de balizas. Essas linhas sistemáticas constituíram o eixo central das parcelas de amostragem do componente arbóreo.

O componente arbóreo foi amostrado em 33 parcelas, com dimensões de 20 m x 20 m, instaladas sobre as linhas sistemáticas, mantendo-se a distância de 130

m entre o fim de uma parcela e o início da outra parcela (Figura 3). A área total amostrada foi de 13.200 m² (1,32 ha). Os vértices das parcelas foram demarcados com canos de pvc de 1 m de comprimento, os quais tiveram a metade superior pintada com tinta amarela para facilitar a visualização na floresta. O limite mínimo de inclusão de um indivíduo no componente arbóreo foi diâmetro à altura do peito (DAP) igual ou maior a 5 cm. Este valor, segundo Siminski, Fantini e Reis (2013), é adequado para a amostragem da vegetação florestal em diferentes estádios de regeneração. A regeneração natural foi amostrada em duas classes: Classe I - indivíduos com $1 \leq \text{DAP} < 5$ cm; e Classe II - indivíduos com altura igual ou maior a 20 cm e $\text{DAP} < 1$ cm.

As sub-parcelas para medição da regeneração natural Classe I foram instaladas dentro de cada parcela de 20 m x 20 m referente ao estrato arbóreo. A Classe I foi amostrada em sub-parcelas de 4 m x 10 m. A Classe II foi amostrada em sub-parcelas de 2,5 m x 4 m, instaladas na porção superior das sub-parcelas de amostragem da Classe I (Figura 3).

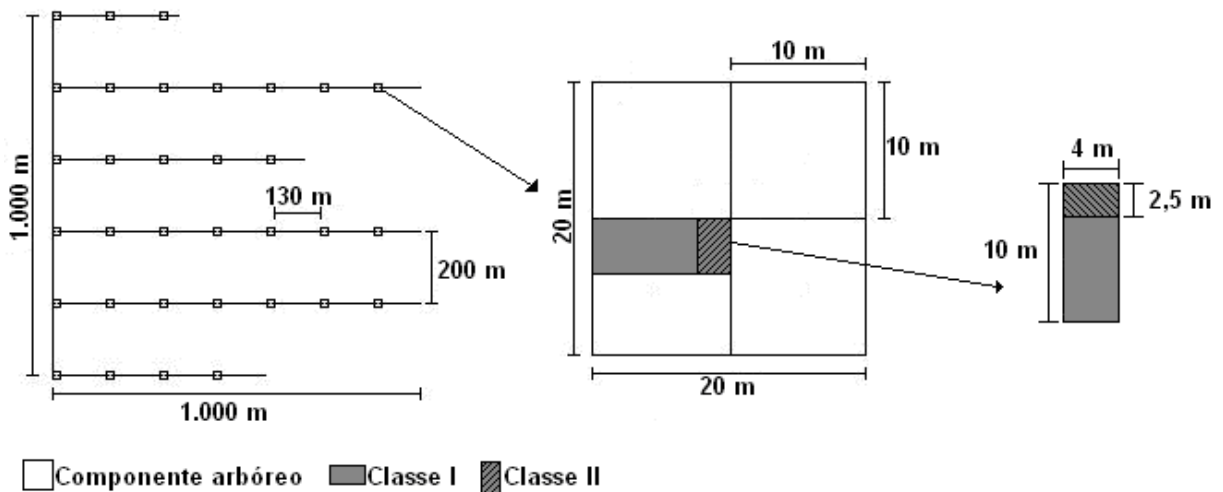


Figura 3 - Esquema gráfico do desenho amostral, incluindo parcelas do estrato arbóreo e parcelas da regeneração natural, no estudo desenvolvido no PEQC, Rio Grande do Sul.

Componente arbóreo: $\text{DAP} \geq 5$ cm; Classe I: $1 \leq \text{DAP} < 5$ cm; Classe II: altura ≥ 20 cm e $\text{DAP} < 1$ cm.

3.4 Dados coletados

3.4.1 Dados bióticos

Dos indivíduos pertencentes ao estrato arbóreo foi medida a circunferência à altura do peito (CAP), obtida no tronco a 1,30 m de altura do solo, e estimada a altura total com auxílio de vara graduada. Todos os indivíduos arbóreos tiveram as suas coordenadas X e Y medidas e foram etiquetados com plaquetas de aço galvanizado contendo o código da árvore.

O inventário do estrato arbóreo foi realizado entre os dias 20 de fevereiro e 8 de dezembro de 2013.

Nas duas classes de regeneração natural, Classe I e Classe II, foi medida a altura total dos indivíduos com auxílio de trena métrica. Das plantas da Classe I também foi medida a CAP com auxílio de trena métrica. Em cada indivíduo regenerante foi presa uma plaqueta de aço galvanizado, contendo o código de identificação. Nos indivíduos que tiveram a CAP medida, foi colocada uma fita plástica, para demarcar o local de medição e permitir que as remedições posteriores fossem realizadas no mesmo local.

A regeneração natural foi inventariada em três ocasiões: a primeira durante o verão de 2014 (março), a segunda no inverno de 2014 (agosto) e a terceira no verão de 2015 (março), completando, assim, um ano de medição. Todos os indivíduos da regeneração natural etiquetados na primeira ocasião foram remedidos nas outras ocasiões, desde que estivessem vivos.

Os indivíduos regenerantes que não foram medidos na primeira ocasião e que atingiram os limites de inclusão estabelecidos, na segunda ou na terceira ocasião, tiveram suas variáveis altura (Classe I e Classe II) e CAP (Classe I) mensuradas.

Nas três ocasiões de medição da regeneração natural foram contabilizados os indivíduos mortos, visando determinar a taxa de mortalidade durante o período de monitoramento.

Conforme Schorn (2005), os indivíduos mensurados na primeira/segunda ocasião e não presentes na segunda/terceira ocasião foram considerados indivíduos mortos.

Os indivíduos mensurados no estrato arbóreo e na regeneração natural que não foram identificados *in loco*, tiveram material botânico coletado para posterior identificação com auxílio de bibliografia e especialistas. A nomenclatura das espécies foi conferida na Lista de Espécies da Flora do Brasil (JBRJ, 2015) e a delimitação das famílias seguiu o sistema de classificação *Angiosperm phylogeny group III* (APG III, 2009).

3.4.2 Dados ambientais (abióticos)

3.4.2.1 Variáveis topográficas

As variáveis topográficas medidas em cada parcela foram: declividade, cota altimétrica e exposição do relevo.

A declividade, obtida em graus, foi medida com um clinômetro digital. Foram obtidas quatro medidas a partir de cada borda da parcela em direção ao centro da parcela (Figura 4A). Essas medidas foram utilizadas para calcular a declividade da linha entre o ponto **a** e o ponto **a'** e a declividade da linha entre o ponto **b** e o ponto **b'** (Figura 4B). Dessa forma, foi determinada como declividade da parcela, a maior declividade calculada.

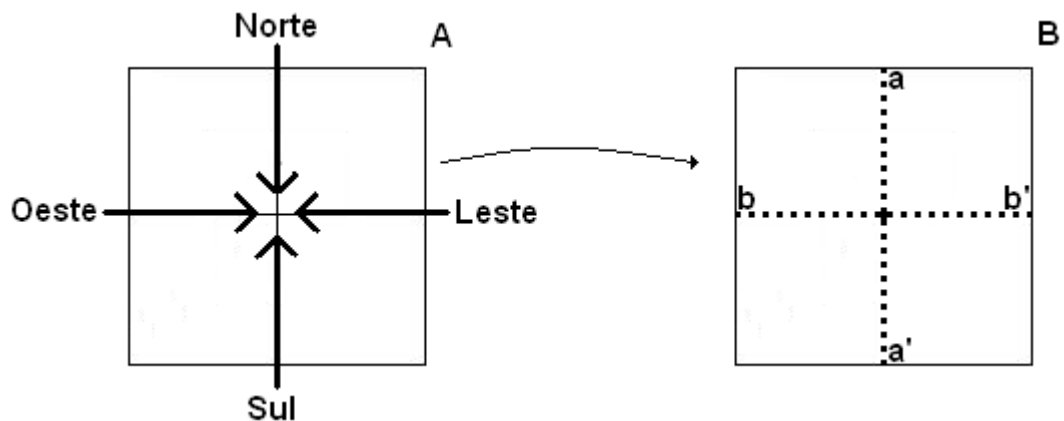


Figura 4 - Esquema de obtenção da declividade.

A cota altimétrica (altitude) foi obtida em metros no centro das parcelas com o *Global Positioning System* (GPS) e *Trex® 30* que possui altímetro barométrico.

A localização meridional da região no Hemisfério Sul, associada à alta declividade, faz com que a face sul do morro tenha menor luminosidade (SCIPIONI, 2008) e a face norte maior luminosidade. Considerando-se esse aspecto, a exposição do relevo foi medida com uma bússola em relação ao norte magnético, variando de 0° a 180° em direção ao norte, onde os valores de 0° e 180° indicam exposição coincidente com o sul e com o norte magnético, respectivamente (Figura 4). Posteriormente, os graus foram transformados em radianos para compor a matriz de dados.

3.4.2.2 Abertura do dossel

A abertura do dossel foi medida com um densiômetro esférico convexo, a norte, sul, leste e oeste, a 1 m do solo, no centro de cada parcela, sempre por um mesmo operador (SCOLARI et al., 2010).

O densiômetro é composto por um espelho convexo, com o seu centro dividido em 24 quadrantes. Cada quadrante foi dividido visualmente em quatro (96 quartos no total) e foram contabilizados quantos quartos não refletiam o dossel (LEMMON, 1957).

Posteriormente, o número total de quartos foi multiplicado por 1,04, para obter o valor da abertura do dossel em porcentagem. Por fim, a abertura do dossel (%) de cada parcela foi obtida pela média aritmética das quatro medidas obtidas nas direções N, S, L e O.

3.4.2.3 Variáveis edáficas

Para a análise química foram coletadas três amostras de solo simples em cada parcela de 20 m x 20 m, sendo uma amostra alocada na sub-parcela de medição da regeneração natural Classe I ($1 \leq \text{DAP} < 5$ cm) e as outras duas

distribuídas aleatoriamente na parcela do estrato arbóreo. As amostras de solo foram coletadas com pá na profundidade de 0-20 cm.

As três amostras coletadas por parcela constituíram amostras compostas que foram enviadas ao Laboratório de Análise de Solos da UFSM e analisadas conforme Tedesco et al. (1995). Nessas análises foram determinados os seguintes elementos: pH água, Ca, Mg, H+Al, CTC efetiva, saturação por bases, índice SMP, % MO, S, P-Mehlich, K, Cu, Zn, B e as relações molares Ca/Mg, (Ca+Mg)/K e $K/(Ca+Mg)^{1/2}$.

A granulometria (% areia, % silte e % argila) foi determinada no Laboratório de Física do Solo pelo método da pipeta, conforme os procedimentos descritos pela EMBRAPA-CNPQ (1997).

A profundidade do solo foi medida com uma haste de metal de 13 mm de espessura e 1,50 m de comprimento. A haste foi pressionada até que atingisse a rocha e o seu valor consistiu no comprimento da haste que ficou para dentro do solo. Foram feitas três medidas por parcela de 20 m x 20 m, sendo os pontos de medição distribuídos em locais que representassem a situação geral da parcela. Os valores obtidos forneceram a profundidade média do solo por parcela.

A pedregosidade superficial foi avaliada visualmente conforme as classes descritas por Santos et al. (2013), em relação à presença superficial de calhaus (2 a 20 cm) e/ou matacões (20 a 100 cm): não pedregosa - ausência de calhaus/matacões; ligeiramente pedregosa - ocorrência esparsamente distribuída, ocupando até 0,1% da superfície do terreno; moderadamente pedregosa - ocupam 0,1 a 3% da superfície do solo; pedregosa - ocupam 3 a 15% da superfície do terreno; muito pedregosa - ocupam 15 a 50% da superfície do terreno; extremamente pedregosa - ocupam 50 a 90% da superfície do terreno; terreno pedregoso - quando os calhaus/matacões ocupam mais de 90% da superfície. Por meio de observações visuais, buscou-se “agrupar” a pedregosidade superficial e determinar qual porcentagem da parcela era coberta por esta pedregosidade. A pedregosidade foi expressa como variável ordinal, atribuindo peso maior para as classes com maior grau de pedregosidade, com os seguintes pesos: 1 - não pedregosa; 2 - ligeiramente pedregosa; 3 - moderadamente pedregosa; 4 - pedregosa; 5 - muito pedregosa; 6 - extremamente pedregosa; e 7 - terreno pedregoso.

A espessura da camada da serapilheira acumulada sobre o solo foi medida com uma régua e consistiu na altura dos detritos vegetais sobre a superfície do solo

no ponto de medição. A análise da serapilheira acumulada se justifica pelo fato de que este elemento pode constituir um limitante na germinação de espécies arbóreas e, segundo Scoriza e Piña-Rodrigues (2013), pode servir como um indicador ambiental, auxiliando na avaliação do estado de conservação de fragmentos e, neste estudo, dos diferentes habitats existentes no trecho de floresta estudado. Em campo, foram obtidas três medidas, sendo o valor da espessura da camada de serapilheira constituído pela média aritmética das três medições.

4 FITOSSOCIOLOGIA DE AGRUPAMENTOS EM FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NO PARQUE ESTADUAL QUARTA COLÔNIA, AGUDO-RS

4.1 Resumo

Objetivou-se, neste estudo, diferenciar a estrutura e a florística de agrupamentos (grupos florísticos) do componente arbóreo de um trecho florestal, no Parque Estadual Quarta Colônia, Agudo-RS. Para amostragem do estrato arbóreo (diâmetro à altura do peito $\geq 5,0$ cm) foram instaladas sistematicamente 33 parcelas de 20 m x 20 m. O Agrupamento II apresentou maiores valores de diâmetro máximo médio (40,0 cm) e de área basal (1,353 m²/parcela= 33,825 m²/ha). No Agrupamento I ocorreram maior riqueza (70 espécies) e diversidade de espécies (3,60 nats/indivíduo). Diferentes espécies apresentaram maior valor de importância (VIR) nos dois ambientes (Agrupamento I: *Nectandra megapotamica*= 8,6% e *Cupania vernalis*= 6,2%; Agrupamento II: *Trichilia claussoni*= 13,3% e *Allophylus edulis*= 6,7%), devido ao grau de dependência de luz. Tal condição foi evidenciada na estrutura horizontal das espécies clímax tolerante à sombra que foi mais desenvolvida no Agrupamento II (densidade= 992,5 indivíduos/ha; dominância= 10,384 m²/ha; VIR= 42,8%), e das pioneiras no Agrupamento I (densidade= 79,5 indivíduos/ha; dominância= 0,713 m²/ha; VIR= 5,0%). Os dois agrupamentos apresentaram distribuição diamétrica exponencial negativa comum às florestas com capacidade de autoregeneração.

Palavras-chave: Estrutura de populações e comunidades. Unidade de Conservação. Sucessão florestal. Grupos ecológicos. Análise de Cluster.

4.2 Abstract

The goal of this research was to differentiate the structure and floristic of clusters of the arboreal component of a forest in Parque Estadual Quarta Colônia, Agudo, RS, Brasil. Thirty-three plots of 20 m x 20 m were systematically installed for the arboreal stratum sampling (diameter at breast height ≥ 5.0 cm). The Cluster II showed the highest average diameter (40.0 cm) and the basal area (1.353 m²/plot= 33.825 m²/ha). The highest richness (70 species) and the species diversity (3.60 nats/ind.) occurred in Cluster I. Different species had the highest importance value in two environments (Cluster I: *Nectandra megapotamica*= 8.6% and *Cupania vernalis*= 6.2%; Cluster II: *Trichilia claussoni*= 13.3% and *Allophylus edulis*= 6.7%), due to the degree of light dependence. This condition was observed in the horizontal structure of climax shade tolerant species that was further developed in the Cluster II (density= 992.5 individuals/ha; dominance= 10,384 m²/ha; VIR= 42.8%) and pioneers species in the Cluster I (density= 79.5 individuals/ha; dominance= 0.713 m²/ha; VIR= 5.0). The two clusters showed negative exponential diameter distribution, common to the forests with self-regeneration capacity.

Keywords: Population and community structure. Conservation Units. Forest succession. Ecological groups. Cluster analysis.

4.3 Introdução

A Floresta Estacional Decidual, considerando seus estádios iniciais, médio e avançado, ocupa 1.176.245 ha, sobressaindo-se como o principal tipo florestal do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL, 2002). Grandes remanescentes deste tipo florestal estão localizados no rebordo do Planalto Meridional (RPM) e se encontram fortemente ameaçados pelo desenvolvimento urbano e rural, necessitando urgentemente de políticas de conservação, visto que apenas uma pequena parte deste tipo florestal é protegida na região, por duas unidades de conservação (KILCA; LONGHI, 2011).

O mosaico sucessional existente em determinadas áreas resulta de um processo dinâmico influenciado, segundo Botezelli (2007) e Durigan (2012), por diferentes fatores como luz, solo, disponibilidade hídrica, presença de clareiras e topografia. Além desses, a interferência antrópica, por meio da fragmentação e da extração seletiva, modifica a estrutura da floresta (DURIGAN, 2012), podendo interferir no processo sucessional. Percebe-se, então, que determinado estágio sucessional ocorrente na floresta pode apresentar composição e estrutura heterogêneas, relacionadas às condições ambientais e perturbações antrópicas.

A ocorrência de estádios sucessionais em uma floresta evidencia a heterogeneidade estrutural e florística, condição observada por Vaccaro, Longhi e Brena (1999). Nos diferentes locais, o processo de sucessão tende a ser diferenciado, uma vez que esse processo resulta das relações entre a vegetação e o ambiente. Neste sentido, o conhecimento de comunidades florestais e de suas possíveis relações com características ambientais, segundo Vaccaro (1997), contribui para o entendimento da fitocenose e pode elucidar aspectos da sucessão natural, sendo essas passíveis de aplicação na restauração ecológica.

Alguns estudos têm objetivado diferenciar comunidades arbóreas de uma floresta por meio de aspectos florísticos e estruturais (e.g: SCIPIONI et al., 2012; SIMINSKI; FANTINI; REIS, 2013). Entre os aspectos florísticos abordados se encontram composição de espécies, diversidade, similaridade e categorias sucessionais das espécies. Em termos estruturais, as comunidades foram comparadas quanto à estrutura horizontal (densidade, frequência, dominância e

valor de importância), estrutura vertical, altura total média e diâmetro à altura do peito (DAP) médio.

No Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC), a presença de mosaico sucessional (MARCUIZZO; ARAUJO; LONGHI, 2013), a ocorrência de clareiras de origem antrópica e a heterogeneidade do relevo indicam que a floresta, possivelmente, apresenta comunidades arbóreas distintas. Neste contexto, a presente pesquisa fornecerá informações sobre os aspectos fitossociológicos das comunidades, podendo subsidiar inferências sobre a sucessão ocorrida na floresta e a elaboração de planos de restauração ecológica para áreas similares.

O presente estudo objetivou diferenciar a estrutura e a florística de agrupamentos (grupos florísticos) do componente arbóreo de um trecho de Floresta Estacional Decidual no Parque Estadual Quarta Colônia, Agudo-RS.

4.4 Material e métodos

O presente estudo foi realizado em um trecho de floresta no Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC), unidade de conservação de proteção integral com área total de 1847,9 ha, cuja sede se localiza nas coordenadas 29°27'36,11" Sul e 53°16'37,07" Oeste, município de Agudo, RS, Brasil. Os limites da área amostrada incluem o reservatório da Usina Hidrelétrica Dona Francisca (UHDF) no rio Jacuí ao Norte e a floresta em diferentes estádios de sucessão ao Oeste, Sul e Leste.

A floresta cobre diferentes compartimentos geomórficos (topo de morro, escarpas, patamares e encostas), com relevo suave ondulado (3 - 8% de declividade) a escarpado (declividade superior a 75%). Predominam na área solos rasos do tipo Neossolo Litólico, no qual o contato lítico (camada de rocha inalterada ou pouco alterada) ocorre dentro de 50 cm da superfície (PEDRON; DALMOLIN, 2011). As cotas de altitude variam desde valores próximos a 100 m até valores superiores a 400 m no topo do morro. O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfa (subtropical), com temperatura média entre 18° e 20° C e precipitação pluviométrica anual próxima de 1800 mm (WREGGE et al., 2011).

A vegetação pertence à região fitoecológica Floresta Estacional Decidual (IBGE, 2012), apresentando diferentes estádios de sucessão, cuja maior parte é constituída pelos estádios médio e avançado de regeneração natural, com áreas pontuais formadas por clareiras e o estágio inicial de regeneração (MARCUIZZO; ARAUJO, LONGHI, 2013).

A coleta de dados foi realizada no período de 20 de fevereiro a 8 de dezembro de 2013. Para a amostragem da vegetação, foram instaladas seis linhas paralelas orientadas no sentido Oeste-Leste, distantes 200 m entre si. Sobre as linhas foram distribuídas sistematicamente 33 parcelas, com dimensões de 20 m x 20 m, mantendo-se a distância de 130 m entre o fim de uma parcela e o início da outra parcela em cada linha (as linhas constituíram o eixo central das parcelas). No total foram amostrados 13.200 m² de floresta (1,32 ha).

Os indivíduos arbóreos com diâmetro à altura do peito (DAP) igual ou maior a 5 cm foram incluídos no estrato arbóreo. Nas parcelas, os indivíduos foram medidos e identificados, e receberam uma plaqueta de aço galvanizado com um código de identificação da árvore. Mediu-se a circunferência à altura do peito (CAP) e se estimou a altura com auxílio de vara graduada.

O material vegetativo dos indivíduos não identificados *in loco* foi coletado para posterior identificação com auxílio de bibliografias e especialistas no Herbário do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria. As espécies foram classificadas dentro das famílias reconhecidas pelo sistema *Angiosperm Phylogeny Group III* (APG III, 2009) e a confirmação ou atualização da nomenclatura científica foi realizada por meio de consulta à Lista de Espécies da Flora do Brasil (JBRJ, 2014).

Foi realizada análise de agrupamento, baseada no número de indivíduos das espécies em cada parcela. Os dados foram organizados em uma matriz com 33 linhas (casos formados pelas parcelas) e 76 colunas (variáveis constituídas pelas 76 espécies amostradas). Para agrupar as parcelas, foi utilizado o método de agrupamento hierárquico aglomerativo, com ligação Ward e a distância Euclidiana quadrática como medida de dissimilaridade, frequentemente empregados em pesquisas (CALLEGARO; LONGHI, 2013; SCIPIONI; GALVÃO; LONGHI, 2013).

O método de ligação Ward foi escolhido por ter gerado um dendrograma que melhor representou a situação encontrada na floresta e a distância euclidiana foi escolhida por ser uma medida muito utilizada quando todas as variáveis são

quantitativas (SEIDEL et al., 2008; VALENTIN, 2012). A análise de agrupamento foi processada no programa *SPSS 13.0 for Windows* (SPSS, 2004).

Aspectos estruturais e florísticos foram analisados para cada agrupamento do componente arbóreo. Além da relação de espécies amostradas, a florística foi descrita por meio dos índices de diversidade de Shannon e de equabilidade de Pielou e pela determinação do grupo sucessional das espécies.

O índice de Shannon gera valores entre 1,5 e 4,5 nats/indivíduo, sendo os valores próximos de 4,5 comuns para florestas tropicais. Quanto maior o valor encontrado, mais diversa é a comunidade avaliada. O índice de Pielou varia de 0 a 1, onde 1 indica máxima equabilidade, isto é, todas as espécies possuem o mesmo número de indivíduos (FELFILI; REZENDE, 2003).

As espécies foram classificadas em três grupos sucessionais (SWAINE; WHITMORE, 1988): Pioneira (P) - são espécies que necessitam de luminosidade solar plena para germinar e para que as plântulas se estabeleçam e cresçam; clímax exigente de luz (CL) - são espécies que podem germinar sob o sombreamento da floresta, mas as plantas jovens necessitam de luz abundante para crescer e atingir o dossel; clímax tolerante à sombra (CS) - são espécies que podem germinar e crescer sob sombreamento, atingindo a maturidade sob o dossel ou no dossel da floresta.

A estrutura horizontal foi caracterizada pelo cálculo dos parâmetros densidade, frequência, dominância e valor de importância (FELFILI; REZENDE, 2003). Para caracterizar a estrutura diamétrica, os indivíduos foram distribuídos em classes de diâmetro com intervalo 10,0 cm e o ajuste da frequência em cada classe foi realizado com base na equação de Meyer (SCHNEIDER; FINGER, 2000).

Os atributos morfométricos (altura e DAP) e estruturais (densidade e área basal), além de densidade e área basal das árvores mortas, foram comparados entre os agrupamentos. Os dados foram obtidos para cada parcela amostral e, no caso da altura e do DAP, foi calculada a média aritmética das quatro árvores de maior altura e de maior diâmetro por parcela. Nas comparações foi aplicado o teste não-paramétrico *Kruskal-Wallis*, com posterior comparação dos postos médios pelo método de *Student-Newman-Keuls*. Para esta análise foi utilizado o programa BioEstat 5.3 (AYRES et al., 2007).

4.5 Resultados e discussão

A análise de agrupamento separou as parcelas amostradas em dois conjuntos, Agrupamento I com 17 parcelas e Agrupamento II com 16 parcelas (Figura 5). A presença de agrupamentos do componente arbóreo foi verificada em outras florestas naturais, por exemplo, por Teixeira et al. (2010), Greff (2012) e Callegaro e Longhi (2013), entre outros, indicando que as florestas apresentaram composição heterogênea.

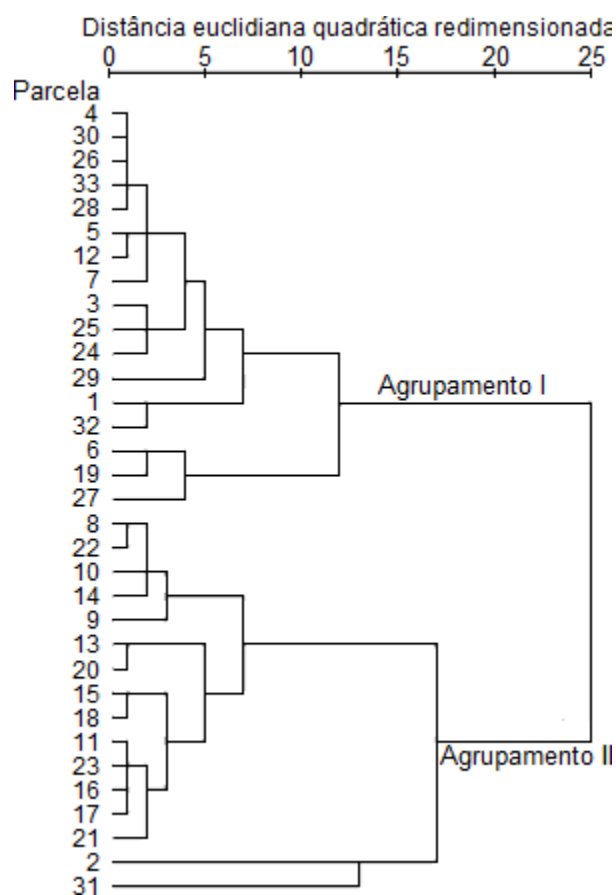


Figura 5 - Dendrograma obtido a partir da análise de agrupamento de parcelas, utilizando-se o método de ligação Ward, de um trecho de Floresta Estacional Decidual no Parque Estadual Quarta Colônia. Agudo, RS, 2013.

A densidade média não diferiu significativamente entre os agrupamentos ($H=0,547$; $p=0,460$). Por sua vez, a dominância média foi maior no Agrupamento II

(1,353 m²/parcela) em comparação ao Agrupamento I (1,028 m²/parcela) ($H= 7,106$; $p < 0,01$) (Tabela 1). A diferença de área basal demonstra, em parte, a influência do estágio sucessional nas respectivas comunidades arbóreas. Tal afirmação é corroborada pela pesquisa de Siminski, Fantini e Reis (2013), que, após avaliar diferentes estágios sucessionais em formações florestais catarinenses, considerou a área basal (m²/ha) como o principal parâmetro para a definição dos estágios.

Tabela 1 - Comparações entre atributos de agrupamentos do componente arbustivo-arbóreo de um trecho de Floresta Estacional Decidual no Parque Estadual Quarta Colônia. Agudo, RS, 2013.

Atributos	Agrup. I	Agrup. II	<i>Kruskal-Wallis</i>		<i>Student-Newman-Keuls</i>			
			<i>H</i>	<i>p</i> *	p.m. Agrup. I	p.m. Agrup. II	dif.	<i>p</i> *
Altura (m)	7,3	7,8	2,347	0,126				
Altura máx. (m)	12,9	14,5	2,750	0,097				
DAP (cm)	12,7	13,6	1,977	0,158				
DAP máx. (cm)	33,5	40,0	7,595	0,006	12,500	21,781	9,281	0,006
Densidade (ind./parcela)	58,4	64,6	0,547	0,460				
Área basal (m ² /parcela)	1,028	1,353	7,106	0,008	12,647	21,625	8,978	0,008
Dens. árv. mortas (ind./parcela)	2,9	3,1	0,048	0,826				
AB árv. mortas (m ² /parcela)	0,035	0,071	2,024	0,155				

Altura máx.: altura total máxima; DAP: diâmetro à altura do peito; DAP máx.: diâmetro à altura do peito máximo; AB árv. mortas: área basal de árvores mortas; *H*: estatística do teste não-paramétrico *Kruskal-Wallis*; *p*: probabilidade obtida no teste; p.m.: posto médio; dif.: diferença entre os postos; *: valores iguais ou menores a 0,05 indicam diferença significativa.

A densidade e a dominância absoluta média das árvores mortas não diferiram nas comparações entre os agrupamentos. A altura média e o DAP médio, que são alguns dos critérios básicos para discriminação de estágios sucessionais na Resolução CONAMA nº 33/1994 (CONAMA, 2012), não foram significativamente diferentes nas comparações.

A altura máxima não foi significativamente diferente entre os agrupamentos ($H= 2,75$; $p= 0,097$), enquanto o DAP máximo foi significativamente maior no

Agrupamento II (40,0 cm) do que no Agrupamento I (33,5 cm) ($H= 7,595$; $p=0,006$). Tais resultados evidenciam que a amplitude de variação do diâmetro, analisada aqui como o DAP máximo, é uma ferramenta útil para diferenciação estrutural de comunidades arbóreas.

Em relação à composição florística, constatou-se que os 993 indivíduos vivos (1460 indivíduos/ha) amostrados no Agrupamento I pertencem a 70 espécies e 29 famílias botânicas, incluindo as duas espécies exóticas amostradas (*Psidium guajava* L. e *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth). No Agrupamento II, foram amostrados 1.033 indivíduos vivos (1614 indivíduos/ha), pertencentes a 59 espécies e 25 famílias botânicas. Considerando os dois agrupamentos, foram encontradas 29 famílias botânicas e 76 espécies, das quais 53 espécies ocorreram nos dois agrupamentos, 17 foram exclusivas do Agrupamento I e 6 exclusivas do Agrupamento II (Tabela 2).

O número de espécies amostradas em cada agrupamento e na floresta como um todo foi similar ou superior aos valores encontrados em outras florestas do rebordo do Planalto Meridional: Longhi et al. (2000) (64 espécies e 31 famílias; área amostral= 0,32 ha), Santa Maria-RS, Scipioni et al. (2010) (60 espécies e 28 famílias; área amostral= 1,12 ha) em São Martinho da Serra-RS; e Marcuzzo, Araujo e Longhi (2013) (48 espécies e 21 famílias; área amostral= 0,24 ha) em Agudo-RS.

A diversidade foi maior no Agrupamento I (Shannon= 3,60 nats/indivíduo; Pielou= 0,85) do que no Agrupamento II (Shannon= 3,09 nats/indivíduo; Pielou= 0,76). Os dois agrupamentos e a floresta em geral (Shannon= 3,58 nats/ind.; Pielou= 0,83) apresentaram diversidade e equabilidade similares aos estimados por Scoti (2012) (Shannon= 3,41 nats/indivíduo; Pielou= 0,84), Scipioni, Galvão e Longhi (2013) (Shannon= 3,52 nats/indivíduo) e Marcuzzo, Araujo e Longhi (2013) (Shannon= 3,00 nats/indivíduo; Pielou= 0,78) em Florestas Estacionais Deciduais no Rio Grande do Sul.

A maior riqueza e diversidade do Agrupamento I, em comparação ao Agrupamento II, foi ocasionada pela ocorrência de mais espécies pioneiras e clímax exigente de luz no Agrupamento I, podem estar relacionadas à presença de clareiras, características observadas, durante a realização do inventário, na maior parte das parcelas do Agrupamento I (12 parcelas com clareiras grandes ou originadas da queda de árvores e 5 parcelas sem clareiras). Essas características aumentam a luminosidade incidente sobre o solo (MARTINS; MIRANDA NETO;

RIBEIRO, 2012), favorecendo, assim, a regeneração e, posteriormente, o ingresso no estrato arbóreo de espécies mais dependentes de luz.

Tabela 2 - Estrutura horizontal de agrupamentos do componente arbustivo-arbóreo de um trecho de Floresta Estacional Decidual no Parque Estadual Quarta Colônia. Agudo, RS, 2013.

ESPÉCIE	AI			AII			GS
	DA	DoA	VIR	DA	DoA	VIR	
<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll.Arg.	1,5	0,005	0,1	128,1	0,607	4,1 ^{VI}	CS ¹
<i>Aiouea saligna</i> Meisn.				1,6	0,009	0,2	CS ²
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	1,5	0,003	0,1	1,6	0,085	0,2	CL ¹
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	89,7	1,049	4,8 ^{VI}	123,4	2,687	6,7 ^{II}	CL ¹
<i>Annona neosalicifolia</i> H.Rainer	13,2	0,065	1,0	20,3	0,347	1,5	CL ¹
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	4,4	0,018	0,4	17,2	1,727	2,7	CL ²
<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	26,5	0,192	2,0	10,9	0,320	1,0	CL ²
<i>Banara tomentosa</i> Clos	5,9	0,032	0,5	25,0	0,323	1,8	CS ¹
<i>Boehmeria caudata</i> Sw.	7,4	0,030	0,4				P ³
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	20,6	0,149	1,0	12,5	1,224	2,0	CL ⁴
<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg.	7,4	0,022	0,7				CL ⁵
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	16,2	0,073	1,1	10,9	0,525	1,4	CS ¹
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	7,4	0,045	0,5	3,1	0,025	0,3	CS ¹
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	83,8	0,579	3,8	28,1	0,503	2,1	CL ¹
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	8,8	0,105	0,7	6,3	0,556	1,0	CL ²
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	1,5	0,010	0,2				P ¹
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.	14,7	0,281	1,2	18,8	0,374	1,6	CS ¹
<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	10,3	0,080	0,7	9,4	0,410	1,2	CL ¹
<i>Citronella paniculata</i> (Mart.) R.A.Howard	5,9	0,083	0,5	4,7	0,099	0,3	CS ⁶
<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.S.Mill.	50,0	1,569	4,4	45,3	0,838	2,5	CL ⁴
<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	7,4	0,038	0,6	3,1	0,119	0,4	CL ²
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	29,4	0,629	2,0	6,3	0,736	1,3	CL ²
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	130,9	1,213	6,2 ^{II}	45,3	1,261	3,1	CL ¹
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	4,4	0,009	0,3				CL ¹
<i>Diospyros inconstans</i> Jacq.	54,4	0,441	3,0	26,6	0,393	1,9	CL ¹
<i>Erythrina falcata</i> Benth.				1,6	0,053	0,2	CS ³
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	2,9	0,014	0,2	4,7	0,023	0,5	CS ⁶
<i>Eugenia rostrifolia</i> D.Legrand				32,8	1,073	2,4	CS ⁷
<i>Eugenia</i> sp.				1,6	0,004	0,2	Nc
<i>Eugenia uniflora</i> L.	1,5	0,020	0,2	10,9	0,086	0,7	CL ¹
<i>Ficus luschnathiana</i> (Miq.) Miq.	41,2	0,781	2,3	9,4	0,837	1,7	CL ¹
<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	5,9	0,029	0,3				CL ¹

ESPÉCIE	AI			AII			GS
	DA	DoA	VIR	DA	DoA	VIR	
<i>Helietta apiculata</i> Benth.	2,9	0,018	0,3	9,4	0,656	1,3	CL ⁴
<i>Hybanthus bigibbosus</i> (A.St.-Hil.) Hassl.	1,5	0,024	0,2	1,6	0,003	0,2	CL ⁸
<i>Inga marginata</i> Willd.	7,4	0,118	0,7	1,6	0,006	0,2	CL ³
<i>Inga vera</i> Willd.	1,5	0,014	0,2				CL ¹
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	2,9	0,016	0,2				CL ⁴
<i>Lonchocarpus</i> cf. <i>nitidus</i> (Vogel) Benth.	107,4	1,778	5,7 ^{IV}	4,7	0,285	0,7	nc
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	7,4	0,454	1,0	1,6	0,086	0,2	CL ¹
<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	55,9	0,497	3,1	12,5	0,681	1,6	CL ¹
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	4,4	0,029	0,4				CL ⁶
<i>Manihot grahamii</i> Hook.	8,8	0,044	0,6				P ³
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	23,5	0,179	1,5	7,8	0,482	1,1	CL ¹
<i>Maytenus aquifolia</i> Mart.	4,4	0,016	0,2	1,6	0,003	0,2	CS ²
<i>Myrcianthes pungens</i> (O.Berg) D. Legrand	5,9	0,050	0,4	18,8	0,183	1,3	CS ⁶
<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão	4,4	0,027	0,4	9,4	0,552	1,3	CL ²
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	32,4	0,306	1,8	12,5	0,421	1,3	CL ¹
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	95,6	3,893	8,6 ^I	32,8	3,698	5,5 ^{III}	CL ¹
NI	11,8	0,415	1,2	4,7	0,110	0,4	nc
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	47,1	1,562	4,0				CL ¹
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	58,8	1,716	5,1 ^V	28,1	1,149	2,4	CL ²
<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	1,5	0,004	0,1				CL ⁷
<i>Phytolacca dioica</i> L.	10,3	3,802	5,8 ^{III}	6,3	0,714	1,1	CL ⁶
<i>Picrasma crenata</i> (Vell.) Engl.	14,7	0,096	1,1	9,4	0,207	1,0	CS ⁶
<i>Pisonia zapallo</i> Griseb.	1,5	0,379	0,6	1,6	0,018	0,2	CL ³
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	17,6	0,015	0,9	12,5	0,517	1,3	CL ¹
<i>Psidium guajava</i> L.	2,9	0,011	0,3				P
<i>Randia ferox</i> (Cham. & Schltdl.) DC.	13,2	0,061	1,0	6,3	0,064	0,5	CL ⁷
<i>Roupala montana</i> Aubl.	4,4	0,072	0,3				CL ³
<i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisn.	19,1	0,103	0,9	28,1	0,757	2,0	CL ¹
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong				3,1	0,095	0,4	P ²
<i>Schaefferia argentinensis</i> Speg.	1,5	0,004	0,1	1,6	0,003	0,2	CS ⁷
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	54,4	0,401	2,3	139,1	1,235	5,3 ^{IV}	CS ⁴
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. Sm. & Downs	30,9	0,242	1,4	15,6	0,232	0,9	CL ⁵
<i>Seguiera aculeata</i> Jacq.	2,9	0,016	0,3	10,9	0,094	1,1	CL ²
<i>Sideroxylon obtusifolium</i> (Roem. & Schult.) T.D.Penn.	1,5	0,004	0,1				CL ¹
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C. Burger et al.	14,7	0,077	0,8	159,4	0,779	5,2 ^V	CS ¹
<i>Strychnos brasiliensis</i> Mart.	7,4	0,018	0,4				P ⁶
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	35,3	0,743	3,0	14,1	0,457	1,4	CL ¹
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	35,3	0,509	2,1				P
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	5,9	0,028	0,4				P ¹
<i>Trichilia claussenii</i> C.DC.	14,7	0,253	1,1	343,8	4,535	13,3 ^I	CS ¹
<i>Trichilia elegans</i> A.Juss.	13,2	0,040	0,9	87,5	0,328	3,5	CS ¹
<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich. ex. Wedd.	10,3	0,063	0,6	4,7	0,056	0,5	P ³
<i>Xylosma pseudosalzmannii</i> Sleumer	4,4	0,024	0,4	9,4	0,113	0,9	CL ³
<i>Zanthoxylum petiolare</i> A. St.-Hil. & Tul.	4,4	0,015	0,3	3,1	0,029	0,3	CL ²

ESPÉCIE	AI			AII			GS
	DA	DoA	VIR	DA	DoA	VIR	
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.				1,6	0,028	0,2	CL ²
Somatório	1460	25,700	100	1614	33,818	100	

DA: densidade absoluta (indivíduos/ha); DoA: dominância absoluta (m²/ha); VIR: valor de importância relativo (%); GS: grupo sucessional; P: pioneira; CL: clímax exigente de luz; CS: clímax tolerante à sombra; nc: não classificada; 1: Scipioni, Galvão e Longhi (2013); 2: Santos, Budke e Muller (2012); 3: Grings e Brack (2009); 4: Lindenmaier e Budke (2006); 5: Catharino et al. (2006); 6: Vaccaro, Longhi e Brena (1999); 7: Jacomassa (2010); 8: observação *in loco*; I, II, III, IV, V e IV: espécies mais importantes de cada agrupamento.

As espécies com estrutura horizontal mais desenvolvida do Agrupamento I, em ordem decrescente foram *Nectandra megapotamica* (VIR= 8,6%), *Cupania vernalis* (6,2%), *Phytolacca dioica* (5,8%), *Lonchocarpus* cf. *nitidus* (5,7%), *Parapiptadenia rigida* (5,1%) e *Allophylus edulis* (4,9%). No Agrupamento II, as espécies *Trichilia claussoni* (13,4%), *Allophylus edulis* (6,8%), *Nectandra megapotamica* (5,6%), *Sebastiania brasiliensis* (5,4%), *Sorocea bonplandii* (5,3%) e *Actinostemon concolor* (4,1%) apresentaram os maiores VIR (Tabela 2). Resultados semelhantes foram observados por Scoti (2012), Scipioni et al. (2012) e Marcuzzo, Araujo e Longhi (2013) em remanescentes florestais no rebordo do Planalto Meridional ou nos arredores, onde as espécies *Allophylus edulis*, *Cupania vernalis*, *Nectandra megapotamica*, *Parapiptadenia rigida*, *Sorocea bonplandii* e *Trichilia claussoni* estiveram entre as principais espécies do dossel. Percebe-se que as espécies citadas acima apresentam estrutura horizontal desenvolvida em outras áreas de Floresta Estacional Decidual, sendo características dessa tipologia florestal.

No Agrupamento I, as principais espécies foram clímax exigentes de luz, enquanto que no Agrupamento II houve maior importância de espécies clímax tolerantes à sombra (*Trichilia claussoni*, com maior VIR, e as espécies *Sebastiania brasiliensis*, *Sorocea bonplandii* e *Actinostemon concolor* com elevados VIR), evidenciando que a dependência de luz das espécies arbóreas influenciou a diferenciação das comunidades arbóreas dos agrupamentos. Esse resultado indica que a floresta englobada pelo Agrupamento II foi mais próxima de uma floresta madura.

Além dos diferentes regimes de luz, condições edáficas e topográficas possivelmente influenciaram a estrutura atual da floresta estudada. Esta situação foi

observada por Scipioni et al. (2012) e Marcuzzo, Araujo e Longhi (2013), onde os autores encontraram correlação negativa da abundância de *Cupania vernalis* com a declividade, sendo o contrário observado para a espécie *Trichilia claussoni*, correlacionada positivamente com áreas mais declivosas e presença de pedregosidade superficial. Tais fatores ambientais, por estarem correlacionados à abundância, também tendem a determinar a estrutura.

Em relação à *Nectandra megapotamica*, Scipioni et al. (2010) consideraram que a espécie foi mais abundante nas porções intermediárias do relevo atribuindo à espécie uma ampla distribuição, sem preferência por solos. Tal condição indica que o amplo estabelecimento de *Nectandra megapotamica* no Agrupamento I (principal espécie) e no Agrupamento II (terceira espécie em nível de importância) decorreu da ausência de fatores ambientais limitantes.

A dependência maior ou menor de luz (tolerância à sombra) de algumas espécies pode ter determinado as variações estruturais entre os ambientes. Citam-se como exemplos as espécies pioneiras, que apresentaram valores acumulados dos parâmetros da estrutura horizontal expressivamente maiores no Agrupamento I ($\Sigma DA = 79,5$ indivíduos/ha; $\Sigma DoA = 0,713$ m²; $\Sigma VIR = 5,0\%$) em comparação ao Agrupamento II ($\Sigma DA = 7,8$ indivíduos/ha; $\Sigma DoA = 0,151$ m²/ha; $\Sigma VIR = 0,9\%$), além de ocorrerem em maior número no Agrupamento I (P: 8 espécies; CL: 46 espécies; CS: 15 espécies) em comparação ao Agrupamento II (P: 2 espécies; CL: 37 espécies; CS: 18 espécies). De maneira análoga, as espécies clímax tolerante à sombra apresentaram valores estruturais diferentes na comparação entre o Agrupamento I ($\Sigma DA = 178,0$ indivíduos/ha; $\Sigma DoA = 1,470$ m²/ha; $\Sigma VIR = 11,0$) e o Agrupamento II ($\Sigma DA = 992,5$ indivíduos/ha; $\Sigma DoA = 10,384$ m²/ha; $\Sigma VIR = 42,8\%$). Esses valores evidenciam que os ambientes do Agrupamento II foram favoráveis ao estabelecimento de espécies com maior tolerância à sombra, limitando o estabelecimento das espécies mais dependentes de luz (pioneiras).

As informações relatadas corroboram com a tendência natural de substituição de espécies pioneiras por espécies clímax exigentes de luz ou clímax tolerantes à sombra, à medida que avança o processo de sucessão. Esse fato foi constatado por Vaccaro, Longhi e Brena (1999) em uma Floresta Estacional Decidual, onde os autores, após avaliarem fases sucessionais, concluíram que existe substituição gradativa das categorias sucessionais à medida que o processo de sucessão evolui, quando as espécies tolerantes à sombra passam a ter um papel importante na

comunidade. A partir dessas informações, infere-se que no Agrupamento II, formado por comunidades arbóreas mais maduras, há maior probabilidade de ocorrer o ingresso de espécies clímax no estrato arbóreo.

A estrutura horizontal mais desenvolvida das espécies pioneiras no Agrupamento I indica que a estrutura dos agrupamentos foi influenciado, em parte, pelo estágio sucessional e efeito de borda. Evidências dessa condição foram observadas em parcelas do Agrupamento I, por exemplo, clareiras originadas de desmatamento, com domínio de espécies gramíneas, bordadura com árvores inclinadas, retorcidas e baixas e abundância de espécies exóticas, principalmente *Tecoma stans*, que ocorreram apenas em parcelas do Agrupamento I.

Conforme Martins, Miranda Neto e Ribeiro (2012), as clareiras geram alterações ambientais na floresta e a sua colonização por espécies de diferentes grupos sucessionais tende a ser influenciada pelas respostas ecofisiológicas de espécies da área a essas alterações na forma de banco de plântulas, banco de sementes do solo ou de indivíduos remanescentes, além de espécies migrantes de áreas circundantes. Os autores também relatam que fatores fisiográficos interferem na regeneração de espécies arbustivo-arbóreas e contribuem para que a sucessão florestal seja variável. Por exemplo, a exposição norte do relevo proporciona maior luminosidade sobre o solo da floresta, podendo interferir na regeneração de espécies conforme seu grau de dependência de luz.

Ressalta-se que os atributos comparados entre os agrupamentos não mostraram a distinção clara de dois estádios sucessionais. No entanto, as diferenças estruturais de espécies pioneiras e clímax exigente de luz, entre os dois agrupamentos, indicam que a estrutura e a florística das respectivas comunidades arbóreas foram influenciadas pelo estágio sucessional de determinados locais, como clareiras e bordadura.

Na comparação de parâmetros estruturais de *Trichilia clauseni* entre o Agrupamento II (VI= 13,3%; DA= 343,8 indivíduos/ha; DoA= 4,535 m²/ha) e o Agrupamento I (VI= 1,1%; DA= 14,7 indivíduos/ha; DoA= 0,253 m²/ha), ficou explícita a plena adaptação da espécie aos ambientes do Agrupamento II, devido, possivelmente, à presença de melhores condições de sombreamento (espécie clímax tolerante à sombra (SCIPIONI; GALVÃO; LONGHI, 2013) e à boa adaptação da espécie aos terrenos declivosos e pedregosos, predominantes no Parque

Estadual Quarta Colônia, relação observada por Scipioni et al. (2009), em outra floresta no rebordo do Planalto Meridional.

A espécie *Trichilia claussenii*, no Agrupamento II, e as outras espécies mais representativas dos dois agrupamentos (*Allophylus edulis*, *Cupania vernalis* e *Nectandra megapotamica*), segundo Grings e Brack (2009), são zoocóricas (dispersas por animais), indicando que esta estratégia de dispersão foi eficaz na disseminação pretérita de propágulos dessas espécies, por conseguinte, contribuiu para a ocorrência das espécies em sítios favoráveis ao seu estabelecimento e desenvolvimento.

A distribuição diamétrica dos Agrupamentos apresentou tendência à exponencial negativa (Figura 6), indicando que a floresta nos dois ambientes tem capacidade de autoregeneração e de manutenção dos valores atuais de densidade, devido ao equilíbrio entre taxas de recrutamento e mortalidade (NASCIMENTO; FELFILI; MEIRELLES, 2004), condição observada em outras florestas do Rebordo do Planalto (LONGHI et al., 1999; CALLEGARO et al., 2012a). Esse padrão de distribuição diamétrica (exponencial negativa) tem como principal característica a maior concentração de indivíduos nas primeiras classes (5,0 l-- 15,0 cm; 15,0 l-- 25,0 cm), observando-se no presente estudo 93,0% para o Agrupamento I e 89,6% para o Agrupamento II, seguida do decréscimo gradativo da densidade de árvores por classe.

As densidades absolutas observadas apresentaram um bom ajuste pela equação de Meyer (Agrupamento I: $R^2 = 99,5\%$; Agrupamento II: $96,8\%$), reforçando a afirmação de que as comunidades arbóreas avaliadas se encontravam em equilíbrio.

As três principais espécies de cada agrupamento também apresentaram decréscimo gradativo da densidade de indivíduos da primeira classe para as classes subsequentes, indicando uma tendência à distribuição diamétrica exponencial negativa. Essa característica não foi observada apenas para a população de *Nectandra megapotamica* no Agrupamento II.

A distribuição diamétrica da espécie *Trichilia claussenii* apresentou a forma mais similar à distribuição exponencial negativa, uma condição que evidencia a manutenção da espécie no dossel da floresta em um futuro próximo. Em contraponto, a população de *Nectandra megapotamica* não apresentou distribuição exponencial negativa, possuindo poucos indivíduos nas menores classes de

diâmetro (5,0 l-- 15,0 cm; 15,0 l-- 25,0 cm), evidenciando a instabilidade da população (DURIGAN, 2012). Conforme Paula et al. (2004), uma distribuição diamétrica interrompida ou truncada (irregular) revela que o ciclo de vida da espécie não está completando. Dessa forma, a tendência é que a população de *Nectandra megapotamica* tenha uma diminuição da densidade de indivíduos ou desapareça da floresta do Agrupamento II. Tal condição pode ter sido ocasionada pelo menor aporte de diásporos desta espécie em sítios do Agrupamento II e pela dificuldade de estabelecimento de plântulas, aspectos que conseqüentemente influenciariam no recrutamento de árvores.

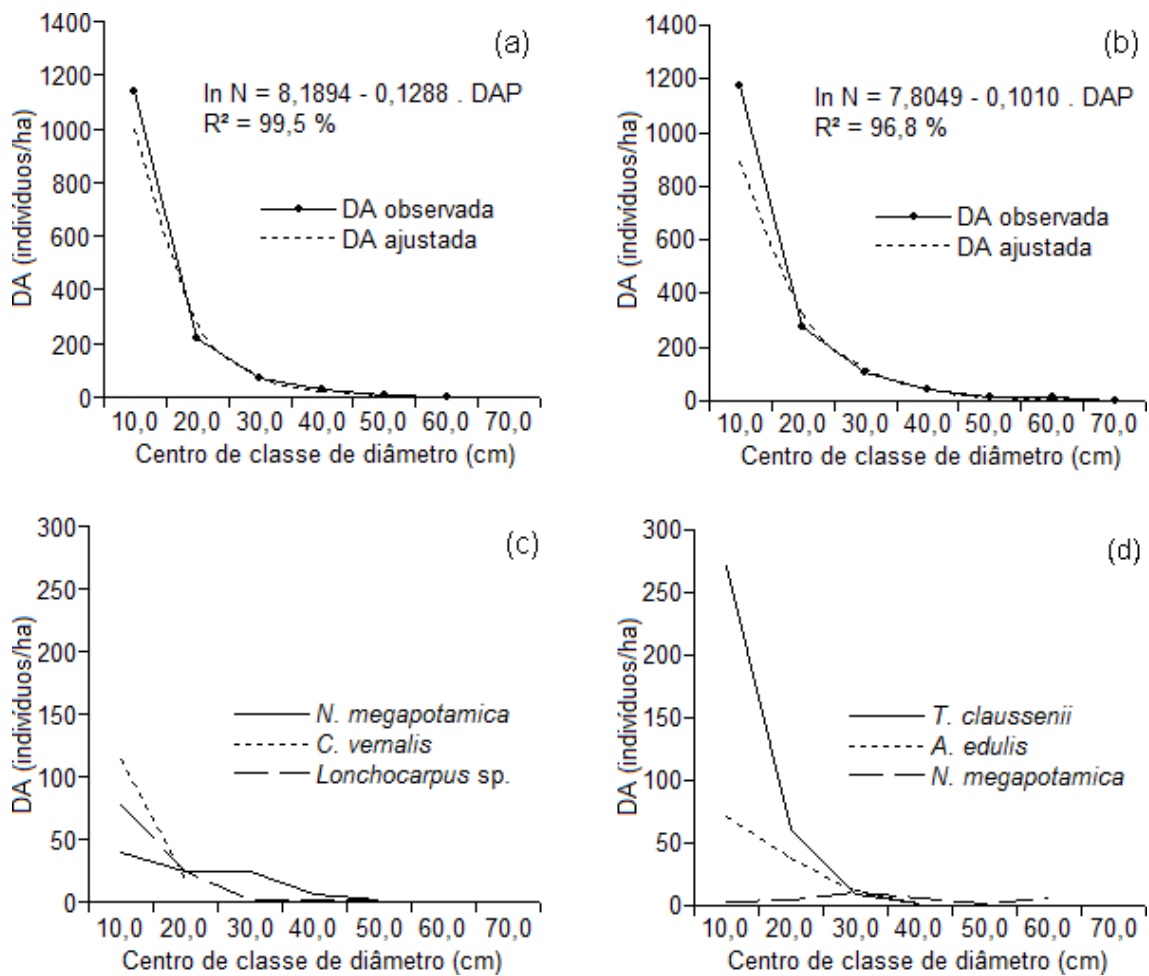


Figura 6 - Distribuição diamétrica do componente arbóreo do Agrupamento I (Figura 2a) e Agrupamento II (Figura 2b), das principais espécies do Agrupamento I (Figura 2c) e das principais espécies do Agrupamento II (Figura 2d) de um trecho do Parque Estadual Quarta Colônia. Agudo, RS, 2013.

DA: densidade absoluta; DAP: diâmetro à altura do peito.

Os aspectos fitossociológicos observados nos agrupamentos, apesar de não permitirem separar os agrupamentos em dois estádios sucessionais (Estádio Médio e Estádio Avançado de Regeneração), indicam que o Agrupamento II apresentou estrutura e florística mais próximas de floresta madura. Essa característica foi evidenciada por aspectos como a maior riqueza florística e estrutura fitossociológica mais desenvolvida de espécies pioneiras no Agrupamento I, enquanto houve maior riqueza e estrutura mais desenvolvida de espécies clímax tolerantes à sombra, e maior área basal do componente arbóreo no Agrupamento II.

4.6 Conclusões

Os agrupamentos do componente arbóreo são diferentes em termos estruturais e florísticos, destacando-se que as espécies pioneiras e as espécies clímax tolerante à sombra apresentam estrutura fitossociológica mais desenvolvida no Agrupamento I e no Agrupamento II, respectivamente.

As espécies *Nectandra megapotamica* e *Cupania vernalis* são as mais representativas em termos estruturais do Agrupamento I e as espécies *Trichilia claussoni* e *Allophylus edulis* as mais representativas do Agrupamento II, evidenciando a seletividade ambiental dos agrupamentos.

5 ESTRUTURA E DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS E ARBUSTIVAS EM UMA FLORESTA ESTACIONAL NO REBORDO DO PLANALTO MERIDIONAL

5.1 Resumo

A distribuição de espécies arbóreas e arbustivas está relacionada a diferentes condições ambientais. Neste estudo, objetivou-se definir as principais espécies do estrato arbóreo e da regeneração natural e determinar as variáveis ambientais relacionadas com a abundância das espécies, em uma floresta estacional no rebordo do Planalto Meridional, Agudo-RS. A amostragem do estrato arbóreo (diâmetro à altura do peito (DAP) $\geq 5,0$ cm) foi realizada em 33 parcelas instaladas sistematicamente na área. Dentro de cada parcela foram instaladas subunidades para medição da regeneração natural: Classe I ($1 \leq \text{DAP} < 5$ cm) e Classe II (altura ≥ 20 cm e DAP < 1 cm). As espécies estruturalmente mais representativas do componente arbóreo foram *Trichilia claussoni*, *Nectandra megapotamica* e *Allophylus edulis* e da regeneração natural foram *Trichilia elegans*, *Cupania vernalis* e *Actinostemon concolor*. As variáveis ambientais foram relacionadas de maneira distinta com os compartimentos de vegetação analisados. Espécies do estrato arbóreo apresentaram distribuição relacionada com relevo, propriedades químicas e textura do solo e características do dossel, das quais apenas a textura do solo não teve relação com as espécies da regeneração natural.

Palavras-chave: Relação ambiente-vegetação. Fatores ecológicos. Dados multivariados. Análise de correspondência. Floresta Estacional Decidual.

5.2 Abstract

The distribution of arboreal and shrub species is related to different environmental conditions. The goal of this study was to determine the main species of arboreal stratum and natural regeneration, and environmental variables related with the species abundance in topographic gradients in edge of Southern Plateau, Agudo, RS, Brazil. Thirty-three plots of 20 x 20 m were systematically installed for the arboreal stratum sampling (Diameter at Breast Height (DBH) ≥ 5.0 cm). In each plot, the natural regeneration Class I ($1 \leq \text{DBH} < 5$ cm) and Class II (height ≥ 20 cm and DAP < 1 cm) were measured. The species with more developed structure in natural regeneration was *Trichilia elegans*, *Cupania vernalis* and *Actinostemon concolor*; and *Trichilia claussoni*, *Nectandra megapotamica* and *Allophylus edulis* in arboreal component. The environmental variables were related with vegetation compartments analyzed differently. The species of arboreal component showed association with relief, chemical and textural properties of soil and canopy characteristics, of which only the texture was not related to the natural regenerating species.

Keywords: Relations environment-vegetation. Ecological factors. Multivariate data. Correspondence analysis. Deciduous Seasonal Forest.

5.3 Introdução

O rebordo do Planalto Meridional no Rio Grande do Sul é uma região de transição entre o Planalto das Araucárias e a Depressão Central, caracterizada pelo predomínio de relevo com declividade acentuada (PEDRON; DALMOLIN, 2011). Nessa região, as florestas encontram-se distribuídas principalmente em áreas declivosas, onde o terreno acidentado dificultou o avanço da agricultura devido ao impedimento da mecanização agrícola. Todavia, o avanço da urbanização, pecuária e agricultura sobre os remanescentes florestais de encostas e áreas de preservação permanente ainda é uma realidade (SCIPIONI et al., 2009).

Além dos distúrbios de origem humana, fatores ambientais influenciam o desenvolvimento da vegetação, favorecendo ou limitando a ocorrência das espécies, por conseguinte, a estrutura de populações e comunidades florestais. Esse contexto abrange o Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC), uma área representativa das florestas do rebordo do Planalto Meridional.

O conhecimento da estrutura do componente arbóreo das florestas fornece informações de como as espécies estão arranjas em determinado sítio. Essa análise pode subsidiar a elaboração de modelos de restauração ecológica. Destaca-se que observações sobre variáveis ambientais podem melhorar o entendimento da distribuição e da estrutura de espécies arbóreas, aumentando a eficácia de práticas de intervenção.

Conforme Gama et al. (2003) e Marchesini, Sala e Austin (2009), o entendimento da regeneração natural, referida como a fase inicial de estabelecimento e desenvolvimento das plantas, é de suma importância, uma vez que a regeneração natural do componente arbóreo torna as florestas capazes de se restaurarem após distúrbios naturais ou antrópicos.

Entre os trabalhos realizados no rebordo do Planalto Meridional, três consideraram a distribuição de espécies no estrato arbóreo (SCIPIONI et al., 2010; SICIPIONI et al., 2012; MARCUZZO; ARAUJO; LONGHI, 2013) e dois consideraram a distribuição de espécies regenerantes (SCIPIONI et al., 2009; MARCUZZO; ARAUJO; LONGHI, 2013), dos quais apenas Marcuzzo, Araujo e Longhi (2013) analisaram conjuntamente a estrutura e a distribuição de espécies no estrato arbóreo e na regeneração natural. Entre os resultados obtidos nos trabalhos, foi

constatada a correlação de características edáficas e topográficas (exemplo: química e profundidade do solo, declividade do terreno, pedregosidade, luminosidade) e a abundância de espécies do dossel ou da regeneração natural.

A pesquisa de Marcuzzo, Araujo e Longhi (2013) foi a única realizada na região do Parque Estadual Quarta Colônia que abordou os temas supracitados, em um pequeno trecho de floresta. Tal condição evidencia a necessidade de mais pesquisas que melhorem o conhecimento das relações entre o ambiente e a vegetação nas comunidades florestais da região, principalmente, devido à restrição da área estudada pelos autores.

Nesse contexto, o presente estudo objetivou determinar quais espécies são representativas do componente arbóreo e da regeneração natural e quais variáveis ambientais estão relacionadas com a abundância de espécies arbóreas e arbustivas, em uma Floresta Estacional no rebordo do Planalto Meridional, Agudo, RS, Brasil.

5.4 Material e métodos

5.4.1 Caracterização da área

A área da pesquisa está localizada no Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC), entre as latitudes 29°27'20,2"S e 29°27'54,3"S e as longitudes 53°16'19,6"O e 53°16'55,3"O, município de Agudo, RS, Brasil.

O relevo da área varia de suave (declividade menor que 8%) a escarpado (declividade maior que 75%). Na área predominam os Neossolos Litólicos (PEDRON; DALMOLIN, 2011), muitas vezes associado à pedregosidade superficial do solo. A altitude média da área amostral é 218 m, com altitude mínima de 85 m e máxima de 372 m.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfa (subtropical), com precipitação pluviométrica anual próxima de 1.800 mm (WREGE et al., 2011; ALVARES et al., 2013).

A vegetação pertence ao tipo fitogeográfico Floresta Estacional Decidual (IBGE, 2012), apresentando diferentes estádios de sucessão, com predomínio do

estádio médio e avançado de regeneração natural, com pequenas áreas em estágio inicial (MARCUIZZO; ARAUJO; LONGHI, 2013), além de floresta madura.

5.4.2 Amostragem da vegetação

Foram distribuídas sistematicamente 33 parcelas, com dimensões de 20 m x 20 m (1,32 ha de superfície amostral), em seis faixas paralelas mantendo-se a distância de 200 m entre as faixas e 130 m entre o fim de uma parcela e o início da outra parcela em cada faixa. Os indivíduos de espécies arbustivas, arbóreas e arborescentes com diâmetro à altura do peito (DAP) ≥ 5 cm foram incluídos no componente arbóreo. A coleta de dados do componente arbóreo foi realizada entre os meses de fevereiro e dezembro de 2013.

As parcelas para medição da regeneração foram instaladas dentro de cada parcela de 20 m x 20 m. Foram estabelecidas duas classes de regeneração natural: Classe I - indivíduos de espécies arbustivas, arbóreas e arborescentes com $1 \leq \text{DAP} < 5$ cm, e Classe II - indivíduos com altura (H) ≥ 20 cm e $\text{DAP} < 1$ cm. A Classe I foi amostrada em parcelas de 4 m x 10 m e a Classe II foi amostrada em parcelas de 2,5 m x 4 m. A regeneração natural foi amostrada na primeira quinzena do mês de março de 2014.

Em cada indivíduo do componente arbóreo foi medida a circunferência à altura do peito (CAP) e a altura. Para as duas classes de regeneração natural foi medida a altura dos indivíduos e para a regeneração Classe I também foi medida a CAP.

O material vegetativo dos indivíduos não identificados *in loco* foi coletado para posterior identificação com auxílio de bibliografias e especialistas no Herbário do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Santa Maria. As espécies foram classificadas dentro das famílias reconhecidas pelo sistema *Angiosperm Phylogeny Group III* (APG III, 2009) e a confirmação da nomenclatura científica foi baseada na Lista de Espécies da Flora do Brasil (JBRJ, 2015).

5.4.3 Variáveis ambientais

As variáveis ambientais obtidas incluíram características topográficas, abertura do dossel e características edáficas.

Declividade, cota altimétrica e exposição do relevo foram as variáveis topográficas. A declividade, obtida em graus, foi medida com clinômetro digital. A cota altimétrica (altitude) foi obtida em metros no centro das parcelas com o *GPS eTrex® 30*.

A exposição do relevo foi medida com uma bússola, em graus, em relação ao norte magnético. A localização meridional da região no Hemisfério Sul, faz com que as encostas voltadas ao norte recebem maior luminosidade (OLIVEIRA et al., 1995). Considerando-se esse aspecto, a exposição em graus foi medida de 0° a 180° em direção ao norte. Posteriormente, os graus foram transformados em radianos para compor a matriz de dados.

A abertura do dossel foi medida com um densiômetro esférico convexo, no centro da parcela a 1 m do solo (SCOLARI et al., 2010). Incluiu-se como variável do dossel, a área basal do estrato arbóreo em cada parcela. Ressalta-se que a área basal do componente arbóreo foi utilizada como variável na análise de correspondência canônica (CCA) dos três níveis de inclusão: estrato arbóreo, regeneração natural Classe I e Classe II.

Para análise química do solo, foram coletadas três amostras simples na profundidade de 0-20 cm em cada parcela de 20 m x 20 m, as quais constituíram amostras compostas que foram enviadas ao Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e analisadas conforme Tedesco et al. (1995). Entre os parâmetros determinados encontram-se: pH em água, Ca (cálcio), Mg (magnésio), H+Al (acidez potencial), CTC efetiva (capacidade de troca de cátions), saturação de bases, MO (% de matéria orgânica), S (enxofre), P-Mehlich (fósforo), Cu (cobre), Zn (zinco), B (boro), K (potássio) e relações molares (Ca/Mg, (Ca/Mg)/K e K/ (Ca/Mg)^{1/2}). Conforme Marcuzzo, Araujo e Longhi (2013), uma possível relação de espécies com variáveis de solo diz respeito às características fisiológicas e ecológicas de cada espécie.

A granulometria da fração fina (% areia grossa, % areia fina, % silte, % argila) foi analisada no Laboratório de Física do Solo pelo método da pipeta, conforme os procedimentos descritos pela EMBRAPA-CNPS (1997).

A profundidade do solo foi medida com uma haste de metal de 13 mm de espessura e 1,50 m de comprimento. A haste foi pressionada até que atingisse a rocha e o valor da profundidade consistiu no comprimento da haste que ficou sob o solo. Foram obtidas três medidas por parcela de 20 m x 20 m, as quais forneceram a profundidade média do solo.

A pedregosidade superficial foi avaliada visualmente conforme as classes descritas por Santos et al. (2013), em relação à presença superficial de calhaus (2 a 20 cm) e/ou matacões (20 a 100 cm). A pedregosidade foi expressa como variável ordinal, atribuindo peso maior para as classes com maior grau de pedregosidade, com os seguintes pesos: 1 - não pedregosa; 2 - ligeiramente pedregosa; 3 - moderadamente pedregosa; 4 - pedregosa; 5 - muito pedregosa; 6 - extremamente pedregosa; e 7 - terreno pedregoso.

A espessura da serapilheira acumulada foi medida com trena metálica, resultando da média aritmética de três pontos de medições, realizadas aleatoriamente nas parcelas da regeneração natural.

5.4.4 Análise de dados

Foram calculados os parâmetros da estrutura horizontal (densidade, frequência, dominância e valor de importância) para o componente arbóreo (SOUZA; SOARES, 2013) e para a regeneração natural foi calculada a densidade, frequência, categoria de tamanho e regeneração natural relativa (FINOL, 1971).

As espécies foram classificadas em três grupos sucessionais (SWAINE; WHITMORE, 1988): pioneira (P) - que necessitam de luminosidade solar plena para germinar e para que as plântulas se estabeleçam e cresçam; clímax exigente de luz (CL) - são espécies que podem germinar sob o sombreamento da floresta, mas as plantas jovens necessitam de luz abundante para crescer e atingir o dossel; clímax tolerante à sombra (CS) - são espécies que podem germinar, crescer e reproduzir sob sombreamento, atingindo a maturidade sob o dossel ou no dossel da floresta.

A CCA foi utilizada para correlacionar a distribuição das espécies do estrato arbóreo e da regeneração natural com o gradiente ambiental (FELFILI et al., 2011). Para isso, foram elaboradas duas matrizes de dados: matriz de espécies e matriz de variáveis ambientais. A matriz de dados das espécies foi constituída pela abundância das espécies que apresentaram 10 ou mais indivíduos na amostra total (SCIPIONI et al., 2009). Conforme Oliveira Filho et al. (2004), os valores da abundância das espécies foram transformados pela expressão $\log_{10}(a+1)$, para compensar desvios causados por valores elevados. Inicialmente, a matriz de variáveis ambientais foi composta por todas variáveis medidas. Após a análise preliminar, foram removidas as variáveis com correlação inferior a 0,4 (SCIPIONI et al., 2009; MARCUZZO; ARAUJO; LONGHI, 2013). Algumas variáveis com correlação inferior e próxima a 0,4 foram mantidas na CCA, visando obter mapas bi-dimensionais que apresentassem autovalores maiores que 0,2. Esta condição foi apresentada por Hair Jr. et al. (2009) como requisito para a determinação do número de dimensões a serem mantidas na solução da análise de correspondência. A CCA do estrato arbóreo foi realizada com 33 parcelas, 39 espécies e 12 variáveis ambientais. A CCA da regeneração natural Classe I foi realizada com 30 parcelas, 9 espécies e 8 variáveis ambientais e da Classe II com 32 parcelas, 16 espécies e 13 variáveis ambientais. Algumas parcelas foram excluídas por não possuírem indivíduos das espécies analisadas.

A estrutura da regeneração natural e do estrato arbóreo, e a análise de correspondência canônica foram processados, respectivamente, nos programas Mata Nativa 2 (CIENITEC, 2006) e *PC-ORD for Windows*, versão 4.4 (MCCUNE; MEFFORD, 1999).

5.5 Resultados e discussão

Foram amostrados 2.026 indivíduos no componente arbóreo, pertencentes a 76 espécies e 30 famílias botânicas, e 1.157 indivíduos na regeneração natural, distribuídos em 51 espécies e 26 famílias, na Classe I, e 70 espécies e 32 famílias, na Classe II. Considerando os dois estratos, foram amostradas 99 espécies arbóreas, arbustivas ou arborescentes. Esses valores podem ser considerados

elevados em comparação a outros remanescentes de Floresta Estacional Decidual (FED) (Tabela 3). A elevada riqueza de espécies arbóreas na FED é um aspecto evidenciado pela pesquisa de Schorn et al. (2014). Os autores publicaram resultados do Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina, onde foi constatada a presença de 165 espécies arbóreas regenerantes e 215 espécies no componente arbóreo. Todavia, deve-se considerar que a riqueza de espécies e a estrutura de comunidades florestais podem apresentar singularidades devido à influência de fatores como o histórico de uso, ocorrência de taquaras, condições edáficas e topográficas, entre outros (MARCUIZZO; ARAUJO; LONGHI, 2013; SANTOS; BUDKE; MULLER, 2012; SCIPIONI et al., 2009; VACCARO; LONGHI; BRENA, 1999).

Tabela 3 - Número de espécies e de famílias amostradas em remanescentes de Floresta Estacional Decidual no sul do Brasil.

Pesquisa	Local	Critério de inclusão	SA (ha)	S.	F.
Vaccaro, Longhi e Brena (1999)	Santa Teresa-RS	CAP \geq 10 cm	0,600	73	31
Scipioni et al. (2009)	São Martinho da Serra-RS	5 \leq CAP < 30 cm	0,280	59	28
Hüller et al. (2011)	Santo Ângelo-RS	DAP \geq 10 cm	0,240	35	21
Scoti et al. (2011)	Santa Maria-RS	H \geq 20 cm e DAP < 1cm 1 \leq DAP < 5 cm	0,028 0,175	45 36	25 22
Callegaro et al. (2012b)	Jaguari-RS	H \geq 1,5 m e DAP < 10 cm	0,075	26	16
Santos, Budke e Muller (2012)*	Erechim-RS	H \geq 30 cm e CAP < 15 cm	0,250	75	32
Marcuzzo, Araujo e Longhi (2013)	Agudo-RS	H \geq 30 cm e CAP < 15 cm CAP \geq 15 cm	0,012 0,240	42 48	22 21
Scipioni, Galvão e Longhi (2013)	Rio Pardo-RS	DAP \geq 5 cm	2,000	96	37
Schneider e Rocha (2014)	São Miguel do Oeste-SC	CAP \geq 25 cm	0,400	54	23
Schorn et al. (2014)	Santa Catarina	H \geq 1,5 m e DAP < 10 cm DAP \geq 10 cm	0,686 28,402	165 215	48 62
Este estudo	Agudo-RS	H \geq 20 cm e DAP < 1cm	0,033	70	32
		1 \leq DAP < 5 cm	0,132	51	26
		DAP \geq 5 cm	1,320	76	30

SA: superfície amostral; S.: número de espécies; F.: número de famílias botânicas; CAP: circunferência à altura do peito; DAP: diâmetro à altura do peito; H: altura; *: transição entre Floresta Estacional Decidual e Floresta Ombrófila Mista.

No trecho florestal estudado, as espécies *Trichilia claussoni* C.DC. (VIR= 7,5%), *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez (7,1%), *Allophylus edulis* (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk. (5,9%), *Cupania vernalis* Cambess. (4,6%), *Sebastiania brasiliensis* Spreng. (3,8%), *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (3,7%) e *Cordia americana* (L.) Gottshling & J.E.Mill. (3,4%) foram as mais representativas do estrato arbóreo (Tabela 4). Dessas espécies, *Trichilia claussoni*, *Nectandra megapotamica*, *Allophylus edulis*, *Cupania vernalis* e *Cordia americana* estiveram entre as 10 principais espécies em outros remanescentes de Floresta Estacional Decidual, localizados em condições de relevo similares, indicando boa adaptação às condições edáficas e topográficas de áreas declivosas (DULLIUS, 2012; LONGHI et al., 2000; SCHNEIDER; ROCHA, 2014; SCIPIONI et al., 2012). Destaca-se que além dessas espécies, *Casearia sylvestris* Sw., *Ocotea puberula* (Rich.) Nees e *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman estiveram entre as 20 espécies mais representativas dos remanescentes de Floresta Estacional Decidual de Santa Catarina (SCHORN et al., 2014). Isso evidencia que tais espécies são características do componente arbóreo da tipologia florestal, nas condições sucessionais atuais.

Tabela 4 - Estrutura das principais espécies da regeneração natural e do estrato arbóreo de uma floresta no rebordo do Planalto Meridional. Agudo, RS, 2014.

Nome Científico	Reg. natural			Est. arbóreo		
	DA(ind/ha)		RNR	DA	DoA	VIR
	C II	C I	(%)	(ind/ha)	(m ² /ha)	(%)
<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll.Arg.	2424	371	8,7 ^a	62,9	0,30	2,1 ^a
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.	364	53	2,0 ^a	106,1	1,84	5,9 ^a
<i>Allophylus guaraniticus</i> (A. St.-Hil.) Radlk.	424	23	1,6 ^a	-	-	-
<i>Annona neosalicifolia</i> H.Rainer	30	38	0,4	16,7	0,20	1,2
<i>Annona rugulosa</i> (Schltdl.) H.Rainer	242	0	0,8	-	-	-
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	61	8	0,4	10,6	0,85	1,7 ^a
<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	0	8	0,1	18,9	0,25	1,5
<i>Banara tomentosa</i> Clos	242	8	0,9	15,2	0,17	1,1
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	121	0	0,4	16,7	0,67	1,5
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	61	38	0,6	13,6	0,29	1,3
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	152	53	1,2 ^a	56,8	0,54	2,9 ^a
<i>Cestrum strigilatum</i> Ruiz & Pav.	364	30	1,4 ^a	-	-	-
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.	61	0	0,3	16,7	0,33	1,4

Nome Científico	Reg. natural			Est. arbóreo		
	DA(ind/ha)		RNR	DA	DoA	VIR
	C II	C I	(%)	(ind/ha)	(m ² /ha)	(%)
<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.S.Mill.	0	38	0,7	47,7	1,21	3,4 ^a
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	242	30	1,3 ^a	18,2	0,68	1,6 ^a
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	2364	371	9,4 ^a	89,4	1,24	4,6 ^a
<i>Diospyros inconstans</i> Jacq.	212	23	1,1	40,9	0,42	2,4 ^a
<i>Eugenia rostrifolia</i> D.Legrand	182	30	1,1	15,9	0,52	1,3
<i>Ficus luschnathiana</i> (Miq.) Miq.	30	0	0,2	25,8	0,81	2,0 ^a
<i>Inga marginata</i> Willd.	636	53	2,2 ^a	4,5	0,06	0,4
<i>Justicia</i> sp.	333	0	1,3 ^a	-	-	-
<i>Lonchocarpus</i> cf. <i>nitidus</i> (Vogel) Benth.	30	61	0,9	57,6	1,05	3,1 ^a
<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	30	106	1,1	34,8	0,59	2,4 ^a
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	61	0	0,2	15,9	0,33	1,3
<i>Myrcarpus frondosus</i> Allemão	242	8	1,1	6,8	0,28	0,9
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	182	30	0,9	22,7	0,36	1,5
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	879	30	3,3 ^a	65,2	3,80	7,1 ^a
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	121	0	0,6	24,2	0,80	1,9 ^a
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	1152	30	3,5 ^a	43,9	1,44	3,7 ^a
<i>Phytolacca dioica</i> L.	91	0	0,5	8,3	2,31	3,2 ^a
<i>Piper aduncum</i> L.	1152	83	3,8 ^a	-	-	-
<i>Piper amalago</i> L.	182	8	1,1	-	-	-
<i>Pombalia bigibbosa</i> (A.St.Hil.) Paula-Souza	758	30	2,7 ^a	1,5	0,01	0,2
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	121	45	0,7	15,2	0,45	1,4
<i>Psychotria leiocarpa</i> Cham. & Schltld.	1394	15	4,5 ^a	-	-	-
<i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisn.	30	23	0,5	23,5	0,42	1,5
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	424	144	2,5 ^a	95,5	0,81	3,8 ^a
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C.Burger et al.	242	250	3,2 ^a	84,8	0,42	3,1 ^a
<i>Strychnos brasiliensis</i> Mart.	121	83	1,4 ^a	3,8	0,01	0,2
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	636	0	1,9 ^a	25,0	0,60	2,2 ^a
<i>Trichilia claussoni</i> C.DC.	1576	227	7,0 ^a	174,2	2,33	7,5 ^a
<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	2545	523	10,7 ^a	49,2	0,18	2,2 ^a
Outras espécies - RN (C II: 30; C I: 18)	1971	273	11,8	-	-	-
Outras espécies - estrato arbóreo (41)	-	-	-	206,3	3,06	16,5
Somatório	22485	3144	100	1535	29,63	100

DA: densidade absoluta; CII: regeneração natural com altura ≥ 20 cm e DAP < 1 cm; C I: regeneração natural com $1 \leq$ DAP 5 cm; RNR: regeneração natural relativa; DoA: dominância absoluta; VIR: valor de importância relativo; *: observações *in loco* e conhecimento prévio do autor; RN: regeneração natural.

Algumas espécies como *Trichilia claussoni* (174,2 indivíduos/ha), *Allophylus edulis* (106,1), *Cupania vernalis* (89,4) e *Sorocea bonplandii* (Baill.) W.C.Burger et al.

(84,8), que apresentaram elevada densidade de indivíduos, são dispersas por animais (zoocoria). Isso está relacionado aos elevados valores de densidade dessas espécies na floresta pesquisada e em outras áreas de FED, visto que o elevado número de árvores passa necessariamente pela chegada pretérita de propágulos em sítios com condições ecológicas favoráveis. Nesse sentido, fica evidente a importância da zoocoria na manutenção da estrutura das comunidades avaliadas.

Comparando-se a estrutura horizontal do presente estudo, que englobou com o desenho amostral, aproximadamente 100 ha de floresta e teve uma superfície amostrada de 1,32 ha, com a pesquisa de Marcuzzo, Araujo e Longhi (2013) (desenho amostral englobou 3 ha e a superfície amostrada foi 0,24 ha), nota-se, além de aumentar expressivamente o número de espécies amostradas, que diferentes espécies tiveram os maiores VIR, apesar de ambas terem sido realizadas no PEQC. As espécies *Sebastiania brasiliensis*, *Parapiptadenia rigida*, *Phytolacca dioica* L. Spreng., *Sorocea bonplandii* e *Lonchocarpus* cf. *nitidus* (Vogel) Benth. constaram entre as 10 espécies de maior valor de importância na presente pesquisa, mas não ficaram entre as principais na área avaliada por Marcuzzo, Araujo e Longhi (2013). A diferença estrutural entre os componentes arbóreos, possivelmente esteja relacionada, além da maior área amostrada, à abrangência de maior heterogeneidade ambiental na presente pesquisa, que incluiu diferentes posições topográficas, exposições do relevo (norte, oeste e sul), bem como diferentes estádios de regeneração (inicial, médio e avançado) e floresta primária.

As espécies clímax exigente de luz (48 espécies, $\sum \text{VIR} = 69,0\%$, $\sum \text{DoA} = 23,13 \text{ m}^2/\text{ha}$, $\sum \text{DA} = 908,3 \text{ indivíduos/ha}$) foram mais representativas do estrato arbóreo, seguida das clímax tolerante à sombra (18 espécies, $\sum \text{VIR} = 27,3\%$, $\sum \text{DoA} = 5,79 \text{ m}^2/\text{ha}$, $\sum \text{DA} = 572,7 \text{ indivíduos/ha}$) e das pioneiras (9 espécies, $\sum \text{VIR} = 2,9\%$, $\sum \text{DoA} = 0,44 \text{ m}^2/\text{ha}$, $\sum \text{DA} = 44,7 \text{ indivíduos/ha}$). A elevada importância de espécies mais dependentes de luz foi ocasionada, em parte, pelo histórico de ocupação da área. Em algumas áreas da floresta existem clareiras originadas do abandono de cultivos agrícolas, onde ocorre o domínio de gramíneas, por exemplo, *Cortaderia* spp. Além dessas, clareiras originadas da queda de árvores e a exposição de norte de encostas contribuem para a maior luminosidade no interior da floresta, favorecendo o desenvolvimento de populações arbóreas que demandam maior luminosidade.

Ressalta-se que as espécies exóticas amostradas no estrato arbóreo (*Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth e *Psidium guajava* L.) ocorreram apenas em

parcelas que englobaram clareiras decorrentes do abandono de áreas cultivadas no passado, indicando a relação da interferência humana com presença de exóticas na Unidade de Conservação. Além dessas clareiras, a queda de árvores, possivelmente, influenciou a estrutura de espécies pioneiras nativas no estrato arbóreo, conforme sugerido por Tabarelli e Mantovani (1997). *Boehmeria caudata* Sw., *Celtis iguanaea* (Jacq.) Sarg., *Manihot grahamii* Hook. e *Trema micrantha* (L.) Blume ocorreram apenas em parcelas com clareiras de origem humana, enquanto *Urera baccifera* (L.) Gaudich.) ocorreu nas duas condições.

Na regeneração natural, as espécies mais representativas foram *Trichilia elegans* A. Juss. (RNR= 10,7%), *Cupania vernalis* (9,4%), *Actinostemon concolor* (Spreng.) Müll.Arg. (8,7%), *Trichilia claussenii* (7,0%), *Psychotria leiocarpa* Cham. & Schltdl. (4,5%), *Piper aduncum* L. (3,8%), *Parapiptadenia rigida* (3,5%), *Nectandra megapotamica* (3,3%), *Sorocea bonplandii* (3,2%) e *Pombalia bigibbosa* (A.St.Hil.) Paula-Souza (2,7%). Algumas dessas espécies (*Trichilia elegans*, *Cupania vernalis*, *Actinostemon concolor*, *Trichilia claussenii*, *Nectandra megapotamica* e *Sorocea bonplandii*) são comuns na regeneração natural da FED, característica evidenciada por Meyer et al. (2012) no Estado de Santa Catarina, bem como constam entre as principais espécies do sub-bosque dessa tipologia florestal (MEYER et al., 2012; SANTOS; BUDKE; MULLER, 2012; SCIPIONI et al., 2009; WEDY, 2007).

As espécies *Trichilia claussenii*, *Nectandra megapotamica*, *Cupania vernalis* e *Sorocea bonplandii*, que compõem parte das espécies representativas do estrato arbóreo, também ficaram entre as principais da regeneração natural, indicando que, *a priori*, tais espécies encontraram condições favoráveis para se estabelecer e crescer nas condições ambientais englobadas por este estudo.

Em relação aos grupos sucessionais da regeneração natural, foi constatado que as espécies clímax exigentes de luz ocorreram em maior número (39 espécies), apresentando maior densidade de plantas de menor porte (\sum DA Classe II= 12.000 indivíduos/ha; \sum DA Classe I= 1.189,4 indivíduos/ha) e maior valor acumulado de RNR (50%). As espécies clímax tolerantes à sombra (21 espécies) apresentaram maior densidade da regeneração natural de maior porte (DA Classe II= 8.849 indivíduos/ha; \sum DA Classe I= 1.674 indivíduos/ha) e elevado valor de RNR (40,7%). Em contraste, as pioneiras (12 espécies) apresentaram as menores densidades nas duas classes de regeneração natural (DA Classe II= 1.000 indivíduos/ha; \sum DA

Classe I= 242 indivíduos/ha) e menor valor acumulado de RNR (5,8%). Esses resultados indicam que as espécies clímax têm maior potencial de regeneração natural na floresta.

A análise de correspondência canônica (CCA) evidenciou quais variáveis ambientais se correlacionaram com a distribuição das espécies no componente arbóreo e na regeneração natural (Tabela 5). Para o componente arbóreo, os autovalores (autov.) gerados foram 0,258 (eixo 1) e 0,156 (eixo 2) e a variância (var.) total explicada foi 22,2% (eixo 1= 14,0% e eixo 2= 8,2%). As variâncias explicadas podem ser consideradas baixas, visto que 22,2% da variância total da abundância das espécies foi explicada pelas 12 variáveis ambientais consideradas na CCA. Entretanto, destaca-se que, em ecossistemas naturais, outras variáveis não consideradas nesse estudo, têm influência na ocorrência de espécies, como fatores antrópicos e micro-organismos. Segundo Scipioni et al. (2010), os baixos autovalores dos eixos de ordenação caracterizam um gradiente curto, com as espécies distribuídas de maneira generalizada por todo o gradiente ambiental. Esses autores relacionaram o valor baixo da variância explicada à predominância da variação nas abundâncias das espécies. No entanto, segundo Rodrigues et al. (2007), isso não compromete os resultados, já que o teste de permutação de Monte Carlo indicou alta correlação entre a abundância das espécies e as variáveis ambientais, as quais foram significativamente correlacionadas com os dois primeiros eixos de ordenação (eixo 1= 0,903; eixo 2= 0,925; $p= 0,005$). Tal condição permite inferir sobre a correlação das variáveis com cada eixo do mapa bi-dimensional e sobre a localização das espécies no mapa.

Para o estrato arbóreo, o primeiro eixo foi mais correlacionado com características topográficas (altitude, profundidade do solo e pedregosidade), do dossel (abertura e área basal) e, em menor destaque, com a textura do solo (areia fina e silte). O segundo eixo foi mais correlacionado, em ordem decrescente, com a exposição do relevo, características químicas (S, P e Ca/Mg) e a porcentagem de argila no solo. Os dados das análises físicas e químicas podem ser visualizados no Apêndice A.

Tabela 5 - Coeficientes de correlação entre as variáveis ambientais e os eixos de ordenação para espécies do componente arbóreo e da regeneração natural de um trecho de Floresta Estacional Decidual no Rebordo do Planalto Meridional. Agudo, RS, 2014.

Variáveis ambientais	Componente arbóreo		Regeneração natural			
			Classe I		Classe II	
	Correlação					
	Eixo I	Eixo II	Eixo I	Eixo II	Eixo I	Eixo II
Altitude	-0,599*	-0,173	-0,552	-0,264	-0,318	0,542
Área basal	-0,577	0,156	-0,713	0,050	-0,586	0,009
Abertura do dossel	0,425	-0,319	0,328	-0,097	0,452	0,182
Exposição	0,001	-0,794	0,381	-0,365	0,576	0,192
Profundidade	0,597	0,092	0,583	0,241	0,363	-0,145
Pedregosidade	-0,505	-0,247	*	-	-	-
Declividade	-	-	-	-	0,059	0,432
Serapilheira	-	-	-0,291	-0,547	-0,021	0,749
Clareira	-	-	-	-	0,349	-0,305
Areia fina	0,404	0,229	-	-	-	-
Silte	-0,368	0,009	-	-	-	-
Argila	-0,084	-0,355	-	-	-	-
H+Al	-	-	-	-	0,398	-0,147
Índice SMP	-	-	-	-	-0,351	0,159
Enxofre	-0,470	-0,602	-0,028	-0,820	-	-
Fósforo	0,132	-0,316	-	-	0,437	-0,242
Potássio	-	-	-	-	-0,196	0,501
Matéria orgânica	-0,357	-0,743	-	-	-	-
Rel. molares Ca/Mg	-	-	0,323	-0,651	-	-
Rel. molares (Ca/Mg)/K	-	-	-	-	0,437	-0,242

Classe I: $1 \leq \text{DAP} < 5$ cm; Classe II: $H \geq 20$ cm e $\text{DAP} < 1$ cm; *: valores em negrito destacam a maior correlação entre os dois eixos da ordenação; *: variável não utilizada na confecção do mapa perceptual.

O mapa de ordenação do estrato arbóreo (Figura 7) indicou que apesar de determinadas espécies correlacionarem-se com algumas variáveis ambientais, outras como *Cordia trichotoma*, *Balfourodendron riedelianum*, *Chrysophyllum marginatum* e *Phytolacca dioica* ocorreram de maneira generalizada no gradiente ambiental, sem preferência por determinada variável ambiental.

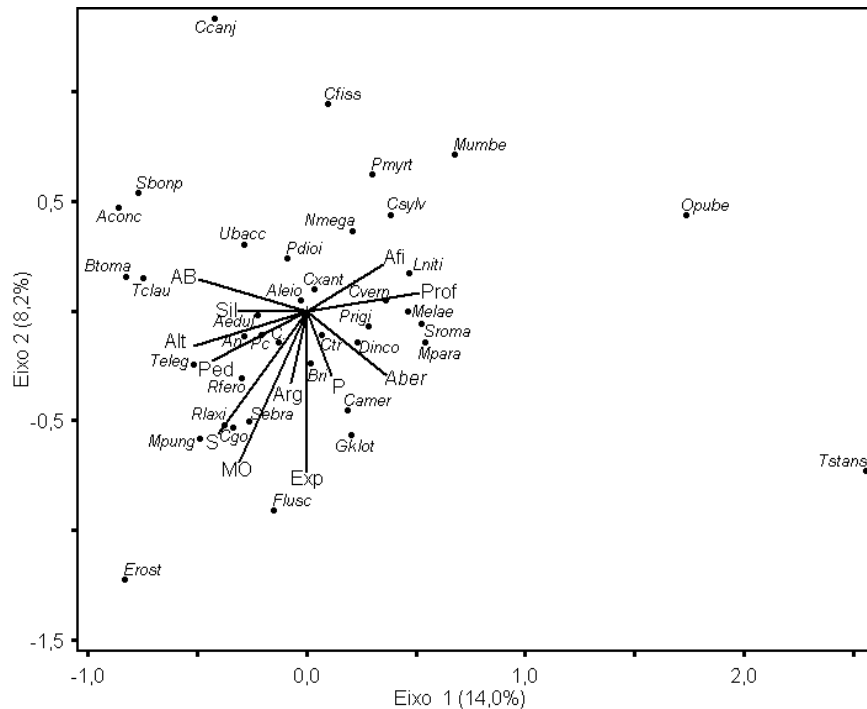


Figura 7 - Mapa perceptual gerado pela CCA a partir da abundância das espécies no estrato arbóreo e das variáveis ambientais, de um trecho de Floresta Estacional Decidual no Rebordo do Planalto Meridional. Agudo, RS, 2013.

Aconc: *Actinostemon concolor*; Aedul: *Allophylus edulis*; An: *Annona neosalicifolia*; Aleio: *Apuleia leiocarpa*; Bri: *Balfourodendron riedelianum*; Btome: *Banara tomentosa*; Ccanj: *Cabralea canjerana*; Cxant: *Campomanesia xanthocarpa*; Csylv: *Casearia sylvestris*; Cfiss: *Cedrela fissilis*; Cgo: *Chrysophyllum gonocarpum*; C.: *Chrysophyllum marginatum*; Camer: *Cordia americana*; Ctr: *Cordia trichotoma*; Cvern: *Cupania vernalis*; Dinco: *Diospyros inconstans*; Erosc: *Eugenia rostrifolia*; Flusc: *Ficus luschnathiana*; Gklot: *Gymnanthes klotzschiana*; Lniti: *Lonchocarpus cf. nitidus*; Mpara: *Machaerium paraguariense*; Melae: *Matayba elaeagnoides*; Mpung: *Myrcianthes pungens*; Mumbe: *Myrsine umbellata*; Nmega: *Nectandra megapotamica*; Opube: *Ocotea puberula*; Prigi: *Parapiptadenia rigida*; Pdioi: *Phytolacca dioica*; Pc: *Picrasma crenata*; Pmyrt: *Prunus myrtifolia*; Rfero: *Randia ferox*; Rlaxi: *Ruprechtia laxiflora*; Sebra: *Sebastiania brasiliensis*; Sbonp: *Sorocea bonplandii*; Sroma: *Syagrus romanzoffiana*; Tstans: *Tecoma stans*; Tclau: *Trichilia claussoni*; Teleg: *Trichilia elegans*; Ubacc: *Urera baccifera*; Aber: abertura do dossel; AB: área basal; Afi: areia fina; Alt: altitude; Arg: argila; Exp: exposição; MO: matéria orgânica; Ped: pedregosidade; Prof: profundidade; P: fósforo; Sil: silte; S: enxofre.

Percebe-se que a área basal do estrato arbóreo foi correlacionada positivamente com *Banara tomentosa*, *Trichilia claussoni*, *Sorocea bonplandii* e *Actinostemon concolor*, enquanto a abertura do dossel teve relação negativa, indicando que essas espécies são mais tolerantes à competição entre árvores e a ambientes sombreados. Esse resultado era esperado para as espécies por serem clímax tolerante à sombra (SCIPIONI; GALVÃO; LONGHI, 2013), características de

estádios de sucessão tardios e, além disso, no caso de *Actinostemon concolor* por esta ser uma espécie típica de sub-bosque (MARCHI; JARENKOW, 2008).

O teor de enxofre (S) e o teor de matéria orgânica (MO) foram relacionados positivamente com *Myrcianthes pungens*. Em outra floresta, na região do rebordo do Planalto Meridional, Scipioni et al. (2010) observaram que a espécie teve predileção por locais com maior relação Ca/Mg. Conforme Venturin et al. (2000), a relação Ca/Mg pode influenciar o desenvolvimento e a absorção de nutrientes pelas plantas, sendo que um desequilíbrio desta relação prejudicaria tais aspectos. Nesse sentido, a CCA indica que *Myrcianthes pungens* têm preferência por solos com maiores teores de S e MO.

Outras correlações positivas observadas incluem as espécies *Trichilia elegans* com altitude e pedregosidade superficial, *Ficus luschnathiana* com exposição do relevo e teores de argila e *Ocotea puberula* com a profundidade do solo. A ocorrência de *Trichilia elegans* em cotas altas foi observada por Almeida-Scabbia et al. (2011), que também encontraram correlações da espécie com solos mais ricos em nutrientes, condição, em parte, constatada no presente estudo, onde *Trichilia elegans* teve correlação positiva com teores de S e a relação Ca/Mg. Em relação à pedregosidade, a abundância de *Trichilia elegans* pode ter ocorrido devido ao porte pequeno (no presente estudo, altura média= $4,9 \pm 1,2$ m; DAP médio= $6,6 \pm 1,8$ cm) e à menor dependência de solos profundos para se desenvolver, característica que ficou clara pela correlação negativa com a profundidade do solo (Figura 7). Esta condição indica que espécies de porte pequeno são mais aptas ao uso na restauração ecológica de áreas com solo pouco profundo.

A forte relação entre *Ficus luschnathiana* e a exposição do relevo evidenciou que a espécie ocorre preferencialmente em sítios com exposição norte, devido a sua maior dependência de luz (heliófita) (SAUERESSIG, 2014), já que no hemisfério sul, as faces dos morros voltadas para o norte recebem maior luminosidade do que a face sul (OLIVEIRA et al., 1995). A posição positiva de *Ocotea puberula* com a profundidade do solo evidencia que a espécie se desenvolve melhor em substratos mais profundos. Todavia, a maior abundância de *Ocotea puberula* nesses locais também se deve à influência antrópica, evidenciada pela presença de clareiras ou estrada abandonada próxima ao local. Essas interferências na floresta tendem a favorecer o crescimento da *Ocotea puberula*, devido à espécie ser dependente de maior luminosidade (SCIPIONI; GALVÃO; LONGHI, 2013; SAUERESSIG, 2014).

Nas duas classes de regeneração natural foram obtidos autovalores e variância total explicada maior do que no estrato arbóreo (Classe I: eixo 1: autov.= 0,527 e var.= 22,0%; eixo 2: autov.= 0,220 e var.= 9,2%; Classe II: eixo 1: autov.= 0,392 e var.= 17,7%; eixo 2: autov.= 0,201 e var.= 9,1%). O teste de Monte Carlo evidenciou que, nas duas classes de regeneração natural, as correlações (corr.) entre a abundância das espécies e as variáveis ambientais nos eixos de ordenação foram significativas (Classe I: eixo 1= 0,857; eixo 2= 0,777; $p= 0,016$; Classe II: eixo 1= 0,921; eixo 2= 0,862; $p= 0,004$).

Para a Classe I ($1 \leq \text{DAP} < 5 \text{ cm}$), o eixo 1 foi mais correlacionado com variáveis do dossel (área basal e abertura), topográficas (altitude e exposição) e profundidade do solo, enquanto o eixo 2 foi mais correlacionado a variáveis químicas do solo (K e relação molar Ca/Mg) e à altura da camada de serapilheira. Para a Classe II ($H \geq 20 \text{ cm}$ e $\text{DAP} < 1 \text{ cm}$), as variáveis mais correlacionadas com o eixo 1, em ordem decrescente, foram: área basal, exposição, abertura do dossel, P, relação molar (Ca/Mg)/K, H+Al, profundidade do solo, SMP e clareira. No eixo 2, destacaram-se as variáveis altura da serapilheira, altitude, K e declividade. Entre essas variáveis, altitude (cota), cobertura do dossel, profundidade do solo, declividade, P, K, e as relações molares Ca/Mg e (Ca+Mg)/K, foram consideradas em outras pesquisas como fatores determinantes da regeneração natural de espécies arbustivas e arbóreas (MARCUIZZO; ARAUJO; LONGHI, 2013; SCIPIONI et al., 2009; VENTUROLI; FELFILI; FAGG, 2007).

Considerando os indivíduos regenerantes da Classe I (Figura 8A), percebe-se que as espécies *Actinostemon concolor*, *Sorocea bonplandii* e *Trichilia claussoni* foram correlacionadas positivamente com a altitude e a área basal do estrato arbóreo, além terem posições negativas em relação à exposição e abertura do dossel. Tais resultados evidenciam as características sucessionais das espécies supracitadas, consideradas climáticas tolerantes à sombra, as quais tendem a suportar ambientes mais sombreados. As espécies *Sebastiania brasiliensis* e *Cupania vernalis* foram ordenadas em uma posição fortemente positiva com a profundidade do solo e em posição negativa com a altitude, indicando que a regeneração natural destas espécies ocorre em solos mais profundos. Destaca-se que a espécie *Piper aduncun* foi ordenada em posição negativa em relação às variáveis químicas do solo (S e Ca/Mg) e à altura da serapilheira, indicando que a espécie não foi influenciada pela fertilidade do solo, mas que a maior quantidade de

serapilheira acumulada sobre o solo atuou como um filtro negativo ao estabelecimento e desenvolvimento dos indivíduos regenerantes.

A ordenação da regeneração natural Classe II evidenciou que a espécie *Trichilia claussoni* destacou-se pela relação positiva com a altitude, característica também observada para a Classe I e para o estrato arbóreo. Padrão similar foi observado por Scipioni et al. (2009) na Reserva Biológica do Ibicuí Mirim (São Martinho da Serra-RS), onde a regeneração de *Trichilia claussoni* apresentou um aumento da sua densidade e dominância na situação de terreno de alta declividade em substrato rochoso instável no topo do morro. No presente estudo, as espécies *Trichilia claussoni*, *Trichilia elegans* e *Syagrus romanzoffiana* ficaram em posições positivas em relação à declividade e negativas em relação à profundidade do solo.

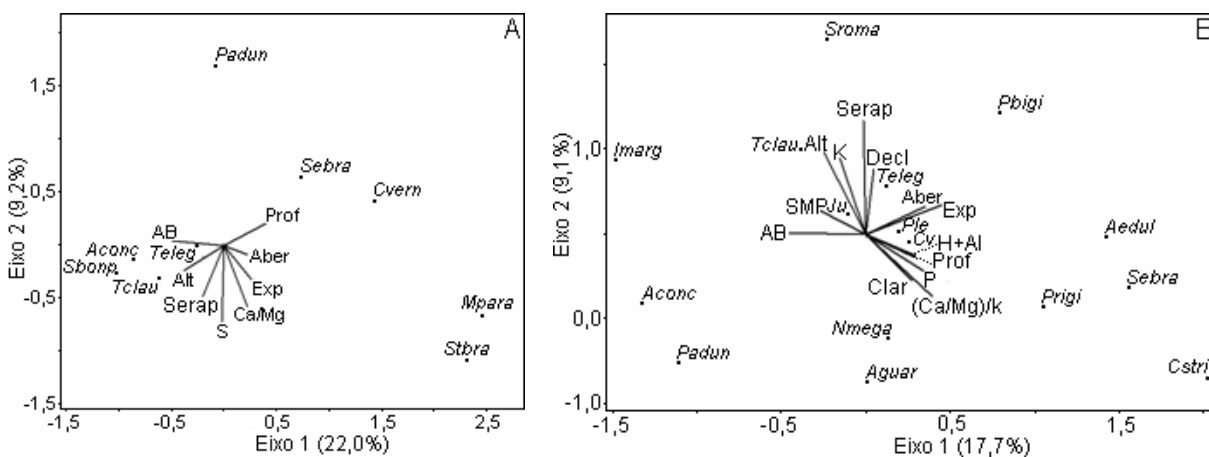


Figura 8 - Mapas perceptuais gerados pela CCA a partir da abundância das espécies na regeneração natural Classe I (A) e Classe II (B) e das variáveis ambientais, de um trecho de Floresta Estacional Decidual no Rebordo do Planalto Meridional. Agudo, RS, 2014.

Aconç: *Actinostemon concolor*; *Aedul*: *Allophylus edulis*; *Aguar*: *Allophylus guaraniticus*; *Cstri*: *Cestrum strigilatum*; *Cv*: *Cupania vernalis*; *Imarg*: *Inga marginata*; *Ju*: *Justicia* sp.; *Mpara*: *Machaerium paraguariense*; *Nmega*: *Nectandra megapotamica*; *Padun*: *Piper aduncum*; *Ple*: *Psychotria leiocarpa*; *Prigi*: *Parapiptadenia rigida*; *Sebra*: *Sebastiania brasiliensis*; *Sbonp*: *Sorocea bonplandii*; *Sroma*: *Syagrus romanzoffiana*; *Pbigi*: *Pombalia bigibbosa*; *Stbra*: *Strychnos brasiliensis*; *Tclau*: *Trichilia claussoni*; *Teleg*: *Trichilia elegans*; *Aber*: abertura do dossel; *AB*: área basal do estrato arbóreo; *Alt*: altitude; *Ca/Mg*: relação molar Ca/Mg; *(Ca/Mg)/K*: relação molar (Ca/Mg)/K; *Clar*: clareira; *Decl*: declividade; *Exp*: exposição; *K*: potássio; *Prof*: profundidade; *P*: fósforo; *Serap*: altura da serapilheira; *SMP*: Índice SMP; *S*: enxofre;

De forma geral, constatou-se que características topográficas, edáficas e aspectos do dossel, têm maior influência na regeneração natural do que no estrato arbóreo. Isso pode ser explicado pela maior dependência que os indivíduos jovens, em fase de estabelecimento, apresentam das condições abióticas, do que indivíduos do estrato arbóreo. Indivíduos estabelecidos e presentes na floresta por longo tempo, certamente foram influenciados por maior número de variáveis abióticas e bióticas. Nesse sentido, talvez a identificação da influência de variáveis ambientais sobre as espécies, seja mais intuitiva, quando se utiliza as menores classes de tamanho na análise. Tal hipótese poderá ser melhor evidenciada mediante análise da dinâmica da regeneração natural em relação aos fatores anteriormente analisados.

5.6 Conclusões

As espécies estruturalmente mais importantes do componente arbóreo são *Trichilia claussoni*, *Nectandra megapotamica* e *Allophylus edulis*, enquanto *Trichilia elegans*, *Cupania vernalis* e *Actinostemon concolor* o são no componente regenerante. Variáveis topográficas, edáficas e características do dossel são relacionadas à distribuição das espécies arbustivas e arbóreas, destacando-se algumas variáveis como altitude, área basal, exposição e profundidade.

6 ALTERAÇÕES FLORÍSTICAS E ESTRUTURAIS DA REGENERAÇÃO NATURAL EM UMA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NO SUL DO BRASIL

6.1 Resumo

Este trabalho foi realizado com objetivo de descrever alterações florísticas e estruturais da regeneração natural em um trecho de Floresta Estacional Decidua, em Agudo, RS. A amostragem de espécies arbóreas e arborescentes foi realizada em 33 parcelas, durante um ano de monitoramento (2014/2015). Foram medidos indivíduos em dois níveis de inclusão: $1 \leq \text{DAP} < 5$ cm (Classe I); e altura ≥ 20 cm e $\text{DAP} < 1$ cm (Classe II). As espécies *Trichilia elegans*, *Cupania vernalis* e *Actinostemon concolor* foram as mais representativas da regeneração natural no início e no final das medições. Foram observadas flutuações nas taxas de ingresso, de mortalidade e de regeneração, além de incrementos distintos em altura para as populações analisadas. Tais alterações foram influenciadas por aspectos autoecológicos, dependência de luz e estratégia de dispersão, e algumas variáveis como espessura da serapilheira acumulada e exposição do relevo. Essas informações obtidas refletem tendências da dinâmica de populações regenerantes e fatores associados.

Palavras-chave: plântulas, espécies nativas, dinâmica de comunidades.

6.2 Abstract

The goal of this paper was to describe the floristic and structure changes of natural regeneration in a Deciduous Seasonal Forest stretch in Agudo, RS, Brazil. The arborescent and arboreal species were sampled in thirty-three plots, during one year of monitoring (2014/2015). Were sampled individuals with $1 \leq \text{Diameter at Breast Height (DBH)} < 5$ cm (Class I) and individuals with height ≥ 20 cm and $\text{DBH} < 1$ cm (Class II). The species *Trichilia elegans*, *Cupania vernalis* and *Actinostemon concolor* were the most representative of natural regeneration at the beginning and the end of measurements. Different values of Ingrowth Rate (IR), Mortality (MR) and Regeneration (RR), and height growth were detected for analyzed populations. Such changes have been influenced by ecological aspects, dependence on light and dispersal strategy, and variables such as thickness (height) of accumulated litter and relief exposure. The information obtained reflecting the dynamic trends of regenerating populations and associated factors.

Keywords: Seedlings. Indigenous species. Dynamic communities.

6.3 Introdução

A Floresta Estacional Decidual ocupa, atualmente, 48.691,81 km² de superfície no Estado do Rio Grande do Sul (17,92% do total de florestas), o que equivale a 17,97% da sua cobertura original (CORDEIRO; HASENACK, 2009). A diversidade de ambientes onde estão distribuídos remanescentes de Floresta Estacional Decidual no rebordo do Planalto Meridional, no Rio Grande do Sul, influencia a distribuição de espécies e a estrutura das comunidades.

Os fatores que “determinam” a composição e a estrutura da vegetação são naturais, relacionados à capacidade de suporte do meio: clima, solo, relevo, disponibilidade hídrica, topografia, entre outros. Os fatores que “modificam” as comunidades vegetais podem ser de origem antrópica, como efeito de borda decorrente da fragmentação, ou natural, como vendavais (DURIGAN, 2012). Diante disso, parece clara a necessidade de considerar fatores ambientais, naturais ou não, em trabalhos que visem caracterizar a composição, estrutura e dinâmica de comunidades florestais.

A regeneração natural refere-se às fases iniciais de estabelecimento e desenvolvimento das plantas (GAMA et al., 2003). Segundo os autores, o entendimento do processo de regeneração natural passa pelo conhecimento de informações básicas de caracterização da vegetação, onde se incluem alterações temporais. Para Silva, Ganade e Backes (2010), o estudo da regeneração natural pode fornecer subsídios para o diagnóstico ambiental da região e estabelecer programas mais eficazes de conservação ou de restauração.

Sobre a dinâmica de regeneração natural, trabalhos têm sido realizados em diferentes tipos fitogeográficos no Brasil: e.g: Floresta Estacional Decidual - Higuchi (2003); e Floresta Ombrófila - Schorn (2005). No Rio Grande do Sul, citam-se as pesquisas de Wedy (2007) e Scoti (2012), ambos realizados em Floresta Estacional Decidual. Essas pesquisas apresentaram informações sobre parâmetros florísticos e estruturais em nível de espécie e em nível de comunidade: riqueza e presença/ausência de espécies. Outros parâmetros relativos à flutuação de populações (taxa de regeneração, ingresso e mortalidade) também foram abordados.

Diante do exposto, nota-se a demanda de detalhes sobre a dinâmica da regeneração em remanescentes florestais do rebordo do Planalto Meridional. Essas informações podem basear a análise do estado de conservação de populações, servir para o monitoramento da dinâmica florestal em áreas alteradas e subsidiar planos de restauração ecológica.

Nesse contexto, o presente estudo objetivou descrever alterações florísticas e estruturais da regeneração natural Floresta Estacional Decidual, em Agudo, RS, sul do Brasil, e identificar possíveis correlações com variáveis ambientais, no período de um ano (2014/2015).

6.4 Material e métodos

6.4.1 Caracterização da área

O presente estudo foi realizado no Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC), com a sede localizada nas coordenadas 29°27'57,46"S e 53°16'51,97"O, no município de Agudo, RS. A floresta cobre um relevo acidentado, onde a declividade atinge valores superiores a 75%. Na área predominam solos rasos do tipo Neossolo Litólico, no qual o contato lítico (camada de rocha inalterada ou pouco alterada) ocorre dentro de 50 cm da superfície (PEDRON; DALMOLIN, 2011). O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfa (subtropical), com precipitação pluviométrica anual próxima de 1.800 mm (ALVARES et al., 2013; WREGGE et al., 2011).

A vegetação pertence à região fitoecológica Floresta Estacional Decidual Submontana (IBGE, 2012), apresentando mosaico sucessional constituído principalmente pelo estágio médio e estágio avançado de sucessão, com pequenas áreas formadas por estágio inicial (MARCUIZZO; ARAUJO, LONGHI, 2013).

6.4.2 Coleta de dados

Para a amostragem foram instaladas seis linhas paralelas, orientadas no sentido Oeste-Leste e distantes 200 m entre si. Nessas linhas foram instaladas 33 unidades com dimensões de 4 m x 10 m, mantendo-se a distância de 140 m entre as parcelas em cada linha. Nas unidades amostrais, foram amostrados os indivíduos com $1 \leq \text{diâmetro à altura do peito (DAP)} < 5 \text{ cm}$ (Classe I). Em cada unidade foi instalada uma subunidade de 2,5 m x 4 m, onde foram amostrados os indivíduos de espécies arbóreas, arbustivas e arborescentes, com altura igual ou maior a 20 cm e $\text{DAP} < 1 \text{ cm}$ (Classe II).

Foi medida a altura total dos indivíduos, com auxílio de trena métrica e, ou vara graduada (indivíduos maiores). Na Classe I foi medida a circunferência à altura do peito (CAP) com auxílio de trena métrica. Em cada indivíduo regenerante foi presa uma plaqueta de aço galvanizado contendo o código de identificação.

A regeneração natural foi inventariada em três ocasiões: a primeira durante o verão de 2014, a segunda no inverno de 2014 e a terceira no verão de 2015, completando, assim, um ano de medição. Todos os indivíduos etiquetados na primeira ocasião foram remedidos nas ocasiões subsequentes.

Os indivíduos regenerantes que não foram medidos na primeira ocasião, mas que atingiram os limites de inclusão estabelecidos na segunda ou na terceira ocasião, tiveram a altura (Classe I e Classe II) e CAP (Classe I) mensuradas, sendo considerados ingressos. Nas três ocasiões de medição da regeneração natural, foram contabilizados os indivíduos mortos, visando determinar a taxa de mortalidade durante o período de monitoramento.

O material vegetativo dos indivíduos não identificados *in loco* foi coletado para posterior identificação no Herbário do Departamento de Ciências Florestais (HDCF), da Universidade Federal de Santa Maria, desde que não causassem danos severos à arquitetura das plantas. As espécies foram classificadas dentro das famílias reconhecidas pelo sistema *Angiosperm Phylogeny Group III* (APG III, 2009) e a atualização da nomenclatura científica foi realizada por meio de consulta à Lista de Espécies da Flora do Brasil (JBRJ, 2015).

As 13 variáveis ambientais analisadas neste estudo apresentaram correlação com a abundância das espécies na regeneração natural, conforme Capítulo II.

Foram descritas a seguir as metodologias utilizadas para obter as variáveis altura da serapilheira, clareira e exposição do relevo, que apresentaram correlação significativa com atributos dinâmicos dos grupos ecológicos.

A espessura da serapilheira acumulada foi medida com uma fita métrica, em três pontos amostrais por unidade, sendo as medidas usadas para calcular a altura média da serapilheira. A exposição do relevo foi medida com uma bússola, em graus, em relação ao norte magnético. Considerando-se que a face norte do morro recebe maior luminosidade, a exposição em graus foi medida de 0° (sul) a 180° (norte). A presença de clareiras na floresta foi considerada variável e expressa por: 1- ausência de clareiras; 2- árvore sem copa; 3- árvore caída; 4- clareira antrópica, com abundância de gramíneas.

6.4.3 Análise dos dados

As espécies foram classificadas em três grupos sucessionais (SWAINE; WHITMORE, 1988): pioneira - que necessitam de luminosidade solar plena para germinar e para que as plântulas se estabeleçam, cresçam reproduzam; clímax exigente de luz - são espécies que podem germinar sob o sombreamento da floresta, mas as plantas jovens necessitam de luz abundante para crescer e atingir o dossel; clímax tolerante à sombra - são espécies que podem germinar, crescer e reproduzir sob sombreamento, atingindo a maturidade sob o dossel ou no dossel da floresta. Foi determinada a estratégia de dispersão das espécies: anemocóricas - dispersas pelo vento; zoocóricas - dispersas por animais; autocóricas - apresentam mecanismos explosivos de dispersão ou são dispersas pela gravidade (PIJL, 1972).

As taxas de regeneração natural, de ingresso e de mortalidade e incremento médio em altura por espécie foi calculado para a regeneração natural Classe II (plantas de menor tamanho). A taxa de regeneração natural (TR) foi calculada conforme Jardim (1986) e Souza e Soares (2013). A TR expressa as flutuações que podem ocorrer na densidade absoluta (ou abundância) das espécies, de grupos de espécies ou de uma comunidade, podendo atingir um valor entre -100% e 100%. Os valores positivos indicam predominância da taxa de ingresso (recrutamento) sobre a mortalidade e os valores negativos indicam o contrário.

Considerou-se como ingresso o indivíduo que apresentou altura menor que o limite de inclusão na ocasião j de monitoramento e que, na ocasião seguinte ($j+1$), apresentou valor superior ou igual ao nível de inclusão. Para estimar a mortalidade, considerou-se como morto o indivíduo vivo na ocasião j de monitoramento e que morreu durante o período de medição, ou seja, estava morto na próxima ocasião ($j+1$). A taxa de ingresso e de mortalidade foi estimada conforme Souza e Soares (2013). O incremento em altura, de março de 2014 a março de 2015, foi calculado para as espécies que apresentaram pelo menos três indivíduos vivos no início e no final do monitoramento, conforme Encinas, Silva e Pinto (2005).

As alterações estruturais foram avaliadas por meio da regeneração natural relativa (RNR), a partir da análise conjunta dos indivíduos das Classes I e II. A RNR é a soma dos parâmetros relativos de densidade, frequência e categoria de tamanho (CTA), e serve para avaliar a importância estrutural de uma espécie em relação à regeneração natural (FINOL, 1971; LONGHI, 1980). As classes de tamanho para o cálculo do valor da CTA foram baseadas em Scoti (2012): Classe I: $20 \leq \text{altura (h)} < 50$ cm; Classe I: $50 \leq h < 100$ cm; Classe I: $100 \leq h < 150$ cm; Classe I: $150 \leq h < 200$ cm; Classe I: $h \geq 200$ cm. A RNR foi calculada com o programa Mata Nativa 2 (CIENTEC, 2006).

As taxas de regeneração, ingresso e mortalidade, e o número de indivíduos no início e no final das medições foram comparados entre os grupos sucessionais e entre as estratégias de dispersão. Para tal, foi aplicado o teste não-paramétrico *Kruskal-Wallis*, com posterior comparação dos postos médios pelo método de *Student-Newman-Keuls*, usando o programa BioEstat 5.3 (AYRES et al., 2007). Os atributos dinâmicos dos grupos sucessionais e estratégias de dispersão foram correlacionados por meio do coeficiente de Spearman, com as variáveis ambientais, testando-se a significância das correlações. O coeficiente de correlação de Spearman foi obtido por meio do programa *SPSS 13.0 for Windows* (SPSS, 2004).

6.5 Resultados e discussão

Nas duas ocasiões de medição foram amostradas 83 espécies (2014: 78 espécies; 2015: 82 espécies), ocorrendo o ingresso de cinco espécies (*Trema*

micrantha (L.) Blume, *Solanum mauritianum* Scop., *Eugenia uniflora* L., *Erythrina falcata* Benth. e *Cedrela fissilis* Vell.) e a morte dos indivíduos de uma espécie (*Pavonia sepium* A.St.-Hil.), uma mudança positiva de 5,1% no número de espécies regenerantes (Tabela 6). Esses valores são superiores aos encontrados por Wedy (2007), em uma Floresta Estacional Decidual no Parque Estadual do Turvo, Derrubadas-RS (32 espécies). Os autores detectaram o ingresso de três espécies em um ano de monitoramento, enquanto no presente estudo houve o ingresso de cinco espécies. Alguns aspectos metodológicos podem ter determinado a variação na riqueza de espécies entre os dois estudos: área amostral e limite superior de altura para medição de indivíduos. No estudo de Wedy (2007), a área amostral foi de 120 m² e os indivíduos medidos tinham altura entre 20 cm e 100 cm (248 indivíduos no início e 247 no final das medições), enquanto a área amostral do presente estudo foi 330 m² e os critérios de inclusão foram altura ≥ 20 cm e DAP < 1 cm (Classe II), o que permitiu amostrar mais indivíduos (742 no início e 813 no final das medições).

Tabela 6 - Alterações florísticas e estruturais da regeneração natural de Floresta Estacional Decidual, em um ano de monitoramento (2014/2015). Agudo, RS, 2015.

Espécie	GS	ED	Classe II						C I e CII	
			DAi	DAf	TI (%)	TM (%)	TR (%)	IAM (cm)	RNRi	RNRf
<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll.Arg.	S ¹	Au ¹	2424	2455	4,9	3,8	1,3	6,7	8,66	8,02
<i>Aiouea saligna</i> Meisn.	S ²	Z ²	30	61	50,0	0,0	100,0	-	0,30	0,41
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	L ¹	Z ¹	364	394	23,1	16,7	8,3	13,2	2,04	1,95
<i>Allophylus guaraniticus</i> (A. St.-Hil.) Radlk.	S ³	Z ⁴	424	485	25,0	14,3	14,3	5,6	1,61	1,55
<i>Annona neosalicifolia</i> H.Rainer	L ¹	Z ¹	30	30	0,0	0,0	0,0	-	0,41	0,58
<i>Annona rugulosa</i> (Schltdl.) H.Rainer	L ⁵	Z ⁴	242	152	0,0	37,5	-37,5	14,8	0,81	0,47
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	L ²	An ²	61	30	0,0	50,0	-50,0	-	0,35	0,19
<i>Baccharis</i> sp.	P ⁵	An	121	91	0,0	25,0	-25,0	73,3	0,74	1,24
<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	L ²	An ²	0	30	100,0	-	-	-	0,14	0,27
<i>Banara tomentosa</i> Clos	S ¹	Z ¹	242	273	11,1	0,0	12,5	10,0	0,91	0,88
<i>Boehmeria caudata</i> Sw.	P ⁴	An ⁴	121	61	0,0	50,0	-50,0	-	0,45	0,21
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	L ⁶	Z ³	121	121	0,0	0,0	0,0	2,5	0,43	0,40

Espécie	GS	ED	Classe II						C I e CII	
			DAi	DAf	TI (%)	TM (%)	TR (%)	IAM (cm)	RNRi	RNRf
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	S ¹	Z ¹	61	91	33,3	0,0	50,0	-	0,59	0,76
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	S ¹	Z ¹	61	61	0,0	0,0	0,0	-	0,19	0,2
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	L ¹	Z ¹	152	152	20,0	20,0	0,0	10,0	1,19	1,32
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	L ²	An ²	0	30	100,0	-	-	-	-	0,14
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	P ¹	Z ¹	61	61	0,0	0,0	0,0	-	0,32	0,29
<i>Cestrum strigilatum</i> Ruiz & Pav.	P ²	Z ²	364	303	10,0	25,0	-16,7	13,1	1,35	1,06
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.	S ¹	Z ¹	61	61	0,0	0,0	0,0	-	0,32	0,29
<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	L ¹	Z ¹	30	61	50,0	0,0	100,0	-	0,30	0,29
<i>Citronella paniculata</i> (Mart.) R.A.Howard	S ³	Z ¹	30	30	0,0	0,0	0,0	-	0,16	0,14
<i>Cordia americana</i> (L.) Gottschling & J.S.Mill.	L ⁶	An ¹	-	-				-	0,70	0,50
<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	L ²	Z ¹	30	30	0,0	0,0	0,0	-	0,30	0,27
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Steud.	L ²	An ¹	242	242	12,5	12,5	0,0	14,7	1,26	1,13
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	L ¹	Z ¹	2364	2576	12,9	5,1	9,0	7,7	9,38	9,32
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	L ¹	An ¹	212	212	0,0	0,0	0,0	12,0	0,73	0,66
<i>Dasyphyllum spinescens</i> (Less.) Cabrera	P ¹	An ¹	30	30	100,0	100,0	0,0	-	0,16	0,14
<i>Diospyros inconstans</i> Jacq.	L ¹	Z ¹	212	212	0,0	0,0	0,0	8,6	1,06	0,80
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	L ¹	Z ¹	-	-				-	0,14	0,13
<i>Erythrina falcata</i> Benth.	L ⁴	An ⁴	0	30	100,0	-	-	-	-	0,14
<i>Eugenia involucrata</i> DC.	S ³	Z ¹	91	61	0,0	33,3	-33,3	-	0,55	0,52
<i>Eugenia rostrifolia</i> D.Legrand	S ⁴	Z ¹	182	212	14,3	0,0	16,7	8,7	1,13	1,17
<i>Eugenia uniflora</i> L.	L ¹	Z ¹	0	30	100,0	-	-	-	-	0,14
<i>Ficus luschnathiana</i> (Miq.) Miq.	L ¹	Z ¹	30	30	0,0	0,0	0,0	-	0,16	0,14
<i>Gymnanthes klotzschiana</i> Müll.Arg.	L ⁴	Au ¹	61	121	50,0	0,0	100,0	-	0,48	0,64
<i>Inga marginata</i> Willd.	L ⁴	Z ²	636	758	16,0	0,0	19,0	11,0	2,21	2,42
<i>Justicia</i> sp.	-	-	333	667	50,0	0,0	100,0	10,5	1,34	2,1
<i>Ligustrum lucidum</i> W.T.Aiton	P ⁷	Z	91	61	0,0	33,3	-33,3	-	0,36	0,25
<i>Lonchocarpus</i> cf. <i>nitidus</i> (Vogel) Benth.	L ²	An ²	30	30	0,0	0,0	0,0	-	0,88	0,83
<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	L ¹	An ¹	91	91	0,0	0,0	0,0	16,7	0,29	0,38
<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	L ¹	An ¹	30	61	50,0	0,0	100,0	-	1,09	0,99
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	L ¹	Z ¹	61	91	33,3	0,0	50,0	-	0,21	0,33
<i>Maytenus aquifolia</i> Mart.	S ²	Z ²	30	61	50,0	0,0	100,0	-	0,16	0,29
<i>Mollinedia schottiana</i> (Spreng.) Perkins	S ⁴	Z ⁴	30	30	0,0	0,0	0,0	-	0,30	0,27

Espécie	GS	ED	Classe II						C I e CII	
			DAi	DAf	TI (%)	TM (%)	TR (%)	IAM (cm)	RNRi	RNRf
<i>Morus cf. nigra</i> L.	L ⁸	Z	-	-				-	0,14	0,13
<i>Myrcianthes pungens</i> (O.Berg) D.Legrand	S ³	Z ¹	91	91	33,3	33,3	0,0	-	0,63	0,50
<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão	L ²	An ²	242	303	20,0	0,0	25,0	10,6	1,14	1,14
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	P ¹	Z ¹	61	61	0,0	0,0	0,0	-	0,54	0,68
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	L ¹	Z ¹	182	364	58,3	16,7	100,0	20,4	0,93	1,54
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	L ¹	Z ¹	879	909	26,7	24,1	3,4	8,4	3,28	3,32
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	L ¹	Z ¹	121	152	20,0	0,0	25,0	4,0	0,55	0,56
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	L ¹	Z ¹	30	30	0,0	0,0	0,0	-	0,16	0,14
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	L ²	An ²	1152	1333	22,7	10,5	15,8	13,6	3,49	3,83
<i>Pavonia sepium</i> A.St.-Hil.	P	Z ⁹	30	0	-	100,0	-100,0	-	0,16	-
<i>Phytolacca dioica</i> L.	L ³	Z ⁴	91	61	0,0	33,3	-33,3	-	0,46	0,27
<i>Picrasma crenata</i> (Vell.) Engl.	S ³	Z ⁴	30	30	0,0	0,0	0,0	-	0,16	0,14
<i>Piper aduncum</i> L.	L ¹⁰	Z ²	1152	1364	24,4	10,5	18,4	22,4	3,83	4,12
<i>Piper amalago</i> L.	S ⁴	Z ⁴	182	152	20,0	33,3	-16,7	17,5	1,10	1,11
<i>Pombalia bigibbosa</i> (A.St.Hil.) Paula-Souza	L ¹¹	Au ⁹	758	697	4,3	12,0	-8,0	9,5	2,71	2,27
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	L ¹	Z ¹	121	152	40,0	25,0	25,0	46,3	0,73	0,7
<i>Psidium guajava</i> L.	P ¹¹	Z ⁹	0	61	100,0	-	-	-	0,14	0,45
<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq.	L ¹²	Z ¹²	91	121	25,0	0,0	33,3	10,3	0,47	0,57
<i>Psychotria leiocarpa</i> Cham. & Schltld.	L ¹²	Z ¹²	1394	1303	18,6	23,9	-6,5	18,2	4,45	3,84
<i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisn.	L ¹	An ¹	30	30	0,0	0,0	0,0	-	0,49	0,42
<i>Schaefferia argentinensis</i> Speg.	S ⁴	Z ⁴	91	91	0,0	0,0	0,0	7,3	0,36	0,33
<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	S ⁴	Z ⁴	-	-	-	-	-	-	0,14	0,13
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	S ⁶	Au ¹	424	364	0,0	14,3	-14,3	11,9	2,49	2,08
<i>Seguiera aculeata</i> Jacq.	L ²	An ²	61	121	50,0	0,0	100,0	-	0,30	0,56
<i>Senegalia</i> sp.	-	-	121	121	25,0	25,0	0,0	11,0	0,54	0,47
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	P ⁴	Z ⁴	0	30	100,0	-	-	-	-	0,14
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C.Burger et al.	S ¹	Z ¹	242	273	22,2	12,5	12,5	15,6	3,23	3,00
<i>Strychnos brasiliensis</i> Mart.	P ³	Z ¹	121	182	50,0	25,0	50,0	14,7	1,35	1,35
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	L ¹	Z ¹	636	727	16,7	4,8	14,3	-	1,91	2,17
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	P ¹	Z ¹	0	30	100,0	-	-	-	-	0,14
<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	P ³	An	-	-	-	-	-	-	0,14	0,13
<i>Trichilia claussenii</i> C.DC.	S ¹	Z ¹	1576	1727	10,7	3,8	7,7	11,7	7,02	6,78
<i>Trichilia elegans</i> A.Juss.	S ¹	Z ¹	2545	2667	16,9	11,9	6,0	12,2	10,66	10,15

Espécie	GS	ED	Classe II						C I e CII	
			DA _i	DA _f	TI (%)	TM (%)	TR (%)	IAM (cm)	RNR _i	RNR _f
<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich.	P ⁴	Z ⁴	-	-	-	-	-	-	0,11	0,13
<i>Xylosma pseudosalzmanii</i> Sleumer	L ⁴	Z ¹	61	30	0,0	50,0	-50,0	-	0,46	0,27
NI1	-	-	30	30	0,0	0,0	0,0	-	0,16	0,14
NI2	-	-	-	-	-	-	-	-	0,14	0,13
NI 3	-	-	30	30	0,0	0,0	0,0	-	0,16	0,14
NI 4	-	-	61	61	0,0	0,0	0,0	-	0,23	0,20
NI	-	-	61	273	-	-	-	-	0,88	1,61

Classe I (C I): regeneração natural com $1 \leq \text{DAP} < 5$ cm; Classe II (C II): regeneração natural com $H \geq 20$ cm e $\text{DAP} < 1$ cm; GS: grupo sucessional (P: pioneira; L: clímax exigente de luz; S: clímax tolerante à sombra); ED: estratégia de dispersão (Z: zoocoria; An: anemocoria; Au: autocoria); DA_i: densidade absoluta no início do período de medição; DA_f: densidade absoluta no final do período de medição (1 ano); TI: taxa de ingresso; TM: taxa de mortalidade; TR: taxa de regeneração; IAM: incremento em altura médio; RNR_i: regeneração natural no início do período de medição; RNR_f: regeneração natural no final do período de medição (1 ano); 1: Scipioni, Galvão e Longhi (2013); 2: Santos, Budke e Muller (2012); 3: Vaccaro, Longhi e Brena (1999); 4: Grings e Brack (2009); 5: Siminski (2009); 6: Lindenmaier e Budke (2006); 7: Kanieski et al. (2012b); 8: Vaccaro (2002); 9: Cavassani (2007); 10: Leyser et al. (2012); 11: Callegaro, Araujo e Longhi (2014); 12: Vargas e Oliveira (2007).

A densidade absoluta (Classe II) em 2014 foi de 22.485 indivíduos/ha e em 2015 foi de 24.636 indivíduos/ha, um acréscimo de 2.151 indivíduos/ha, representando a taxa de mudança positiva de 9,6%. Os valores de densidade absoluta são similares ou superiores aos estimados por Wedy (2007) (20.583 indivíduos) e por Scoti (2012) (floresta em estágio médio: 22.333 indivíduos/ha; estágio avançado: 19.636 indivíduos/ha), para remanescentes de Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul.

Constatou-se o ingresso de 4.636 indivíduos/ha (taxa de ingresso= 18,8%). As maiores taxas de ingresso (100%) foram de espécies que apresentaram um (DA= 30 indivíduos/ha) ou dois (DA= 61 indivíduos/ha) indivíduos ingressantes, por exemplo, *Balfourodendron riedelianum*, *Cedrela fissilis* e *Erythrina falcata*. Todavia, deve-se considerar com cautela essas altas taxas de ingresso, visto que as populações das espécies supracitadas foram constituídas apenas por um ou dois indivíduos.

Considerando populações com cinco indivíduos (152 indivíduos/ha) ou mais, as espécies *Myrsine umbellata* (58,3%), *Justicia* sp. (50,0%), *Strychnos brasiliensis* (50,0%) e *Prunus myrtifolia* (40,0%) apresentaram elevadas taxas de ingresso. Os maiores valores de ingresso absoluto foram, em ordem decrescente, das espécies

Trichilia elegans (455 indivíduos/ha= 16,9%), *Cupania vernalis* (333= 12,9%), *Justicia* sp. (333= 50%), *Piper aduncum* (333= 24,4%) e *Parapiptadenia rigida* (303= 22,7%). Entre essas espécies, Wedy (2007) constatou taxa de ingresso superior ao presente estudo para *Myrsine umbellata* (66,7%) e *Prunus myrtifolia* (100,0%) e taxa inferior para *Cupania vernalis* (10,0%), além da ausência de ingresso para *Trichilia elegans* (0%), condição também observada por Higuchi (2003), em uma Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa-MG.

Em relação à *Trichilia elegans*, ficou clara a facilidade de estabelecimento da espécie nas comunidades avaliadas, pois, apresentou o maior valor absoluto de ingresso (455 indivíduos/ha). Tal aspecto foi determinado, em parte, pela tolerância da espécie a solos com maior pedregosidade superficial e a capacidade da espécie em se regenerar com abundância nas cotas de altitudes elevadas (ALMEIDA-SCABBIA et al., 2011; *sensu* CALLEGARO, R. M.). Esta característica está relacionada à estratégia de dispersão de *Trichilia elegans* que, segundo Scipioni, Galvão e Longhi (2013), é a zoocoria. Assim sendo, infere-se que a *Trichilia elegans*, por ter frutos muito atrativos à fauna, tem facilidade de se dispersar na floresta.

A taxa de mortalidade (TM) foi 11,1%, representando a mortalidade absoluta de 2.485 indivíduos/ha, está situada entre os valores observados por Schorn e Galvão (2006) (estádio inicial: 1.825 indivíduos/ha; estágio médio: 4.050; estágio avançado: 1.650). As TM mais expressivas foram das espécies *Annona rugulosa* (37,5%), *Piper amalago* (33,3%), *Cestrum strigilatum* (25,0%), *Prunus myrtifolia* (25,0%) e *Strychnos brasiliensis* (25,0%). Em valores absolutos, destacaram-se as espécies *Psychotria leiocarpa* (333 indivíduos/ha= 23,9%), *Trichilia elegans* (303= 11,9%), *Nectandra megapotamica* (212= 24,1%), *Parapiptadenia rigida* (10,5%), *Cupania vernalis* (5,1%) e *Piper aduncum* (10,5%) com a morte de 121 indivíduos/ha. As altas taxas de mortalidade, segundo Higuchi (2003), podem estar relacionadas com a intensa competição e supressão do crescimento, devido a condições microclimáticas desfavoráveis, como redução da radiação solar e, ou outros recursos de crescimento.

As taxas de regeneração (TR), também conhecidas como taxas de mudança, foram negativas para 14 espécies, indicando que a mortalidade de indivíduos superou o número de ingressos no período de medição. Entre as espécies que tiveram decréscimo de sua população citam-se *Annona rugulosa* (TR= -37,5%),

Cestrum strigilatum (-16,7%), *Piper amalago* (-16,7%), *Sebastiania brasiliensis* (-14,3%) e *Pombalia bigibbosa* (-8,0%), entre outras.

Houve adensamento populacional de 29 espécies, como, por exemplo, *Myrsine umbellata* (TR= 100%), *Justicia* sp. (100%), *Strychnos brasiliensis* (50%), *Prunus myrtifolia* (25%), *Ocotea puberula* (Rich.) Nees (25%) e *Myrocarpus frondosus* (25%), que apresentaram taxa de regeneração positiva. Esses valores evidenciam que o número de ingressos foi superior à morte de indivíduos, além de evidenciar que as espécies com TR de 100% dobraram o seu tamanho populacional em apenas um ano. A elevada mudança no tamanho de algumas populações pode estar relacionada à coincidência do período de monitoramento com um período de elevado recrutamento de indivíduos (FELFILI et al., 2000). Essa situação indica que a determinação dos padrões de ingresso e de mortalidade de populações exige estudos com maior período de monitoramento, porém estudos com curto período de monitoramento, como é o caso do presente estudo (1 ano), podem fornecer indicativos das flutuações populacionais.

O equilíbrio entre o ingresso e a mortalidade de indivíduos, evidenciado por taxas de regeneração nulas (TR= 0%), foi observado para 26 espécies, sugerindo cautela a análises conclusivas, considerando-se que a avaliação de alterações florísticas dessas espécies devem ser baseadas em estudos com período de monitoramento superior a um ano. Exemplos de espécies amostradas com TR nula incluem *Casearia sylvestris*, *Cordia trichotoma*, *Dalbergia frutescens* e *Diospyros inconstans*. Esse aparente equilíbrio dinâmico, segundo Felfili et al. (2000) e Wedy (2007), deve-se a flutuações cíclicas, com alternância entre períodos de elevado recrutamento e elevada mortalidade. No entanto, o equilíbrio dinâmico verificado no presente estudo ocorreu, principalmente, pela inexistência de ingresso ou mortalidade, algo constatado para 21 das 26 espécies com TR igual a 0%.

O incremento médio em altura foi analisado para 35 espécies, que apresentaram pelo menos três indivíduos no início e no final do monitoramento. As espécies *Baccharis* sp. (73,3 cm), *Prunus myrtifolia* (46,3 cm), *Piper aduncum* (22,4 cm), *Myrsine umbellata* (20,4 cm), *Psychotria leiocarpa* (18,2 cm), *Piper amalago* (17,5 cm), *Luehea divaricata* (16,7 cm) e *Sorocea bonplandii* (15,6 cm) apresentaram os maiores incrementos em altura. Em uma Floresta Estacional Decidual na Depressão Central, em Santa Maria-RS, Scoti (2012) observou incremento médio anual de 32,0 cm para *Prunus myrtifolia* e 3,0 cm para *Sorocea bonplandii*, enquanto

Schorn (2005) constatou incremento de 6,7 cm para *Sorocea bonplandii* e 12,5 cm para *Luehea divaricata*. Esses resultados indicam que algumas espécies de maior incremento na área estudada apresentaram crescimento inferior em outras florestas.

No caso de *Baccharis* sp., o elevado incremento em altura se deve essencialmente à ocorrência da espécie em uma parcela com clareira, onde a abertura do dossel foi de 79% (maior valor encontrado entre as 33 parcelas). Tratando-se de uma espécie pioneira, a elevada luminosidade incidente sobre o solo favoreceu o estabelecimento e o conseqüente incremento em altura.

Os menores incrementos em altura foram das espécies *Diospyros inconstans* (8,6 cm), *Nectandra megapotamica* (8,4 cm), *Cupania vernalis* (7,7 cm), *Schaefferia argentinensis* (7,3 cm), *Actinostemon concolor* (6,7 cm), *Allophylus guaraniticus* (5,6 cm), *Ocotea puberula* (4,0 cm) e *Cabralea canjerana* (2,5 cm). Algumas dessas espécies, que foram amostradas em outras florestas, apresentaram incremento médio anual em altura inferior ou superior ao presente estudo em até 5 cm (SCHORN (2005): *Ocotea puberula*= 6,8 cm/ano; SCCOTI (2012): *Nectandra megapotamica*= 11,9 cm/ano; *Cupania vernalis*= 4,4 cm/ano; *Actinostemon concolor*= 7,6 cm/ano; e *Allophylus guaraniticus*= 0,6 cm/ano). Todavia, *Cabralea canjerana* apresentou incremento em altura (22,5 cm/ano) mais destacado na floresta amostrada por Schorn (2005). Conforme Carvalho (2002), *Cabralea canjerana* ocorre naturalmente em diferentes condições ambientais, mas tende a crescer mais em sítios com em solo fértil, com propriedades físicas adequadas, como profundo, com boa disponibilidade hídrica, boa drenagem e textura argilosa e areno-argilosa.

A regeneração natural relativa (RNR), calculada a partir da Classe I e da Classe II, indicou como espécies mais representativas no início do período de medição, em ordem decrescente: *Trichilia elegans* (2014: 10,66%; 2015: 10,15%); *Cupania vernalis* (2014: 9,38%; 2015: 9,32%); *Actinostemon concolor* (2014: 8,66%; 2015: 8,02%); *Trichilia claussenii* (2014: 7,02%; 2015: 6,78%); *Psychotria leiocarpa* (2014: 4,45%; 2015: 3,84%); *Piper aduncum* (2014: 3,83%; 2015: 4,12%); *Parapiptadenia rigida* (2014: 3,49%; 2015: 3,83%); *Nectandra megapotamica* (2014: 3,28%; 2015: 3,32%); e *Sorocea bonplandii* (2014: 3,23%; 2015: 3,00%). Essas espécies mantiveram sua representatividade na regeneração natural após um ano de monitoramento, contudo, houve troca de posição em nível de importância entre *Psychotria leiocarpa* (2014: 5ª maior RNR; 2015: 6ª maior RNR) e *Piper aduncum*. A

diminuição do valor de RNR pode ser atribuída, em parte, ao adensamento de populações de menor importância estrutural.

Considerando que a regeneração natural relativa é baseada na frequência (porcentagem de parcelas onde a espécie ocorreu), densidade (indivíduos/ha) e em categorias de tamanho (classes de altura), percebe-se que as alterações hierárquicas advêm do ingresso e da mortalidade e do crescimento em altura dos indivíduos presentes ou ingressantes. Esse fato é exemplificado pelas espécies *Pombalia bigibbosa* (TI= 4,3%; TM= 12,0%) e *Inga marginata* (TI= 16,0%; TM= 0,0%), que alternaram posições hierárquicas devido a maior taxa de ingresso e à ausência de mortalidade de *Inga marginata*. As relações entre o crescimento em altura e a RNR podem ser descritas analisando-se a estrutura hipsométrica e os ingressos e saídas de indivíduos em cada classe. Um exemplo de metodologia usada para avaliar alterações em classes de altura consta no trabalho de Schorn (2005).

Possíveis alterações nas taxas de ingresso, mortalidade e regeneração, no crescimento em altura e na representatividade das espécies na regeneração natural estão relacionadas tanto a variáveis ambientais como características autoecológicas. Este aspecto foi observado em diferentes pesquisas e tipologias florestais (HIGUCHI, 2003; SCHORN; GALVÃO, 2006; SCCOTI, 2012; WEDY, 2007). No presente estudo, foi observado que espécies clímax exigentes de luz (CL) e clímax tolerantes à sombra (CS) apresentaram maior densidade de indivíduos do que as pioneiras (P) no início e no final do período de monitoramento, bem como maior mortalidade de indivíduos (Tabela 7). Em relação aos ingressos, as espécies CL apresentaram diferença significativa das espécies CS e P, as quais não diferiram entre si. Tal aspecto influenciou a mudança nos grupos sucessionais, sendo o maior valor observado para CL (12,1 indivíduos/100m²), que diferiu da CS (4,2 indivíduos/100m²) e P (-0,3 indivíduos/100m²). Os maiores valores de ingresso e a maior mudança, observadas para as CL, indicam que condições intermediárias de luminosidade prevaleceram nas comunidades avaliadas. Em contraste, espécies P tiveram dificuldade de se estabelecer, devido, em parte, ao dossel mais fechado, conforme descrito por Higuchi et al. (2006).

A zoocoria (Zoo) diferiu das outras estratégias de dispersão, anemocoria e autocoria, em todos os atributos comparados. A elevada densidade de indivíduos zoocóricos (2014: 169,7 indivíduos/100m²; 2015: 182,7 indivíduos/100m²) nas duas

ocasiões evidencia que a composição e a estrutura da regeneração natural têm forte influência da zoocoria. Esse aspecto corrobora a afirmação de que a estratégia de dispersão pode causar profundo efeito sobre a dinâmica e estrutura de comunidades florestais (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2006; BARBOSA et al., 2012). Ressalta-se a importância da escolha de espécies zoocóricas para restauração ecológica de áreas.

Tabela 7 - Valores médios de atributos dos grupos sucessionais e das estratégias de dispersão, em um ano de monitoramento da regeneração natural (2014/2015). Agudo, RS, 2015.

Atributos	GS					ED					nc
	Pio	CL	CS	H	p	Zoo	Ane	Auto	H	p	
Inicial-2014 (indivíduos/100m ²)	10,0 ^b	120,0 ^a	88,5 ^a	68,749	<0,001	169,7 ^a	24,5 ^b	24,2 ^b	58,259	<0,001	6,4
Final-2015 (indivíduos/100m ²)	9,7 ^b	132,1 ^a	92,7 ^a	62,673	<0,001	182,7 ^a	27,3 ^b	24,5 ^b	56,572	<0,001	11,8
Ingresso (indivíduos/100m ²)	2,7 ^b	26,1 ^a	11,8 ^b	21,085	<0,001	32,4 ^a	6,1 ^b	2,1 ^b	33,870	<0,001	6,1
Mortalidade (indivíduos/100m ²)	3,0 ^b	13,9 ^a	7,6 ^a	20,204	<0,001	19,4 ^a	3,3 ^b	1,8 ^b	25,253	<0,001	0,6
Mudança (indivíduos/100m ²)	-0,3 ^b	12,1 ^a	4,2 ^b	9,460	0,024	13,0 ^a	2,7 ^b	0,3 ^b	12,334	0,006	5,5

GS: grupo sucessionais; ED: estratégia de dispersão; Pio: pioneira; CL: clímax exigente de luz; CS: clímax tolerante à sombra; H: estatística do teste não-paramétrico *Kruskal-Wallis*; p: probabilidade obtida no teste; Zoo: zoocoria; Ane: anemocoria; Auto: autocoria; nc: não classificada; ^{a, b}: letras diferentes indicam que os grupos sucessionais e as estratégias de dispersão diferiram significativamente entre si ($p < 0,05$).

Percebe-se que a menor mudança (0,3 indivíduos/100m²) foi das espécies autocóricas, expondo a dificuldade de dispersão de propágulos na floresta de espécies com essa estratégia, devido a distribuição mais restrita dessas espécies em uma floresta. A menor proporção de indivíduos de espécies autocóricas e anemocóricas é comum em florestas atlânticas (ALVES; METZGER, 2006; SCIPIONI; GALVÃO; LONGHI, 2013).

Entre as variáveis ambientais consideradas, apenas a exposição do relevo, o tipo de clareira e a altura da serapilheira apresentaram correlação significativa ($p < 0,05$) e igual ou superior a 0,4, com os atributos dinâmicos dos grupos sucessionais e estratégias de dispersão. O ingresso das espécies clímax exigente de luz (CL)

apresentou correlação moderada e negativa com a exposição do relevo (Spearman=-0,43), enquanto a correlação da exposição com a mudança das CL foi forte e negativa (-0,68). Segundo Oliveira et al. (1995), no hemisfério sul, nas encostas expostas ao norte há maior luminosidade sob o solo, ocorrem temperaturas máximas do ar maiores e a serapilheira perde umidade mais rapidamente, do que encostas voltadas ao sul. Tais aspectos indicam que temperaturas extremas e a perda de umidade na fase inicial de desenvolvimento das plântulas prejudicam a regeneração natural de algumas espécies CL.

As condições de luminosidade e umidade aparentemente influenciaram a regeneração natural de espécies clímax tolerantes à sombra (CS). Os valores médios de ingresso foram correlacionados negativamente com a variável clareira (-0,40), evidenciando que a capacidade de estabelecimento de espécies CS é afetada por clareiras. A correlação negativa entre a mortalidade de espécies CS e a altura da serapilheira (-0,45), indica que a maior quantidade de serapilheira sobre o solo torna o sítio mais favorável à regeneração natural dessas espécies. Conforme Martins e Rodrigues (1999), fatores de microsítios como luz, temperatura e umidade do solo sofrem diferentes alterações em decorrência da quantidade de serapilheira. Essas condições podem explicar a correlação negativa entre a mortalidade de plantas autocóricas e a altura da serapilheira (-0,40), visto que 75,4% dos indivíduos autocóricos pertencem a espécies CS (*Actinostemon concolor*= 64,6%; *Sebastiania brasiliensis*= 10,8%).

A variável clareira foi correlacionada negativamente com o ingresso (-0,44) e a mortalidade (-0,46) de espécies zoocóricas. Tal correlação pode ocorrer devido às condições climáticas no interior de clareiras, onde a umidade do ar é mais baixa e a evapotranspiração é maior (LIMA, 2005). Deve-se observar que a correlação foi negativa para os valores de ingresso e de mortalidade desse grupo, indicando que as clareiras afetam negativamente tanto o estabelecimento de plântulas como a manutenção de indivíduos existentes. A correlação negativa com o ingresso também pode estar relacionada à ausência de abrigo e de poleiros para a fauna dispersora.

6.6 Conclusões

As espécies *Myrsine umbellata* (taxa de ingresso e taxa de regeneração positiva), *Annona rugulosa* (taxa de mortalidade e taxa de regeneração negativa) e *Prunus myrtifolia* (incremento médio em altura) são mais suscetíveis a alterações populacionais ou estruturais em um ano de monitoramento.

A menor mortalidade (sobrevivência) das espécies clímax tolerantes à sombra e autocóricas na regeneração natural é favorecida pela maior quantidade de serapilheira acumulada sobre o solo, enquanto as clareiras atuaram como fator limitante do ingresso de espécies tolerantes à sombra. As clareiras também influenciam negativamente o ingresso de espécies zoocóricas, condição possivelmente relacionada à ausência de abrigo e poleiros para a fauna dispersora.

7 CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS E USO POTENCIAL EM RESTAURAÇÃO DE ESPÉCIES ARBUSTIVAS E ARBÓREAS DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL NO SUL DO BRASIL

7.1 Resumo

Um dos métodos mais utilizado na restauração ecológica no Brasil é o plantio de espécies arbóreas. Entretanto, poucos estudos direcionaram a análise para discussão sobre características das espécies arbustivas e arbóreas na floresta e seu uso potencial em restauração ecológica. Nesse contexto, objetivou-se identificar correlações de espécies arbustivas e arbóreas com variáveis ambientais, em uma Floresta Estacional Decidual no sul do Brasil. Foram amostrados indivíduos no estrato arbóreo (DAP ≥ 5 cm) e na regeneração natural (Classe I: $1 \leq$ DAP < 5 cm; Classe II: DAP < 1 cm e altura ≥ 20 cm). Para determinar as correlações foi utilizado o coeficiente de Spearman. Algumas espécies foram relacionadas a variáveis distintas conforme o estágio de desenvolvimento. Espécies como *Actinostemon concolor* e *Sorocea bonplandii* demonstraram tolerância a solos rasos, com maior grau de pedregosidade, situação recorrente nas florestas do rebordo do Planalto Meridional, enquanto *Cupania vernalis* e *Nectandra megapotamica* apresentaram correlação negativa com essas variáveis. As espécies zoocóricas mostraram-se importantes para a constituição do componente arbóreo e o estabelecimento de populações. As diferentes correlações observadas evidenciam que o uso das espécies arbustivas e arbóreas na restauração ecológica, deveria ser baseado na análise de fatores potencialmente favoráveis ou limitantes ao estabelecimento dessas espécies.

Palavras-chave: Espécies nativas. Fatores limitantes. Áreas degradadas. Restauração ambiental.

7.2 Abstract

One of the most used methods in ecological restoration in Brazil is planting tree species. However, few studies directed the analysis to discussion of characteristics of shrub and tree species in the forest and its potential use in ecological restoration. In this context, this study goal was to identify correlations of shrub and tree species with environmental variables, in a Deciduous Seasonal Forest in southern Brazil. Individuals in the arboreal stratum (DBH ≥ 5 cm) and natural regeneration (Class I: $1 \leq$ DBH < 5 cm; Class II: DBH < 1 cm and height ≥ 20 cm) were sampled. Spearman's coefficient was used to determine the correlations. Some species were related to different environmental variables as the stage of development. For example, *Actinostemon concolor* and *Sorocea bonplandii* were tolerant to shallow soils, with higher levels of stoniness, a recurrent situation in the forests of the Southern Plateau edge, while *Cupania vernalis* and *Nectandra megapotamica* were correlated negatively to these variables. The zoochoric species are important for the formation of the arboreal component and the establishment of populations. The different

relationships observed show that the use of shrub and tree species in ecological restoration should be based on the analysis of potentially favorable or limiting environmental variables to the establishment of these species.

Keywords: Indigenous species. Limiting factors. Degraded areas. Environmental recovery.

7.3 Introdução

A Floresta Estacional Decidual é uma tipologia distribuída em diferentes regiões do Brasil, sendo identificada na zona subtropical, devido ao inverno frio (temperaturas médias mensais ≤ 15 °C), que determina a queda da folhagem de mais de 50% da cobertura arbórea superior. Neste caso estão inseridas as florestas do rebordo do Planalto Meridional, do Rio Grande do Sul (IBGE, 2012).

Nessa região, determinados locais, anteriormente cobertos por florestas, foram ocupados por atividades agropecuárias. Em alguns casos, a floresta se regenerou naturalmente, apresentando diferentes estádios sucessionais, como pode ser verificado nos arredores do Parque Estadual Quarta Colônia e inclusive dentro do Parque (MARCUIZZO; ARAUJO; LONGHI, 2013). Entretanto, nem todas as áreas abandonadas apresentaram regeneração natural, devido à degradação ambiental. Essas situações são recorrentes na região do rebordo do Planalto Meridional e evidenciam a demanda de informações, que subsidiem projetos de restauração ecológica.

Conforme Martins, Miranda Neto e Ribeiro (2012), o reflorestamento heterogêneo com mudas de espécies arbóreas, quando bem conduzido e fundamentado em critérios ecológicos, pode resultar em florestas com elevada diversidade e com suas funções ecológicas restauradas. Os autores ressaltam que em grandes áreas, onde a capacidade de autorregeneração foi perdida, o reflorestamento pode ser mais indicado.

Considerando a presença de áreas florestais alteradas da região da Floresta Estacional Decidual e a demanda de recomposição vegetal em áreas protegidas, Reserva Legal e Área de Preservação Permanente, torna-se necessário aumentar o conhecimento existente sobre espécies nativas e suas características ecológicas. Informações associadas às espécies são fundamentais para o entendimento

silvicultural das mesmas, antes de sua utilização em projetos de restauração ecológica. Conforme Sant'Anna, Tres e Reis (2011), a restauração ecológica procura imitar o processo de regeneração natural dos ecossistemas, propondo um conjunto mínimo de interferências para incrementar esses processos sucessionais.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo identificar correlações entre a abundância de espécies arbustivas e arbóreas e variáveis ambientais, em uma Floresta Estacional Decidual no Sul do Brasil, indicando possíveis usos dessas espécies na restauração florestal, em áreas com condições ambientais similares.

7.4 Material e métodos

7.4.1 Caracterização da área

O presente estudo foi realizado em um trecho de floresta no Parque Estadual Quarta Colônia (PEQC), entre as coordenadas 29°27'20,2"S e 29°27'54,3"S e 53°16'19,6"O e 53°16'55,3"O, município de Agudo, RS. O relevo da área é variável, predominando encostas e escarpas, com relevo atingindo valores maiores que 75%, em cotas próximas aos topos de morros. A classe de solo predominante é a dos Neossolos, com ocorrência mais frequente de Neossolos Litólicos (PEDRON; DALMOLIN, 2011). As altitudes da área amostral variam de 80 a 380 m.

O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo Cfa (subtropical). As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano para toda a região do rebordo do Planalto Meridional, variando entre 60 mm e 140 mm nos meses de verão, outono e inverno, sendo que na primavera ocorrem os maiores volumes de precipitação 320 mm (FERRAZ; ROBERTI, 2011; ALVARES et al., 2013).

A vegetação pertence à região fitoecológica Floresta Estacional Decidual (IBGE, 2012). A área apresenta mosaico sucessional, com áreas de floresta primária até áreas em estágio inicial de regeneração (MARCUIZZO; ARAUJO; LONGHI, 2013).

7.4.2 Coleta de dados

O estrato arbóreo (diâmetro à altura do peito (DAP) ≥ 5 cm) foi amostrado em 33 parcelas com dimensões de 20 m x 20 m, instaladas em seis linhas paralelas, orientadas no sentido Oeste-Leste e equidistantes 200 m. Manteve-se a distância de 130 m entre cada parcela ao longo das linhas. Em cada parcela de 20 m x 20 m, foram instaladas unidades para medição da regeneração natural. A Classe I ($1 \leq \text{DAP} < 5$ cm) foi amostrada em unidades com dimensões de 4 m x 10 m e a Classe II ($\text{DAP} < 1$ cm e altura ≥ 20 cm) foi amostrada em subunidades de 2,5 m x 4 m. Foram amostradas espécies arbóreas e arbustivas incluídas nos limites supracitados.

O material vegetativo dos indivíduos não identificados *in loco* foi coletado para posterior identificação no Herbário do Departamento de Ciências Florestais (HDCF), da Universidade Federal de Santa Maria. A confirmação do binômio científico foi realizada por consulta à Lista de Espécies da Flora do Brasil (JBRJ, 2015).

A declividade (graus) foi medida com clinômetro digital. A altitude (m) foi obtida no centro das parcelas, com o *GPS eTrex® 30*. A exposição do relevo foi medida com uma bússola (graus), em relação ao norte magnético. Considerando-se que a face norte do morro recebe maior luminosidade (OLIVEIRA et al., 1995), a exposição foi medida de 0° a 180° em direção ao norte. A abertura do dossel foi medida com um densiômetro esférico convexo, a 1 m do solo, no centro de cada parcela (SCOLARI et al., 2010). A área basal do estrato ($\text{m}^2/\text{parcela}$) foi incluída como variável indicadora de ambiente com maior competição. A espessura da serapilheira acumulada sobre o solo foi medida com trena metálica nos três pontos de medição, distribuídos aleatoriamente nas parcelas da regeneração natural.

Foi coletada uma amostra composta por parcela de 20 m x 20 m, constituída por três amostras simples coletadas na profundidade de 0-20 cm. As amostras compostas foram enviadas ao Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde foram analisadas conforme Tedesco et al. (1995), para análise química. Nessa análise, foram determinados os seguintes parâmetros: pH água, Ca, Mg, H+Al, CTC efetiva, saturação por bases, índice SMP, % MO, S, P-Mehlich, K, Cu, Zn, B e as relações molares Ca/Mg, (Ca+Mg)/K e $\text{K}/(\text{Ca}+\text{Mg})^{1/2}$. A granulometria (% areia, % silte, % argila) foi analisada no

Laboratório de Física do Solo pelo método da pipeta, conforme EMBRAPA-CNPS (1997).

A profundidade do solo foi medida com uma haste de metal de 13 mm de espessura e 1,50 m de comprimento. A haste foi pressionada até que atingisse a rocha e o valor da profundidade foi o comprimento da haste que ficou inserido no solo. Foram feitas três medidas por parcela de 20 m x 20 m, sendo os pontos de medição distribuídos em locais que representassem a situação geral da parcela. Os valores obtidos forneceram a profundidade média do solo por parcela. A pedregosidade superficial foi avaliada conforme Santos et al. (2013), em relação à presença superficial de calhaus e/ou matacões, sendo expressa como variável ordinal: 1 - não pedregosa; 2 - ligeiramente pedregosa; 3 - moderadamente pedregosa; 4 - pedregosa; 5 - muito pedregosa; 6 - extremamente pedregosa; e 7 - terreno pedregoso.

7.4.3 Análise dos dados

Foi calculado o coeficiente de Spearman para determinar a correlação entre as variáveis ambientais e as dez espécies mais abundantes de cada nível de inclusão, testando-se a significância das correlações. Os coeficientes que apresentaram valor significativo ($p < 0,05$) foram discutidos no texto. O coeficiente de Spearman foi calculado no programa *SPSS 13.0 for Windows* (SPSS, 2004).

Foi realizado o ordenamento multidimensional não métrico (NMDS) das espécies em um mapa bi-dimensional, a partir de uma matriz de dados contendo a abundância das espécies em cada parcela. A medida de distância utilizada foi o índice de Jaccard. O coeficiente *stress*, que mede a porcentagem de divergência entre as distâncias da matriz original e as distâncias obtidas no espaço reduzido, é considerado satisfatório quando o seu valor é inferior a 20 (VALENTIN, 2012). A análise foi realizada no programa *PC-ORD for Windows*, versão 4.4 (MCCUNE; MEFFORD, 1999).

7.5 Resultados e discussão

A composição das espécies, que apresentaram os dez maiores valores de densidade absoluta, variou entre os níveis de inclusão considerados neste estudo (Tabela 8). No estrato arbóreo, as espécies de maior densidade foram *Trichilia claussoni* C.DC. (174 indivíduos/ha), *Allophylus edulis* (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk. (106 indivíduos/ha), *Sebastiania brasiliensis* Spreng. (95 indivíduos/ha) e *Cupania vernalis* Cambess. (89 indivíduos/ha). Na regeneração natural Classe I, *Trichilia elegans* A. Juss. (523 indivíduos/ha), *Actinostemon concolor* (Spreng.) Müll.Arg. (371 indivíduos/ha), *Cupania vernalis* (371 indivíduos/ha) e *Sorocea bonplandii* (Baill.) W.C.Burger et al. (250) foram as espécies mais densas, enquanto *Trichilia elegans* (2545 indivíduos/ha), *Actinostemon concolor* (2424 indivíduos/ha), *Cupania vernalis* (2364 indivíduos/ha) e *Trichilia claussoni* (1576 indivíduos/ha) o foram na regeneração natural Classe II.

Tabela 8 - Atributos populacionais e morfométricos das espécies arbustivas e arbóreas predominantes, em um trecho de Floresta Estacional Decidual. Agudo, RS, 2015.

	Espécie	DA (ind/ha)	FA	H _{méd} (m)	D _{méd} (cm)	GS
DAP ≥ 5 cm	<i>Trichilia claussoni</i> C.DC.	174	60,6	7,5	11,5	CS
	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.	106	84,9	7,5	13,1	CL
	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	95	48,5	7,1	9,8	CS
	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	89	72,7	8,0	11,5	CL
	<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C.Burger et al.	85	45,5	5,7	7,5	CS
	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	65	78,8	10,6	23,7	CL
	<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll.Arg.	63	24,2	5,5	7,5	CS
	<i>Lonchocarpus</i> cf. <i>nitidus</i> (Vogel) Benth.	58	36,4	7,1	13,0	CL
	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	57	60,6	6,7	9,9	CL
	<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	49	51,5	4,9	6,6	CS
1 ≤ DAP < 5cm	<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	523	45,5	3,8	2,6	CS
	<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll.Arg.	371	36,4	3,2	2,2	CS
	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	371	27,3	3,3	1,9	CL
	<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C.Burger et al.	250	33,3	3,3	2,7	CS
	<i>Trichilia claussoni</i> C.DC.	227	51,5	3,6	2,5	CS
	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	144	18,2	4,0	2,6	CS
	<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	106	9,1	3,5	2,1	CL
	<i>Piper aduncum</i> L.	83	12,1	2,4	1,7	CL
	<i>Strychnos brasiliensis</i> Mart.	83	9,1	3,2	1,8	P
	<i>Baccharis</i> sp.	68	3,0	2,2	1,3	P

	Espécie	DA (ind/ha)	FA	H _{méd} (m)	D _{méd} (cm)	GS
H > 20cm e DAP < 1cm	<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	2545	69,7	0,86	-	CS
	<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll.Arg.	2424	27,3	0,67	-	CS
	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	2364	57,6	0,44	-	CL
	<i>Trichilia claussoni</i> C.DC.	1576	63,4	0,61	-	CS
	<i>Psychotria leiocarpa</i> Cham. & Schlttdl.	1394	48,5	0,72	-	CL
	<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	1152	27,3	0,66	-	CL
	<i>Piper aduncum</i> L.	1152	36,4	0,95	-	CL
	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	879	39,4	0,43	-	CL
	<i>Pombalia bigibbosa</i> (A.St.Hil.) Paula-Souza	758	27,3	0,81	-	CL
	<i>Inga marginata</i> Willd.	636	18,2	0,99	-	CL

DA: densidade absoluta; FA: frequência absoluta; H_{méd}: altura (H) média; D_{méd}: diâmetro à altura do peito (DAP) médio; GS: grupo sucessional (P: pioneira; CL: clímax exigente de luz; CS: clímax tolerante à sombra).

O coeficiente de Spearman indicou correlação significativa e positiva da abundância de árvores de *Allophylus edulis* com altitude (0,37), argila % (0,38) e enxofre (S) (0,31), além de correlação negativa com a profundidade do solo (-0,37) e o tipo de clareira (-0,36). Apesar dos valores terem sido baixos (correlação fraca), pode-se inferir que *Allophylus edulis* no estrato arbóreo ocorreu preferencialmente nas porções mais elevadas do relevo, tolerando solos rasos, porém com maior teor de argila e S (Tabela 9). A correlação positiva de *Allophylus edulis* ao teor de argila pode estar relacionada à preferência da espécie por sítios com maior umidade no solo, visto que, segundo Silva et al. (2009), a porcentagem de argila no solo colabora para a retenção da água.

De maneira análoga à *Allophylus edulis*, *Trichilia claussoni* foi correlacionada positivamente à altitude (0,66) e negativamente à profundidade do solo (-0,55), todavia, as correlações foram mais fortes, evidenciando um padrão mais comum para esta espécie. As outras variáveis correlacionadas com o componente adulto de *Trichilia claussoni* incluíram área basal do estrato arbóreo (0,43) e pedregosidade superficial (0,42). Nesse contexto, Scipioni et al. (2010) observaram resultados similares, onde *Trichilia claussoni* foi abundante em encostas, com solos rasos e afloramentos rochosos. Percebe-se que *Trichilia claussoni*, uma espécie clímax tolerante à sombra, tem grande potencial de uso na restauração de áreas declivosas, com solo raso e pedregoso, porém, deve ser utilizada no enriquecimento de vegetação pré-existente, devido as suas características sucessionais.

Tabela 9 - Correlações significativas entre variáveis ambientais e as espécies arbóreas e arbustivas mais abundantes, listadas em ordem decrescente em relação à abundância, em um trecho de Floresta Estacional Decidual. Agudo, RS.

	Espécie	Altit	Exp	AB	Pedr	Prof	Argi	Ca	CTC	Mg	MO	S	
		Coeficiente de Spearman***											
DAP ≥ 5 cm	<i>Trichilia claussoni</i>	0,66	ns	0,43	0,42	-0,55	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
	<i>Allophylus edulis</i>	0,37	ns	ns	ns	-0,37	0,38	ns	ns	ns	ns	0,31	
	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	ns	0,39	ns	0,39	ns	0,33	ns	ns	ns	0,45	0,49	
	<i>Cupania vernalis</i>	-0,32	ns	-0,33	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
	<i>Sorocea bonplandii</i>	ns	ns	0,33	0,33	-0,37	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
	<i>Nectandra megapotamica</i>	ns	-0,44	ns	-0,37	ns	ns	ns	ns	ns	0,42	ns	-0,38
	<i>Actinostemon concolor</i>	ns	ns	0,29	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	<i>Lonchocarpus cf. nitidus</i>	-0,31	ns	ns	-0,31	0,32	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	<i>Casearia sylvestris</i>	ns	-0,42	ns	ns	ns	ns	-0,57	-0,55	-0,37	ns	ns	-0,34
	<i>Trichilia elegans</i>	0,44	ns	0,50	ns	-0,36	ns	ns	ns	ns	ns	0,33	ns
1 ≤ DAP < 5cm	Espécie	Altit	Exp	AB	Sera	Prof	Arei	Silte	Ca	CTC	MO	P	
	Coeficiente de Spearman												
	<i>Trichilia elegans</i>	ns	ns	ns	0,33	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	<i>Actinostemon concolor</i>	ns	-0,31	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	<i>Cupania vernalis</i>	-0,36	ns	ns	-0,33	0,45	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	<i>Sorocea bonplandii</i>	0,32	ns	0,30	ns	-0,34	ns	ns	ns	-0,30	ns	ns	ns
	<i>Trichilia claussoni</i>	0,53	ns	ns	0,54	-0,33	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	<i>Sebastiania brasiliensis</i>	ns	0,37	ns	ns	ns	-0,43	0,38	ns	ns	ns	ns	0,39
	<i>Machaerium paraguariense</i>	ns	ns	-0,44	ns	ns	-0,36	0,36	0,31	0,33	ns	ns	ns
	<i>Piper aduncum</i>	ns	-0,34	ns	-0,47	ns	ns	ns	ns	ns	-0,30	ns	ns
<i>Strychnos brasiliensis</i>	ns	ns	-0,34	ns	ns	-0,40	0,40	0,38	0,39	0,38	ns	ns	
<i>Baccharis sp.</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,30	
H ≥ 20cm e DAP < 1cm	Espécie	Altit	Exp	AB	Sera	Prof	Pedr	Arei	Silte	B	Zn	Ca/Mg	
	Coeficiente de Spearman												
	<i>Trichilia elegans</i>	-0,30	ns	ns	ns	0,39	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	<i>Actinostemon concolor</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	<i>Cupania vernalis</i>	ns	ns	ns	ns	ns	-0,39	ns	ns	ns	ns	-0,36	
	<i>Trichilia claussoni</i>	0,35	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,36	ns	ns	
	<i>Psychotria leiocarpa</i>	-0,31	ns	ns	ns	0,40	ns	ns	ns	0,40	0,32	ns	
	<i>Parapiptadenia rigida</i>	-0,33	ns	-0,42	ns	0,35	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	<i>Piper aduncum</i>	ns	-0,62	ns	-0,48	ns	ns	ns	ns	0,44	0,47	-0,60	
	<i>Nectandra megapotamica</i>	-0,48	ns	ns	-0,34	0,38	-0,31	0,40	-0,45	ns	ns	ns	-0,46
<i>Pombalia bigibbosa</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
<i>Inga marginata</i>	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,30	ns	0,34	ns	ns	

DAP: diâmetro à altura do peito; H: altura; Altit: altitude; Exp: exposição do relevo; AB: área basal do componente arbóreo; Pedr: pedregosidade superficial; Prof: profundidade do solo; Argi: fração argila; Ca: cálcio; CTC: capacidade de troca de cátions efetiva; Mg: magnésio; MO: matéria orgânica; S: enxofre; Sera: altura da serapilheira; Arei: fração areia; Silte: fração silte; P: fósforo-Mehlich; B: boro; Z: zinco; Ca/Mg: relação molar cálcio/magnésio; *: correlação significativa em nível de 5% (valores destacados em negrito indicam correlação significativa em nível de 1%); **: outros coeficientes significativos constam no texto.

A análise da regeneração natural Classe I ($1 \leq \text{DAP} < 5 \text{ cm}$) e da Classe II ($H \geq 20 \text{ cm}$ e $\text{DAP} < 1 \text{ cm}$) de *Trichilia clauseni*, mostrou correlação de ambas as classes com a altitude (Classe I: 0,53; Classe II: 0,35), porém mais forte para a Classe I. Esta classe também foi correlacionada com a espessura da serapilheira acumulada (manta) (0,54).

Sebastiania brasiliensis apresentou correlação significativa com variáveis topográficas e edáficas (estrato arbóreo: S: 0,49; matéria orgânica %: 0,45; exposição: 0,39; pedregosidade: 0,39; Classe I: areia %: -0,43; fósforo (P): 0,39; silte %: 0,38; exposição: 0,37). Em uma encosta voltada ao sul do morro, no Parque Estadual Quarta Colônia, Marcuzzo, Araujo e Longhi (2013) detectaram correlação de *Sebastiania brasiliensis* com os teores de P, Ca e Mg, enquanto Scipioni et al. (2009), não observaram correlações entre a espécie e variáveis ambientais, em outra floresta no rebordo do Planalto Meridional. Esses resultados indicam que *Sebastiania brasiliensis* pode ocorrer de maneira generalizada no gradiente ambiental, mas tem certa afinidade por ambientes com maior teor de S, MO e P, além de ser influenciado pela textura do solo.

A espécie *Cupania vernalis* constou entre as mais abundantes nos três níveis de inclusão, apresentando correlação com diferentes variáveis (estrato arbóreo: altitude: -0,32; e área basal: -0,33; Classe I: profundidade do solo: 0,45; altitude: -0,36; e altura da serapilheira: -0,33; Classe II: pedregosidade: -0,39; S: -0,39; e Ca/Mg: -0,36). Alguns estudos relacionaram a distribuição *Cupania vernalis* com a declividade do terreno (correlação negativa), teores de potássio (K) e de matéria orgânica (SCIPIONI et al., 2010; MARCUZZO; ARAUJO, LONGHI, 2013). Tais resultados indicam que a espécie se regenerou com maior facilidade em sítios de solo profundo e menor grau de pedregosidade superficial.

Sorocea bonplandii apresentou apenas correlações fracas, sendo o maior valor observado entre o estrato arbóreo e a profundidade do solo (-0,37), indicando que a espécie pode se estabelecer em solos rasos, geralmente associados a sítios de maior altitude e a maior grau de pedregosidade. Resultado similar foi observado por Scipioni et al. (2009), onde a espécie apresentou correlação moderada e positiva com Neossolos (rasos). A abundância de *Sorocea bonplandii* em solos rasos decorre, em parte, dos aspectos morfométricos da espécie, característica de sub-bosque (MARCHI; JARENKOW, 2008), que por apresentar porte pequeno (presente

estudo: altura= $5,7\text{m}\pm 1,7\text{m}$; DAP= $7,5\text{m}\pm 2,5\text{cm}$) não teria como fator limitante o substrato pouco profundo.

A espécie *Nectandra megapotamica* apresentou correlações significativas com muitas variáveis na Classe II (altitude: -0,48; Ca/Mg: -0,46; silte %: -0,45; areia %: 0,40; profundidade: 0,38; serapilheira: -0,34; e pedregosidade: -0,31) e no estrato arbóreo (exposição: -0,44; Ca/Mg: -0,42; S: -0,38; saturação por bases: -0,38; pedregosidade: -0,37; Mg: 0,42), indicando que a espécie é mais exigente em relação às condições ambientais. Nota-se que essa espécie foi mais abundante nas cotas altimétricas menos elevadas, onde tendem a ocorrer solos mais profundos e menos pedregosos, por isso a menor ocorrência desta na regeneração, como visto nos capítulos anteriores.

Actinostemon concolor, uma espécie típica de sub-bosque (MARCHI; JARENKOW, 2008), teve elevada abundância na floresta, principalmente nas classes de regeneração, onde foi a segunda espécie em número de indivíduos, característica similar a outras florestas estacionais (RUSCHEL; GUERRA; NODARI, 2009; SCIPIONI; GALVÃO; LONGHI, 2013). No presente estudo, os coeficientes de Spearman revelaram apenas correlações baixas, com área basal (0,29) e abertura do dossel (-0,29) para o estrato arbóreo, e exposição do relevo (-0,31) para a Classe I. Esses valores, apesar de serem baixos, são coerentes com as características autoecológicas da espécie, uma clímax tolerante à sombra (SCIPIONI; GALVÃO; LONGHI, 2013), que depende de menor luminosidade para se desenvolver e pode tolerar certa competição no estrato arbóreo da comunidade florestal. Em outras pesquisas foi observada correlação da abundância de *Actinostemon concolor* com teores de K e P (MARCUSO; ARAUJO; LONGHI, 2013; VILAS BOAS et al., 2014).

Trichilia elegans, típica de sub-bosque, apresentou correlação positiva do estrato arbóreo com altitude (0,44), área basal (0,50) e matéria orgânica (0,33), e correlação negativa com a profundidade do solo (-0,36) evidenciando que a espécie tolera ambientes com maior competição e se estabelece com abundância nas posições topográficas mais elevadas. Na Classe II, houve correlação positiva da espécie com a profundidade do solo (0,39) e negativa com a altitude (-0,30), porém este fato não indica dependência de solos profundos, visto que *Trichilia elegans* foi indiferente a solos rasos e maior proporção de pedregosidade no estrato arbóreo.

A espécie *Lonchocarpus cf. nitidus* apresentou correlação com a profundidade do solo (0,32), altitude (-0,31) e pedregosidade (-0,31) indicando que esta é uma

espécie generalista em termos ambientais, mas de certa afinidade com solos profundos e menos pedregosos. *Casearia sylvestris*, por sua vez, teve correlações negativas com a exposição do relevo (-0,42), os teores de Ca (-0,57), magnésio (Mg) (-0,37) e S (-0,34) e a CTC efetiva (-0,55). Segundo Carvalho (2007), *Casearia sylvestris* é uma espécie que pode ser utilizada na restauração de matas ciliares, mas que tem crescimento melhor em solos bem drenados de textura argilosa a areno-argilosa e de fertilidade que varia de média a alta.

A Classe I de *Machaerium paraguariense* mostrou correlação negativa com a área basal do estrato arbóreo (-0,44) e areia % (-0,36), e positiva com silte % (0,36), CTC efetiva (0,33) e Ca (0,31), revelando certa incapacidade da espécie de se desenvolver em sítios com maior competição e preferência por solos com menor porcentagem de areia. Relata-se que, no estrato arbóreo, conforme o Capítulo II, a CCA demonstrou uma posição positiva de *Machaerium paraguariense* em relação à profundidade do solo. *Strychnos brasiliensis* teve correlação positiva com silte (0,40), CTC efetiva (0,39), Ca (0,38) e MO (0,38) e negativa com areia (-0,40) e área basal (-0,34), indicando que a textura do solo e as variáveis químicas supracitadas influenciaram na abundância da espécie. *Machaerium paraguariense*, CL e anemocórica, e *Strychnos brasiliensis*, P e zoocórica, são espécies que podem ser utilizadas na restauração ecológica para agregar diversidade e funcionalidade. O plantio de espécies anemocóricas, que não possuem matrizes próximas, pode suprir futuramente o aporte de sementes dessas espécies na área, enquanto o plantio de espécies zoocóricas pode fornecer atrativos à fauna e contribuir para o aporte de sementes de outras espécies na área, agregando riqueza ao banco de sementes.

Baccharis sp. ocorreu em apenas uma parcela, que apresentou abertura do dossel de 79%, devido a uma clareira, onde foi observado solo totalmente coberto por gramíneas. Esse aspecto tornou claro que a espécie se desenvolveu no local por ser uma pioneira, muito dependente de luz para se estabelecer e crescer. A abundante regeneração natural de *Baccharis* sp. em clareiras na região do estudo foi observada durante os deslocamentos para amostragem da vegetação (CALLEGARO, R. M., observação pessoal). Considerando a rusticidade e a abundante regeneração natural de *Baccharis* sp., o uso da espécie na restauração pode ser viabilizado pela transposição do banco de sementes.

Piper aduncum, uma espécie arbustiva (SCIPIONI et al., 2009), apresentou correlação negativa com a altura da serapilheira (-0,47), exposição do relevo (-0,34)

e matéria orgânica (-0,30) na Classe I. Na Classe II, a espécie teve correlação negativa com exposição (-0,62), relação Ca/Mg (-0,60) e serapilheira (-0,48), e positiva com o teor de Zn (0,47) e B (0,44). Esses valores indicam que a maior espessura de serapilheira atua como um filtro negativo, dificultando o estabelecimento da espécie. As correlações positivas com Zn e B indicam a espécie tem afinidade por altos teores desses nutrientes.

Parapiptadenia rigida teve correlação negativa com a área basal (-0,42), devido essencialmente à abundância da espécie em duas parcelas que englobaram clareiras e tiveram baixos valores de área basal (g) do estrato arbóreo (Parcela 26: 22 indivíduos (57,9% do total); g: 0,627 m²/parcela; Parcela 33: 7 indivíduos (18,4% do total); g: 0,536 m²/parcela), enquanto a área basal média por parcela foi 1,185 m²/parcela e a máxima foi 2,690 m²/parcela. Outro fato que explica a elevada abundância de *Parapiptadenia rigida* na parcela 26 é a presença de sete indivíduos adultos desta espécie, os quais possivelmente contribuíram para o aporte de maior quantidade de sementes na área. Destaca-se, ainda, que *Parapiptadenia rigida* apresenta comportamento heliófilo e crescimento rápido, podendo ser plantada na recuperação de áreas degradadas e no enriquecimento de formações secundárias (SAUERESSIG, 2014).

A espécie *Inga marginata* apresentou correlação negativa com a acidez potencial (H+Al) (-0,38), teor de Zinco (0,34) e a porcentagem de silte. As outras espécies abundantes na Classe II foram *Psychotria leiocarpa* (B: 0,40; profundidade do solo: 0,40; Zn: 0,32; altitude: -0,31) e *Pombalia bigibbosa* (abertura do dossel: 0,342). As correlações calculadas indicam que *Psychotria leiocarpa* tem afinidade por solos com maior teor de B e *Pombalia bigibbosa* tem alguma preferência por ambientes com maior abertura do dossel (menor sombreamento).

Os coeficientes de Spearman revelaram características ecológicas das espécies, bem como indicaram que determinada espécie pode apresentar correlação com diferentes variáveis em cada estágio de desenvolvimento. Com base nessas informações e em características autoecológicas, têm-se subsídios para identificar sítios mais favoráveis ao estabelecimento dessas espécies em restauração florestal.

Entre as espécies analisadas, *Actinostemon concolor*, *Sebastiania brasiliensis*, *Sorocea bonplandii*, *Trichilia claussoni* e *Trichilia elegans* são climáticas tolerantes à sombra (LINDENMAIER; BUDKE, 2006; SCIPIONI; GALVÃO; LONGHI, 2013), sendo indicadas para plantios em áreas com vegetação pré-existente, capaz

de proporcionar certo sombreamento. Este fato deve ser considerado com maior cuidado quando o plantio for realizado em encostas expostas ao sol da tarde, que recebam maior luminosidade, onde o solo tende a manter menor umidade e, assim, dificultar o estabelecimento de indivíduos arbóreos (OLIVEIRA et al., 1995; MAGNAGO et al., 2012), apesar de este efeito ser atenuado pela vegetação pré-existente. Além da luminosidade, o nível de degradação da área deve ser observado, visto que as espécies demandam condições mínimas para se estabelecerem, por exemplo, profundidade do solo, características físicas e químicas do solo e disponibilidade hídrica.

As espécies clímax exigente de luz podem ser plantadas em condições de pleno sol ou intermediárias de luz, visto que não são tolerantes a sombreamentos intensos. Nessa situação encontram-se a maior parte das espécies mais abundantes: *Allophylus edulis*, *Casearia sylvestris*, *Cupania vernalis*, *Inga marginata*, *Lonchocarpus* cf. *nitidus*, *Machaerium paraguariense*, *Nectandra megapotamica*, *Parapiptadenia rigida*, *Piper aduncum*, *Pombalia bigibbosa* e *Psychotria leiocarpa*. Todavia, *Psychotria leiocarpa*, apesar de ser classificada CL, é uma espécie mais comum em locais com algum sombreamento, indicando a necessidade de ser introduzida em sítios onde exista uma vegetação pré-existente que proporcione tais condições. Entre essas espécies, *Inga marginata* e *Parapiptadenia rigida* são consideradas espécies de preenchimento, as quais possuem bom crescimento e boa cobertura de copa, proporcionando o rápido fechamento da área a ser restaurada (BRANCALION et al., 2009; MARCUZZO, 2012). Tais espécies podem ser utilizadas em maior quantidade nos plantios de restauração, visando constituir plantios com espécies do grupo de diversidade ou cobrir a área para posterior enriquecimento outras espécies.

Outra característica autoecológica, que pode interferir na seleção de espécies e no planejamento do desenho do plantio, é a estratégia de dispersão. Por exemplo, a zoocoria, característica de espécies com frutos atrativos à fauna (exemplo: *Allophylus edulis* e *Trichilia claussoni*), proporcionaria a chegada de sementes de outras espécies ao sítio. A autocoria, por sua vez, pode ocasionar elevados níveis de agregação da futura regeneração natural, devido a maiores restrições à dispersão das sementes para longe da planta-mãe (matriz).

O fato de que a maior parte dos indivíduos e espécies mais abundantes são zoocóricos, evidencia a importância desta estratégia de dispersão na manutenção

da estrutura da floresta e estabelecimento de novas populações (ver Capítulo III). Nota-se, assim, a pertinência de incluir espécies zoocóricas em plantios de restauração, por exemplo, *Strychnos brasiliensis* e *Psychotria leiocarpa*.

Uma possível ausência de matrizes de espécies autocóricas (exemplo: *Actinostemon concolor* e *Sebastiania brasiliensis*) e anemocóricas (exemplo: *Machaerium paraguariense* e *Parapiptadenia rigida*) próximas à área que se pretende restaurar, indicaria a necessidade de plantar mudas desses grupos, considerando o objetivo de restaurar funções originais do ecossistema florestal. Além dos grupos sucessionais e das estratégias de dispersão, variáveis ambientais e outros fatores podem ser considerados para aumentar a possibilidade de sucesso em um plantio de restauração.

O escalonamento (ordenamento) multidimensional não métrico (NMDS) gerou um mapa de ordenação das espécies, a partir do número de indivíduos por parcela, das 10 espécies mais abundantes no estrato arbóreo (Figura 9). Os valores obtidos para o *stress* (19,537) e o R^2 acumulado (66,4%) indicam que o mapa bi-dimensional representou satisfatoriamente as distâncias entre as espécies (HAIR Jr. et al., 2009; VALENTIN, 2012).

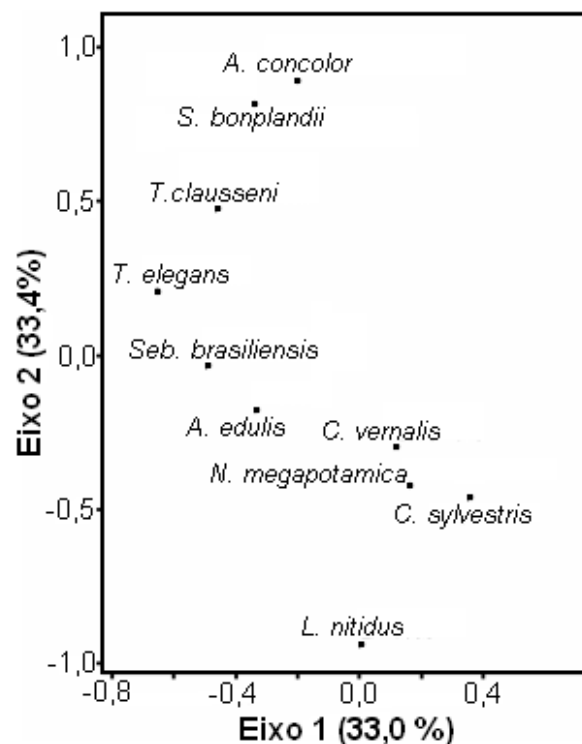


Figura 9 - Ordenação das espécies mais abundantes no estrato arbóreo, em um trecho de Floresta Estacional Decidual. Agudo, RS, 2013.

Percebe-se que as espécies *Actinostemon concolor* e *Sorocea bonplandii* estão próximas no mapa, evidenciando que apresentam comportamento similar quanto à abundância nesse ecossistema. Outras espécies com maior proximidade no mapa foram *Casearia sylvestris*, *Cupania vernalis* e *Nectandra megapotamica*. Ressalta-se que a maior proximidade no mapa sugere afinidade por condições ambientais similares, uma vez que as espécies apresentaram certa semelhança em termos de abundância nas parcelas.

Considerando-se que as informações obtidas refletem correlações entre a abundância das espécies e as variáveis ambientais, o real efeito de algumas variáveis, como as químicas e físicas do solo, sobre o crescimento de mudas de espécies arbóreas pode ser comprovado por experimentos. Outra questão passível de ser testada é o nível de sombreamento que espécies dos diferentes grupos sucessionais toleram, por exemplo, *Trichilia clauseni* (climácica tolerante à sombra), *Cupania vernalis* (climácica exigente de luz) e *Strychnos brasiliensis* (pioneira).

Observa-se, ainda, que os resultados encontrados foram baseados na avaliação de uma floresta onde poucas áreas eram degradadas (duas das 33 unidades amostrais englobaram área degradada). Tal aspecto revela a necessidade de realizar uma classificação de sítios na área a ser restaurada, visando determinar a aptidão de uso das espécies aqui analisadas e suas possíveis contribuições para acelerar o processo sucessional da área.

7.6 Conclusões

As correlações indicam que a maior parte das espécies mais abundantes é influenciada pela altitude, profundidade do solo e altura da serapilheira. Algumas variáveis atuam como limitantes (exemplo: pedregosidade superficial do solo e área basal) e outras como facilitadoras (exemplo: matéria orgânica e teor de argila) do estabelecimento de populações arbóreas. Além dessas, outras variáveis que possivelmente influenciem o crescimento das espécies devem ser analisadas para aumentar a eficácia de processos de restauração.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O componente arbóreo do trecho florestal avaliado apresentou dois agrupamentos, que foram diferentes em termos estruturais e florísticos, principalmente em relação às espécies pioneiras e espécies clímax tolerante à sombra. Nos dois agrupamentos ocorreram espécies típicas de Floresta Estacional Decidual, como *Apuleia leiocarpa*, *Balfourodendron riedelianum*, *Cedrela fissilis*, *Cordia trichotoma* e *Parapiptadenia rigida*, porém o Agrupamento II foi mais similar à floresta madura.

As espécies mais representativas do componente arbóreo foram *Trichilia claussoni*, *Nectandra megapotamica* e *Allophylus edulis*, enquanto *Trichilia elegans*, *Cupania vernalis* e *Actinostemon concolor* foram as principais espécies regenerantes. Tanto o estrato arbóreo como a regeneração natural foi influenciada por variáveis topográficas, edáficas e características do dossel.

As variáveis ambientais mais importantes na ordenação das espécies do componente arbóreo foram: altitude, exposição do relevo, pedregosidade superficial, profundidade do solo, área basal do estrato arbóreo e abertura do dossel, fração areia, silte e argila, enxofre, fósforo, relações molares Ca/Mg e (Ca/Mg)/K. Para a regeneração natural, altitude, área basal do componente arbóreo, abertura do dossel, exposição, profundidade, pedregosidade superficial, declividade, espessura da serapilheira acumulada, clareira, H+Al (acidez potencial), índice SMP, enxofre, fósforo, potássio e as relações molares Ca/Mg e (Ca/Mg)/K foram importantes na ordenação das espécies.

Em relação às alterações florísticas e estruturais da regeneração natural em um ano de monitoramento, observou-se que as espécies mais representativas da regeneração natural se mantiveram como as principais espécies, no final do período de monitoramento, embora tenham ocorrido pequenas alterações florísticas.

As espécies do grupo sucessional clímax exigente de luz e as espécies com estratégia de dispersão zoocórica mostraram-se importantes na formação e na manutenção de populações. Esses dois grupos apresentaram os maiores valores de ingresso, mortalidade e de mudança. Algumas alterações dos grupos ecológicos foram correlacionadas com variáveis ambientais.

Espera-se, ainda, que as informações divulgadas na Tese baseiem trabalhos de restauração ecológica em áreas similares às encontradas no Parque Estadual Quarta Colônia, além de contribuir para diminuir as lacunas existentes no conhecimento científico de espécies nativas e florestas naturais. As informações divulgadas na Tese poderão servir como ferramenta importante na elaboração do Plano de Manejo do Parque Estadual Quarta Colônia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA-SCABBIA, R. J. de. et al. Características físico-químicas do solo e distribuição de espécies arbóreas em um trecho de cuesta basáltica, Analândia, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 9, n. 3, p. 322-331, 2011.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, L. F.; METZGER, J. P. A regeneração florestal em áreas de floresta secundária na Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 1-26, 2006.

APG III. Angiosperm Phylogeny Group III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v.16, n. 2, p.105-121, 2009.

AYRES, M. et al. **BioEstat 5.3**: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. Programa, versão 5.3. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2007.

AZAMBUJA, S. de. **Estudo e implementação da análise de agrupamento em ambientes virtuais de aprendizagem**. 2005. 197 f. Dissertação (Mestrado em Informática)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

BACKES, P.; IRGANG, B. **Mata Atlântica**: as árvores e a paisagem. Porto Alegre: Paisagens do Sul, 2004. 396 p.

BARBOSA, J. M. et al. Ecologia da dispersão de sementes em florestas tropicais. In: MARTINS, S. V. **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. Viçosa: Editora UFV, 2012. cap. 3, p. 85-106.

BOTEZELLI, L. **Dinâmica estrutural da comunidade arbórea de um fragmento de Floresta Semidecidual às margens do rio Capivari, Lavras, MG**. 2007. 113 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

BRANCALION, P. H. S. et al. Plantio de árvores nativas brasileiras fundamentado na sucessão florestal. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN,

I. (Orgs.). **Pacto pela restauração da Mata Atlântica**: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF/ESALQ, 2009. p. 14-23.

BRASIL. Lei n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 dez. 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm>. Acesso em: 3 abr. 2015.

BRASIL. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 mai. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 3 abr. 2015.

BRASIL. Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm>. Acesso em: 3 abr. 2015.

BUDOWSKI, G.N. Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes. **Turrialba**, San José, v.15, n.2, p.40-52, 1965.

BUSSAB, W. de O.; MIAZAKI, E. S.; ANDRADE, D. F. **Introdução à análise de agrupamentos**. São Paulo: Associação Brasileira de Estatística, 1990. 105 p.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Definição de sítios em povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm. na região de Encruzilhada do Sul, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 1-13, 1996.

CALLEGARO, R. M. et al. Estrutura do componente arbóreo de uma floresta estacional decidual ripária em Jaguari, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 2, p. 305-311, 2012a.

CALLEGARO, R. M. et al. Regeneração natural avançada de um fragmento de mata ciliar em Jaguari, RS, Brasil. **Agrária**, Recife, v. 7, n. 2, p. 315-321, 2012b.

CALLEGARO, R. M.; ARAUJO, M. M.; LONGHI, S. J. Fitossociologia de agrupamentos em Floresta Estacional Decidual no Parque Estadual Quarta Colônia, Agudo-RS. **Agrária**, Recife, v. 9, n. 4, p. 590-598, 2014.

CALLEGARO, R. M.; LONGHI, S. J. Grupos florísticos em uma Floresta Ombrófila Mista, Nova Prata, RS, Brasil. **Agrária**, Recife, v. 8, n. 4, p. 641-647, 2013.

CARVALHO, P. E. R. **Cafezeiro-do-mato: *Casearia sylvestris***. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 16 p. (Circular Técnica, n. 138).

CARVALHO, P. E. R. **Canjarana**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. 17 p. (Circular Técnica, n. 67).

CATHARINO, E. L. M. et al. Aspectos da composição e diversidade do componente arbóreo das florestas da Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. **Biota Neotropica**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 1-28, 2006.

CAVASSANI, A. T. **Floresta Estacional Semidecidual da Bacia do médio rio Ivaí - PR: um estudo da dinâmica de regeneração e do potencial uso das espécies na restauração de ecossistemas**. 2007. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

CIENTEC. **Mata Nativa 2: Sistema para a Análise Fitossociológica e elaboração de Inventários e Planos de Manejo de Florestas nativas**. CIENTEC - Consultoria de Desenvolvimento de Sistemas LTDA, Viçosa. 2006.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resoluções do CONAMA: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012**. Brasília: MMA, 2012. 1126 p.

CORDEIRO, J. L. P.; HASENACK, H. Cobertura vegetal atual do Rio Grande do Sul. In: PILLAR, V. de P. et al. (Editores). **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: MMA, 2009. cap. 23, p. 285-299.

D'ORAZIO, F. de A. E.; CATHARINO, E. L. M. Estrutura e florística de dois fragmentos de florestas aluviais no Vale do rio Paraíba do Sul, SP, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 567-582, 2013.

DULLIUS, M. **Vegetação e solos de uma floresta estacional do Rio Grande do Sul**. 2012. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

DURIGAN, G. Estrutura e diversidade de comunidades florestais. In: MARTINS, S. V. **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. Viçosa: Editor UFV, 2012. cap. 8, p. 294-325.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. CNPS - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p.

ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F. da; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores**. Brasília: UNB, 2005. 47 p. (Comunicações Técnicas Florestais, v. 7, n. 1).

FELFILI, J. M. et al. Análise multivariada: princípios e métodos em estudos de vegetação. In: FELFILI, J. M. et al. **Fitossociologia no Brasil: métodos e estudos de caso**. Viçosa: Editora UFV, 2011. cap. 4, p. 122-155.

FELFILI, J. M. et al. Changes in the floristic composition of cerrado sensu stricto in Brazil over a nine-year period. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 16, n. 4, p. 579-590, 2000.

FELFILI, J. M.; REZENDE, R. P. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. Brasília: UNB, 2003. 68 p. (Comunicações Técnicas Florestais, v. 5, n. 1).

FELFILI, J. M.; VENTUROLI, F. **Tópicos em análise de vegetação**. Brasília: UNB, 2000. 34 p. (Comunicações Técnicas Florestais, v. 2, n. 2).

FELFILI, J. M.; VENTUROLI, F.; PEREIRA, B. A. S. **Análise multivariada em estudos de vegetação**. Brasília: UNB, 2007. 60 p.

FERRAZ, S. E. T.; ROBERTI, D. R. Padrões climáticos na região do extremo sul do Planalto Meridional brasileiro. In: SCHUMACHER, M. V. et al. **A Floresta Estacional Subtropical: caracterização e ecologia no rebordo do Planalto Meridional**. Santa Maria: Editora Pallotti, 2011. cap. 1, p. 9-20.

FERREIRA, D. F. **Análise multivariada**. Lavras: UFV, 1996. 394 p.

FINOL, H. Nuevos parâmetros a considerar-se en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. **Revista Forestal Venezolana**, Mérida, v. 14, n. 21, p. 24-42, 1971.

GAMA, J. R.V. et al. Estrutura e potencial futuro de utilização da regeneração natural de floresta de várzea alta no município de Afuá, Estado do Pará. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 71-82, 2003.

GANDOLFI, S. **História natural de uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Campinas (São Paulo, Brasil)**. 2000. 520 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

GREFF, L. T. B. **Estrutura e relações ambientais de grupos florísticos em fragmento da Floresta Ombrófila Mista, Rio Grande do Sul, Brasil**. 2012. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

GRINGS, M.; BRACK, P. Árvores na vegetação nativa de Nova Petrópolis, Rio Grande do Sul. **Iheringia**, Porto Alegre, v. 64, n. 1, p. 5-22, 2009.

HAIR Jr., J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre : Bookman, 2009. 688 p.

HIGUCHI, P. **Dinâmica da regeneração natural da vegetação arbórea em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual Montana secundária, em Viçosa, MG**. 2003. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

HIGUCHI, P. et al. Composição florística da regeneração natural de espécies arbóreas ao longo de oito anos em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 893-904, 2006.

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, 2013.

HÜLLER, A. et al. Estrutura fitossociológica da vegetação arbórea do Parque Natural Municipal de Santo Ângelo, Santo Ângelo, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 629-639, 2011.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 275 p.

JACOMASSA, F. A. F. Espécies arbóreas nativas da mata ciliar da bacia hidrográfica do rio Lajeado Tunas, na Região do Alto Uruguai, RS. **Biodiversidade Pampeana**, Uruguiana, v. 8, n. 1, p. 1-6, 2010.

JARDIM, F. C. da S. Taxa de regeneração natural na floresta tropical úmida. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 16-17, n. 1, p. 401-410, 1986.

JARENKOW, J. A.; WAECHTER, J. L. Composição, estrutura e relações florísticas do componente arbóreo de uma floresta estacional no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 263-272, 2001.

JBRJ - Jardim Botânico do Rio de Janeiro. **Lista de Espécies da flora do Brasil**. Disponível em: <www.floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em : 4 mai. 2015.

JBRJ. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. **Lista de Espécies da flora do Brasil**. Disponível em: <www.floradobrasil.jbrj.gov.br/>. 4 Mai. 2014.

KANIESKI, M. R. et al. Diversidade e padrões de distribuição espacial de espécies no estágio de regeneração natural em São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 3, p. 509-518, 2012a.

KANIESKI, M. R. et al. Influência da precipitação e da temperatura no incremento diamétrico de espécies florestais aluviais em Araucária-PR. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 1, p. 17-25, 2012b.

KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analysis**. London: Behaven Press, 1992. 363 p.

KILCA, R. V.; LONGHI, S. J. A composição florística e a estrutura das florestas secundárias no rebordo do Planalto Meridional. In: SCHUMACHER, M. V. et al. **A Floresta Estacional Subtropical**: caracterização e ecologia no rebordo do Planalto Meridional. Santa Maria: Pallotti, 2011. cap. 4, p. 53-83.

LEITE, P. F. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do Sul do Brasil. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 51-73, 2002.

LEMMON, P. E. A new instrument for measuring forest overstory density. **Journal of Forestry**, v. 55, n. 9, p. 667-668, 1957.

LEYSER, G. et al. Regeneração de espécies arbóreas e relações com 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.

LIMA, R. A. F. de. Estrutura e regeneração de clareiras em Florestas Pluviais Tropicais. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 651-670, 2005.

LINDENMAIER, D. de 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 Botânica**, São Leopoldo, v. 57, n.1, p. 193-216, 2006.

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

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.

LONGHI, S. J. et al. Caracterização fitossociológica do estrato arbóreo em um remanescente de floresta estacional semidecidual, em Montenegro, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1630-1638, 2008.

LONGHI, S. J. et al. Classificação e caracterização de estádios sucessionais em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista na FLONA de São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 113-125, 2006.

LONGHI, S. J. et al. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal no município de Santa Maria-Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 115-133, 1999.

LOUW, J. H. **Site classification and evaluation for commercial forestry in the Crocodile rive catchments, Eastern Transvaal**. 1995. 331 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-University of Stelenbosch, Stelenbosch, 1995.

MACHADO, E. L. M. et al. Efeitos do substrato, bordas e proximidade espacial na estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 287-302, 2008.

MAGNAGO, L. F. S. et al. Os processos e estádios sucessionais da Mata Atlântica como referência para a restauração florestal. In: MARTINS, S. V. (Editor) **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa: Editora UFV, 2012. cap. 3, p. 69-100.

MARCHESINI, V. A. ; SALA, O. E.; AUSTIN, A. T. Ecological consequences of a massive flowering event of bamboo (*Chusquea culeou*) in a temperate forest of Patagonia, Argentina. **Journal of Vegetation Science**, Washington, v. 20, n. 3, p. 424-432, 2009.

MARCHI, T. C. de; JARENKOW, J. A. Estrutura do componente arbóreo de mata ribeirinha no rio Camaquã, município de Cristal, Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Porto Alegre, v. 63, n. 2, p. 241-248, 2008.

MARCUZZO, S. B. **Métodos e espécies potenciais à restauração de áreas degradadas no Parque Estadual Quarta Colônia, RS**. 2012. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

MARCUZZO, S. B.; ARAUJO, 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, p. 275-287, 2013.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora brasileira**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. 1100 p.

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, s.n., p. 172-181, 2003.

MARTINS, S. V.; MIRANDA NETO, A.; RIBEIRO, T. M. Uma abordagem sobre diversidade e técnicas de restauração ecológica. In: MARTINS, S. V. (Editor) **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa: Editora UFV, 2012. cap. 1, p. 17-40.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 405-412, 1999.

MAUÉS, B. A. R. et al. Composição florística e estrutura do estrato inferior da floresta de várzea na Área de Proteção Ambiental Ilha do Combu, município de Belém, Estado do Pará. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 669-677, 2011.

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

MEYER, L. et al. Regeneração natural da Floresta Estacional Decidual em Santa Catarina. In: VIBRANS, A. C. et al. **Floresta Estacional Decidual**. Blumenau: Edifurb, 2012. cap. 7, p. 167-187. (Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina; v. 2)

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Instrução Normativa n. 6, de 23 de setembro de 2008. Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçada de extinção aquelas constantes do Anexo I e reconhece como espécies da flora brasileira com deficiência de dados aquelas constantes do Anexo II a esta Instrução. **Ministério do Meio Ambiente - Legislação**, Brasília, DF, 23 set. 2008. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/179/_arquivos/179_05122008033615.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2015.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Mata Atlântica**. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>>. Acesso em: 4 abr. 2015.

MORENO, C. E. **Métodos para medir la biodiversidad**. Zaragoza: M & T manuales y tesis SEA, 2001. 84 p.

NASCIMENTO, A. R.T.; FELFILI, J. M.; MEIRELLES, E. M. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional Decidual de encosta, Monte Alegre, GO, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 18, n. 3, p. 659-669, 2004.

OLIVEIRA, R. R. et al. Significado ecológico da orientação de encostas no maciço da Tijuca, Rio de Janeiro. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 523-541, 1995.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. et al. Variações estruturais do compartimento arbóreo de uma Floresta Semidecídua Alto-Montana na Chapada das Perdizes, Carrancas, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 291-309, 2004.

PAIVA, Y. G. et al. Delimitação de sítios florestais e análise dos fragmentos pertencentes na Bacia do rio Itapemirim. **Idesia**, Arica, v. 28, n. 1, p. 17-22, 2010.

PAULA, A. de. et al. Sucessão ecológica da vegetação arbórea em uma floresta estacional semidecidual, Viçosa, MG, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Feira de Santana, v. 18, n. 3, p. 407-423, 2004.

PEDRON, F. de A. et al. **Principais solos da região da Quarta Colônia, Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Departamento de Solos-UFSM, 2007. 43 p.

PEDRON, F. de A.; DALMOLIN, R. S. D. Solos da região do rebordo do Planalto Meridional no Rio Grande do Sul. In: SCHUMACHER, M. V. et al. **A Floresta Estacional Subtropical: caracterização e ecologia no rebordo do Planalto Meridional**. Santa Maria: Editora Pallotti, 2011. cap. 3, p. 33-51.

PIJL, L. V. D. **Principles of dispersal in higher plants**. Berlin: Springer-Verlag, 1972.

RIBEIRO, N. et al. **Manual de silvicultura tropical**. Maputo: UEM, 2002. 125 p.

RIBEIRO, T. M. et al. Fitossociologia de uma Floresta Secundária com *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze na Estação Ecológica de Bananal, Bananal-SP. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 2, p. 159-172, 2013.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto n. 38.814, de 26 de agosto de 1998. Regulamenta o Sistema Estadual de Unidades de Conservação - SEUC e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, RS, 27 ago. 1998. Disponível em: <<http://www.corag.rs.gov.br/doedia> >. Acesso em: 28 jun. 2015.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto n. 44.186, de 19 de dezembro de 2005. Cria o Parque Estadual Quarta Colônia e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, RS, 19 dez. 2005. Disponível em: <http://www.al.rs.gov.br/legis/M010/M0100099.ASP?Hid_Tipo=TEXT0&Hid_TodasNormas=49252&hTexto=&Hid_IDNorma=49252>. Acesso em: 4 abr. 2015

RIO GRANDE DO SUL. Decreto n. 52.109, de 1 de dezembro de 2014. Declara as espécies da flora nativa ameaçadas de extinção no Estado do Rio Grande do Sul. **Diário Oficial do Estado**, Porto Alegre, RS, 2 de dez. de 2014. Disponível em: <http://www.fzb.rs.gov.br/upload/20141222112707decreto52109_2014_flora.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2015

RIO GRANDE DO SUL. **Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul**. 2002. Disponível em: <<http://coralx.ufsm.br/ifcrs/frame.htm>>. Acesso em: 4 Mai. 2015.

ROBAINA, L. E. de S. et al. Considerações geológicas e geomorfológicas sobre o rebordo do Planalto Meridional no Rio Grande do Sul. In: SCHUMACHER, M. V. et al. **A Floresta Estacional Subtropical**: caracterização e ecologia no rebordo do Planalto Meridional. Santa Maria: Editora Pallotti, 2011. cap. 2, p. 21-31.

RODE, R. et al. Grupos florísticos e espécies discriminantes em povoamento de Araucaria angustifolia e uma Floresta Ombrófila Mista. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 319-327, 2011.

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.; 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, n. 2, p. 225-236, 2009.

SANT'ANNA, C. S.; TRES, D. R.; REIS, A. **Restauração ecológica**: sistemas de nucleação. São Paulo: SMA, 2011. 63 p.

SANTOS, R. D. dos. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. (6ª ed.). Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2013. 100 p.

SANTOS, S. C. dos; BUDKE, J. C.; MULLER, A. Regeneração de espécies arbóreas sob a influência de *Merostachys multiramea* Hack. (Poaceae) em uma floresta subtropical. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 26, n. 1, p. 218-229, 2012.

SAUERESSIG, D. **Plantas do Brasil**: árvores nativas. Irati: Editora Plantas do Brasil, 2014. 432 p.

SCCOTI, M. S. V. **Dinâmica da vegetação em remanescente de Floresta Estacional Subtropical**. 2012. 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)- Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

SCCOTI, M. S. V. et al. Mecanismos de regeneração natural em remanescente de Floresta Estacional Decidual. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 459-472, 2011.

SCHEER, M. B.; MOCOCHINSKI, A. Y.; RODERJAN, C. V. Estrutura arbórea da Floresta Ombrófila Densa Altomontana de serras do Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 25, n. 4, p. 735-750, 2011.

SCHNEIDER, G.; ROCHA, F. S. Levantamento florístico e fitossociológico do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Estacional Decidual em São Miguel do Oeste, Santa Catarina. **Biotemas**, Florianópolis, v. 27, n. 2, p. 43-55, 2014.

SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. **Manejo sustentado de florestas inequidências heterogêneas**. Santa Maria: UFSM, 2000. 195 p.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: FACOS-UFSM, 2008. 566 p.

SCHORN, L. A. **Estrutura e dinâmica de estádios sucessionais de uma Floresta Ombrófila Densa em Blumenau, Santa Catarina**. 2005. 181 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

SCHORN, L. A. et al. Fitossociologia de fragmentos de Floresta Estacional Decidual no Estado de Santa Catarina - Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 4, p. 821-831, 2014.

SCHORN, L. A.; GALVÃO, F. Dinâmica da regeneração natural em três estádios sucessionais de uma floresta Ombrófila Densa em Blumenau, SC. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 1, P. 59-74, 2006.

SCHUMACHER, M. V. et al. **A Floresta Estacional Subtropical: caracterização e ecologia no rebordo do Planalto Meridional**. Santa Maria: Editora Pallotti, 2011. 320 p.

SCIPIONI, M. C. **Análise dos padrões florísticos e estruturais da comunidade arbóreo-arbustiva e da regeneração natural em gradientes ambientais na Floresta Estacional, RS**. 2008. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

SCIPIONI, M. C. et al. Análise fitossociológica de um fragmento de Floresta Estacional em uma catena de solos no Morro do Cerrito, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 3, p. 457-466, 2012.

SCIPIONI, M. C. et al. Distribuição do compartimento arbóreo em gradiente de relevo e solos na encosta Meridional da Serra Geral, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 6, p. 1295-1301, 2010.

SCIPIONI, M. C. et al. Regeneração natural de um fragmento da Floresta Estacional Decidual na Reserva Biológica do Ibicuí-Mirim (RS). **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 3, p. 675-690, 2009.

SCIPIONI, M. C.; GALVÃO, F.; LONGHI, S. J. Composição florística e estratégias de dispersão e regeneração de grupos florísticos em Florestas Estacionais Deciduais no Rio Grande do Sul. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 2, p. 241-254, 2013.

SCOLARI, G. O. et al. Riqueza e abundância de espécies lenhosas em reflorestamento de *Pinus taeda* L. e Floresta Ombrófila Mista no Centro – Leste do Estado do Paraná. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 1361-1366, 2010.

SCORIZA, R. N.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Aporte de serapilheira como indicador ambiental em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual em Sorocaba, SP. **Agrária**, Recife, v. 8, n. 4, p. 634-640, 2013.

SEIDEL, E. J. et al. Comparação entre o método Ward e o método K-médias no agrupamento de produtores de leite. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 7-15, 2008.

SEMA - Secretaria Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul. **Unidades de Conservação estaduais**: Parque Estadual da Quarta Colônia. Porto Alegre, 2010. Disponível em: <www.sema.rs.gov.br>. Acesso em: 4 abr. 2015.

SILVA, A. C. da. et al. Florística e estrutura da comunidade arbórea em fragmentos de floresta aluvial em São Sebastião da Bela Vista, Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 283-297, 2009.

SILVA, M. M.; GANADE, G. M. S.; BACKES, A. Regeneração natural em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista, na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas Botânica**, São Leopoldo, v. 1, n. 1, p. 259-278, 2010.

SIMINSKI, A. **A floresta do futuro: conhecimento, valorização e perspectivas de uso das formações florestais secundárias no Estado de Santa Catarina**. 2009.

140 f. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SIMINSKI, A.; FANTINI, A. C.; REIS, M. S. Classificação da vegetação secundária em estádios de regeneração da Mata Atlântica em Santa Catarina. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 369-378, 2013.

SOUZA, A. L. de et al. Dinâmica da regeneração natural em uma Floresta Ombrófila Densa secundária, após corte de cipós, Reserva Natural da Companhia Vale do Rio Doce S.A., estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 411-419, 2002.

SOUZA, A. L. de; SOARES, C. P. B. **Florestas nativas**: estrutura, dinâmica e manejo. Viçosa: Editora UFV, 2013. 322 p.

SOUZA, J. S. et al. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de floresta semidecídua às margens do rio Capivari, Lavras, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 185-206, 2003.

SOUZA, L. M. de et al. Potencial de natural como método de restauração do entorno de nascente perturbada. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 565-576, 2012.

SPSS - Statistical Package for The Social Sciences. **SPSS® 13.0**. Chicago: SPSS Inc., 2004.

SPURR, S. H. **Forest inventory**. New York: The Ronald Press, 1952. 476 p.

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

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. Colonização de clareiras naturais na floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 57-66, 1997.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Agronomia, 1995. 174 p. (Boletim Técnico de Solos, v. 5).

TEIXEIRA, L. de J. et al. Relações entre a florística arbórea e características do solo em um fragmento de Floresta Atlântica, Tamandaré - PE. **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 3, p. 625-634, 2010.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

VACCARO, S. **Caracterização fitossociológica de três fases sucessionais de uma Floresta Estacional Decidual, no município de Santa Tereza - RS**. 1997. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1997.

VACCARO, S. **Crescimento de uma Floresta Estacional Decidual, em três estádios sucessionais, no município de Santa Tereza, RS, Brasil**. 2002. 157 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

VACCARO, S.; LONGHI, S. J.; BRENA, D. A. Aspectos da composição florística e categorias sucessionais do estrato arbóreo de três subseres de uma Floresta Estacional Decidual, no município de Santa Tereza - RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 9, n. 1, p. 1-18, 1999.

VALENTIN, J. L. **Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2012. 153 p.

VARGAS, D. de; OLIVEIRA, P. L. de. Composição e estrutura florística do componente arbóreo-arbustivo do sub-bosque de uma mata na encosta sul do Morro Santana, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Pesquisas Botânica**, São Leopoldo, v. 58, s.n., p. 187-214, 2007.

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

VENTURIN, R. P. et al. Efeito da relação Ca:Mg do corretivo no desenvolvimento e nutrição mineral de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.). **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 30-39, 2000.

VENTUROLI, F.; FELFILI, J.; FAGG, C. W. Dinâmica de regeneração natural em capoeira de Floresta Estacional Semidecidual sob manejo florestal de baixo impacto. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 435-437, 2007.

VICCINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática**. Santa Maria: UFSM/CCNE, 2005. 215 p.

VILAS BÔAS, R. et al. Restoration success: secondary forests at the margin of the hydroelectric reservoir (Minas Gerais State, Brazil). **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 8, n. 13, p. 153-160, 2014.

WEDY, G. O. **Estrutura e dinâmica da regeneração natural de espécies arbóreas na Floresta Estacional do Parque Estadual do Turvo, Derrubadas, Rio Grande do Sul**. 2007. 55 f. Dissertação (Mestrado em Botânica)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

WREGGE, M. S. et al. **Atlas climático: Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO/CEMETRS, 2011. 185 p.

APÊNDICE

Apêndice A - Valores médios de variáveis ambientais medidas em um trecho de Floresta Estacional Decidual, no Parque Estadual Quarta Colônia. Agudo, RS, 2015.

Variável	Posição topográfica						Floresta		
	Inferior		Intermediária		Superior		≤45%	>45%	Geral
	≤45%	>45%	≤45%	>45%	≤45%	>45%			
Número de unidades amostrais	5	7	4	7	3	7	12	21	33
Altitude (m)	131	146	206	216	307	322	200	228	218
Declividade (%)	22,9	56,5	27,9	58,2	39,0	58,3	28,6	57,7	47,1
Exposição ^o (graus)	85	81	35	118	89	112	69	104	91
Profundidade (m)	1,04	1,00	0,76	0,74	0,38	0,35	0,78	0,70	0,73
Pedregosidade superficial*	3	3	3	3	5	6	3	4	4
Abertura do dossel (%)	34,22	22,55	28,15	23,59	25,39	25,00	29,99	23,71	25,99
Área basal (m ² /parcela)	1,314	0,944	1,057	1,272	1,155	1,335	1,189	1,183	1,185
Serapilheira (cm)	3,4	4,8	4,0	5,6	6,3	6,3	4,3	5,6	5,1
Areia grossa (%)	10,02	7,52	4,22	6,27	8,08	7,72	7,60	7,17	7,33
Areia fina (%)	41,96	31,15	37,27	21,94	19,73	21,63	34,84	24,91	28,52
Silte (%)	32,80	41,22	32,61	48,66	50,20	47,86	37,09	45,91	42,70
Argila (%)	15,22	20,11	25,90	23,13	21,99	22,79	20,47	22,01	21,45
MO (%)	3,1	5,3	3,3	5,2	4,1	5,2	3,4	5,3	4,6
pH	6,0	6,1	6,0	6,3	6,1	6,1	6,0	6,2	6,1
Ca (cmol _c /dm ³)	13,6	20,5	16,0	26,6	13,9	18,3	14,5	21,8	19,1
Mg (cmol _c /dm ³)	3,0	4,0	3,1	4,8	2,1	2,9	2,8	3,9	3,5
H+Al (cmol _c /dm ³)	2,5	2,9	2,6	2,4	2,3	2,6	2,5	2,6	2,6
CTCefetiva (cmol _c /dm ³)	17,1	25,2	19,9	32,3	16,6	21,9	17,9	26,5	23,4
Saturação por Bases (%)	86,0	87,8	87,8	92,4	87,4	87,5	87,0	89,2	88,4
Índice SMP	6,5	6,4	6,5	6,6	6,6	6,5	6,5	6,5	6,5
S (mg/dm ³)	14,3	16,8	14,2	17,1	18,8	20,1	15,4	18,0	17,1
P-Mehlich (mg/dm ³)	17,2	20,1	6,2	18,3	16,7	15,7	13,4	18,1	16,4
K (cmol _c /dm ³)	0,483	0,664	0,737	0,929	0,611	0,658	0,599	0,750	0,695
K (mg/dm ³)	188,8	259,4	288,0	363,4	238,7	257,1	234,3	293,3	271,9
Cu (mg/dm ³)	1,1	0,5	1,2	0,6	0,5	0,4	1,0	0,5	0,7
Zn (mg/dm ³)	8,4	9,3	10,8	8,6	12,5	6,3	10,2	8,1	8,8
B (mg/dm ³)	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3
Ca/Mg	4,3	5,6	5,1	5,7	6,8	6,7	5,2	6,0	5,7
(Ca+Mg)/K	33,02	45,09	26,30	37,59	26,43	31,06	29,13	37,91	34,72
K/(Ca+Mg) ^{1/2}	0,121	0,131	0,172	0,168	0,154	0,147	0,146	0,149	0,148

Inferior: 85 m ≤ altitude ≤ 169 m; Intermediária: 184 m ≤ altitude ≤ 252 m; Superior: 276 m ≤ altitude ≤ 372 m; ≤45%: declividade menor ou igual a 45% (relevo ondulado (8-20%) ou fortemente ondulado (20-45%)); >45%: declividade maior que 45% (relevo montanhoso (45-75%) ou escarpado (>75%)); °: o intervalo de variação da exposição foi de 0° (Sul) a 180° (Norte); *: classes de pedregosidade superficial (3: moderadamente pedregosa (0,1-3%); 4: pedregosa (3-15%); 5: muito pedregosa (15-50%); 6: extremamente pedregosa (50-90%)); Floresta: médias das variáveis considerando as três posições topográficas; Geral: médias das variáveis considerando todas as unidades amostrais.