



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS**

**MÉTODOS E ESPÉCIES POTENCIAIS À
RESTAURAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO
PARQUE ESTADUAL QUARTA COLÔNIA, RS**

TESE DE DOUTORADO

Suzane Bevilacqua Marcuzzo

Santa Maria, RS, Brasil

2012

**MÉTODOS E ESPÉCIES POTENCIAIS PARA A
RESTAURAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO PARQUE
ESTADUAL QUARTA COLÔNIA, RS**

Suzane Bevilacqua Marcuzzo

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
Doutora em Engenharia Florestal

Orientadora Prof^a Dr^a. Maristela M. Araújo

Santa Maria, RS, Brasil

2012

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

Marcuzzo, Suzane Bevilacqua

Métodos e espécies potenciais à restauração de áreas degradadas no parque estadual quarta colônia, rs / Suzane Bevilacqua Marcuzzo.-2012.

155 p.; 30cm

Orientadora: Maristela M. Araújo

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, RS, 2012

1. Áreas protegidas 2. Restauração de ecossistemas 3. Atributos de qualidade I. Araújo, Maristela M. II. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Departamento de Ciências Florestais**

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

**MÉTODOS E ESPÉCIES POTENCIAIS PARA A RESTAURAÇÃO DE
ÁREAS DEGRADADAS NO PARQUE
ESTADUAL QUARTA COLÔNIA, RS**

elaborada por
Suzane B. Marcuzzo

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

COMISSÃO EXAMINADORA

Maristela M. Araújo, Dra.
(Presidente/Orientadora)

Lauri Amândio Schorn, Dr. (FURB)

Sandra Vicenzi Fernandes, Dra. (UNIJUÍ)

Juçara Teresinha Paranhos, Dra. (UFSM)

Lia Rejane Reiniger, Dra. (UFSM)

Santa Maria, 20 de março de 2012.

Dedico aos meus pais Darcízio Marcuzzo e Ivoni Bevilacqua Marcuzzo, que me apoiaram em todos os momentos da minha vida e acreditaram no meu trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que me deu forças nesta jornada e colocou as pessoas certas no meu caminho para que eu pudesse finalizar esse trabalho.

À minha família, que é meu tudo, minha estrutura, meu ninho, oferecendo aconchego e o amor, e, principalmente, à minha mãe, pela dedicação e apoio em todos os momentos, e ao meu pai, pelo carinho e pela presença constantes. Agradeço pela paciência incondicional.

Ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria, representado pelos professores, funcionários e colegas, agradeço a oportunidade e também o auxílio prestado para a realização deste trabalho.

À minha orientadora e amiga, professora Maristela Machado Araújo, um exemplo de dedicação, que tem ensinado a lutar e realizar cada trabalho com muito afinho e minúscia.

Aos meus co-orientadores, professor Solon Longhi e professora Marlove Muniz.

Aos colegas que me auxiliaram em vários momentos durante a realização desta tese: Evandro Meyer, Daniele Rorato, Adriana Falcão Dutra, Cristina Redin, Marta Scotti, e aos colegas do viveiro florestal da UFSM.

Às minhas queridas colegas de microbiologia do solo, em especial, à minha amiga Jéssica.

Ao meu colega e amigo Ricardo Kilka, e ao Ezequiel pelos auxílios estatísticos.

Aos funcionários do viveiro florestal, Gervásio, Seu Élio e Maria.

E ao meu querido colega de SEMA/RS, Seu Jairo, guarda-parque do Parque de Itapuã, que participou de toda a etapa de campo desta tese, sempre auxiliando e deixando nosso trabalho mais leve com seu alto astral.

**"FELIZ DAQUELE QUE
TRANSFERE O QUE SABE
E APRENDE O QUE ENSINA"**

ginadepaula@hotmail.com



Cora Coralina

RESUMO

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

MÉTODOS E ESPÉCIES POTENCIAIS PARA A RESTAURAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS NO PARQUE ESTADUAL QUARTA COLÔNIA, RS

AUTORA: SUZANE BEVILACQUA MARCUZZO

ORIENTADORA: DR^a. MARISTELA M. ARAÚJO

Data e Local da defesa: Santa Maria, 20 de março de 2012

Geralmente, obras de interesse público, como a construção de usinas hidrelétricas, causam alterações nos ecossistemas. A reparação dos danos deve ser realizada pelo empreendedor, através da restauração ecológica do ecossistema degradado. Assim, o presente estudo teve por objetivo avaliar a evolução de áreas em processo de restauração em relação a um remanescente florestal mais preservado, além de avaliar métodos e espécies potenciais, capazes de manter a funcionalidade dos ecossistemas. O Parque Estadual Quarta Colônia é uma unidade de proteção integral de 1847 hectares, localizada no município de Agudo e Ibarama, RS, e criada em 2005 como medida compensatória à obra da usina hidrelétrica de Dona Francisca. Esta tese foi desenvolvida em capítulos, sendo que, inicialmente, são apresentadas definições básicas para o entendimento do texto e, posteriormente, são apresentados três capítulos na forma de artigo. O capítulo I apresenta um estudo de remanescente de floresta secundária (área de referência), localizada a aproximadamente 560 m de uma das áreas recuperadas e a 620 m de outra, é composta por floresta secundária em estágio de sucessão médio a avançado, e correlações com variáveis ambientais. A vegetação da área de referência foi inventariada utilizando-se 12 parcelas de 10 x 20 m (200 m²), em faixas distantes 100 m uma da outra e 20 m distantes entre parcelas distribuídas sistematicamente em gradiente de topografia, através da medição da circunferência à altura do peito (CAP) de todos os indivíduos arbóreos e arbustivos com CAP ≥ 15 cm. A regeneração foi calculada em subparcelas circulares com raio de 1,78 m (10 m²) no centro das parcelas, medindo-se os indivíduos com altura ≥ 30 cm e CAP < 15 cm. A análise dos dados foi realizada por meio das características estruturais da vegetação e florística, verificando-se a existência de agrupamentos florestais. Além disso, realizou-se análise de correspondência canônica entre a vegetação e as variáveis ambientais, sendo que se observou a formação de dois grupos florísticos, localizados de acordo com os trechos de uso do solo e as características químicas. Os resultados confirmaram o estágio médio a avançado de sucessão, uma vez que foram encontrados trechos com espécies de grupos sucessionais iniciais e trechos com predominância de espécies tardias e de sub-bosque. Dessa forma, a indicação de espécies para restauração de áreas desprovidas de vegetação depende de estudos de áreas de referência em estágios iniciais de sucessão. No segundo capítulo, são avaliadas duas áreas em processo de restauração de sete anos, denominando-se A1, área cujo modelo de restauração foi baseado no processo natural de sucessão, e A2, que, apesar de ter sido baseada no mesmo modelo, foi implantada com espaçamento mais amplo. Para verificar o desenvolvimento do processo de restauração das áreas, foram avaliados atributos da composição florística e da estrutura da vegetação, assim como variáveis ambientais envolvidas em processos ecológicos. As áreas A1

e A2 foram amostradas através de 18 parcelas de 10 x 20 m (200 m²) cada uma, de modo que se observou o diâmetro, a altura e a cobertura de copa dos indivíduos. A regeneração natural foi estudada em subparcelas de 2 x 2 m (4 m²), através da obtenção do diâmetro do coleto e da altura (0,10 a 1,0 m). As variáveis ambientais representadas pela atividade enzimática no solo foram observadas por meio da coleta de 10 amostras de solo, nas camadas de 0 a 5 cm e de 5 a 20 cm, em cada área. Os resultados evidenciaram que, além da composição florística e estrutura da vegetação, a atividade enzimática é um indicativo potencial da qualidade do ecossistema, sendo que as duas áreas restauradas, embora com valores inferiores à floresta natural utilizada como área de referência, retomaram o processo de sucessão. O terceiro capítulo busca obter informações para implantação de um modelo de restauração de baixo custo para a unidade de conservação e seu entorno. Para tanto, foi avaliado um modelo de plantio composto por espécies florestais nativas, funcionalmente divididas em grupo de preenchimento (*Enterolobium contortisiliquum*, *Schinus terebinthifolius*, *Parapiptadenia rigida*, *Inga vera*, *Luehea divaricata*, *Psidium cattleianum*) e grupo de diversidade (*Eugenia uniflora*, *Allophylus edulis*, *Cedrela fissilis*, *Prunus myrtilifolia*, *Jacaranda micrantha*, *Cupania vernalis*, *Cabralea canjerana*). Além disso, verificou-se a influência do preparo da área por subsolagem e semeadura com a leguminosa *Vicia sativa*. O experimento foi implantado em delineamento de blocos casualizados, em esquema trifatorial 2 x 2 x 4 (método de preparo da área x *Vicia sativa* x tempo). Os tratamentos consistiram em: T1 - cova + plantio de espécies arbóreas (grupo de preenchimento-GP e de diversidade-GD); T2 - cova + plantio de espécies arbóreas (GP e GD) + *Vicia sativa*; T3 - subsolagem + plantio de espécies arbóreas (GP e GD); e T4 -subsolagem + plantio de espécies arbóreas (GP e GD) + *Vicia sativa*. As variáveis observadas (mortalidade, altura, diâmetro do coleto e diâmetro da copa) foram submetidas à análise de variância e determinação da significância dos efeitos principais dos fatores e das interações. A comparação das espécies foi analisada pelo Teste de Kruskal-Wallis e a comparação das médias pelo Teste de Dunn. Constatou-se que o uso de subsolagem foi o melhor método, indiferente ao uso de *Vicia sativa* devido à sua competitividade com as mudas do grupo de diversidade. *Enterolobium contortisiliquum*, *Schinus terebinthifolius* e *Inga vera* são indicadas para compor o grupo de preenchimento, enquanto que as espécies do grupo de diversidade, na circunstância do experimento, são indicadas para serem introduzidas após a cobertura parcial do dossel. Considerando os resultados deste estudo, foi possível concluir que as estratégias de restauração ecológica devem garantir que espécies pioneiras, secundárias e clímax estejam presentes em abundância e distribuição adequadas, e que a implantação do grupo de diversidade deverá ocorrer com o dossel formado. As áreas A1 e A2 estão em contínuo processo de restauração, embora seja necessário seu manejo para que tenham condições de manter uma trajetória sucessional próxima ao ecossistema original.

Palavras-chave: Áreas protegidas. Restauração de ecossistemas. Atributos de qualidade.

ABSTRACT

Doctoral thesis

Federal University of Santa Maria

METHODS AND POTENTIAL SPECIES RESTORATION OF DEGRADED AREAS IN THE STATE PARK QUARTA COLÔNIA, RS

AUTHORA: SUZANE BEVILACQUA MARCUZZO

ADVISOR: DR^a. MARISTELA M. ARAÚJO

Date and place of Defense: Santa Maria, 20 de março de 2012.

Generally, works of public interest, such as the construction of hydroelectric power plants cause changes in ecosystems. Compensation for damage shall be notified by the entrepreneur, through ecological restoration of degraded ecosystem. Thus, the present study was designed to evaluate the evolution of areas in restoration process for a forest remnant more preserved, as well as evaluating methods and potential species, capable of maintaining the functionality of ecosystems. The State Park Quarta Colônia is full protection unit of 1847 hectares, located in the municipality of Agudo and Ibarama, Rio Grande do Sul, established in 2005, as a compensatory measure to the work of the hydroelectric dam of Dona Francisca, Rio Grande do Sul. The work was developed in chapters, where initially, held the definition and characterization of the reference area, establishing parameters for comparison with the areas in process of restoration. The reference area is located near 555.82 m of reclaimed areas, and 615.33 m of another, is composed of secondary forest in middle to advanced stage of succession. The vegetation of the reference area was recorded using 10 x 20 m 12 plots (200 m²) on tracks 100 m apart between sí, and 20 m between plots distributed systematically by topography gradient, being held at the circumference measurement of height peiro (CAP) of all individuals and arboreal with CAP \geq 15 cm arbustivos. The regeneration was measured in circular sub-plots with radius of 1.78 m (10 m²) in the center of the parcels, and individuals with height \geq 30 cm and CAP < 15 cm. Data analysis was performed by means of the structure and diversity of vegetation and floristic groups, in addition to a canonical correspondence analysis between vegetation and environmental variables, where there was the formation of two groups floristic located according to the excerpts from land use and chemical characteristics. The second chapter deals with two areas in process of restoring deployed for seven years, styling-if A1, an area with restoration model based on successional species, and A2 the same criterion, but with wider spacing. To check the evolution of the process of restoration of the areas were considered attributes of floristic composition and vegetation structure structure, as well as environmental variables involved in ecological processes. The areas A1 and A2 were sampled by 18 plots, 10 x 20 m (200 m²), in each one, where he was observing the diameter, height and canopy coverage of individuals. The natural regeneration has been studied in sub-plots of 2 x 2 m (4 m²), retrieving the collar diameter and height (0.10 to 1.0 m). The environmental variables represented by the enzyme activity in soil, was observed through the collection of 10 samples of soil, in layers of 5 cm and 0 to 5 to 20 cm, in each area. The results showed that, in addition to the floristic composition and vegetation structure, the enzyme activity is a potential sign of the quality of the site, which indicates that the two areas restored retook the succession process, however A1 presents environmental conditions more favourable to development, enabling infer about the need for management, for the development of areas in recovery. The third chapter search information for deploying a restoration model for low-cost conservation unit and surroundings, where was rated a planting

model composed of native forest species functionally divided into Group of fill (*Enterolobium contortisiliquum*, *Schinus terebinthifolius*, *Parapiptadenia rigida*, *Inga vera*, *Luehea divaricata*, *Psidium cattleianum*) and diversity Group (*Eugenia uniflora*, *Allophylus edulis*, *Cedrela fissilis*, *Prunus myrtifolia*, *Jacaranda micrantha*, *Cupania vernalis*, *Cabralea canjerana*.) and, associated with that, there was the influence of the staging area for subsoiling and seeding with legumes *Vicia sativa*. The experiment was deployed on delineation of blocks blocks in 2 x 2 x 4 trifactorial (method of staging area x *Vicia sativa* x time). The treatments consisted of: T1-cova planting tree species (fill-GP group and diversity-GD); T2-cova planting tree species (GP and GD) *Vicia sativa*; T3-subsoiling planting tree species (GP and GD); and T4-subsoiling planting tree species (GP and GD) *Vicia sativa*. The observed variables (mortality, collar diameter, height and diameter of the Cup) were subjected to analysis of variance and determination of the significance of the main effects of factors and interactions. The comparison of the species was analyzed by Kruskal-Wallis test, and the comparison of averages by Dunn's Test. It was noted that the use of subsoiling was the best method, indifferent to the use of *Vicia sativa* due its competitiveness with diversity group seedlings. *Enterolobium contortisiliquum*, *Schinus terebinthifolius* and *Inga vera* are indicated to compose the group, while filling, species diversity group, in the circumstance of the experiment, should be introduced after partial coverage of the canopy. Considering the results of this study it was not possible to conclude that the ecological restoration strategies must ensure that pioneering species, secondary and climax are present in abundance and appropriate distribution, but the diversity group deployment should occur with the canopy formed. The areas A1 and A2 are in continuous process of restoration, although it is necessary for handling your position to keep a successional trajectories close to the original ecosystem.

Keywords: Protected areas. Restoration of ecosystems. Quality attributes.

LISTA DE FIGURAS

- Figura I.1 - Distribuição das parcelas (A) e espécies (B) de acordo com os eixos 1 e 2 da CCA, gerada a partir dos dados de abundância das espécies ocorrentes no componente arbóreo e das variáveis ambientais em um trecho de Floresta Estacional Subtropical no Parque Estadual Quarta Colônia, no RS. Axis: eixos; Plot: parcelas; CTCefet: capacidade de troca catiônica efetiva; Ca: cálcio; PMehlic: fósforo; HAL: acidez potencial; Mg: magnésio; Bal rie: *Balfourodendron riedelianum*; Tri ele: *Trichilia elegans*; Cab can: *Cabranea canjerana*; All ed: *Allophylus edulis*; Tri cla: *Trichilia clausseni*; Seb bra: *Sebastiania brasiliensis*; Lonc nit: *Lonchocarpus nitidus*; Mach par: *Machaerium paraguayensis*; Ban tom: *Banara tomentosa*; Stry bra: *Strychnos brasiliensis*; Hov dul: *Hovenia dulcis*; Nec lan: *Nectandra lanceolata*; Dal fru: *Dalbergia frutescens*; Cas syl: *Casearia sylvestris*; Cor ame: *Cordia americana*; Cit sp.: *Citrus* sp.; Cam gua: *Campomanesia guazumifolia*; Nec meg: *Nectandra megapotamica*; Cup ver: *Cupania vernalis*; Ocot pub: *Ocotea puberula*; Myr umb: *Myrsine umbellata*; Mat elae: *Matayba elaeagnoides*; Ced fis: *Cedrela fissilis*; Chry mar: *Chrysophyllum marginatum*; Para rig: *Parapiptadenia rigida*; Rup lax: *Ruprechtia laxiflora*; Seg acu: *Seguieria aculeata*; Ann rug: *Annona rugulosa*; Gym con: *Actinostemon concolor*; Inga mar: *Inga marginata*; Phy dio: *Phytolacca dioica*. 62
- Figura I.2 - Distribuição das parcelas e espécies de acordo com os eixos 3 e 2 da CCA, gerada a partir dos dados de abundância das espécies ocorrentes no sub-bosque e variáveis ambientais em um trecho de Floresta Estacional Subtropical no Parque Estadual Quarta Colônia, RS. Axis: eixos; Plot: parcelas; CTCefet: capacidade de troca catiônica efetiva; Ca: cálcio; PMehlic: fósforo; HAL: acidez potencial; Mg: magnésio; Tri ele: *Trichilia elegans*; Cab can: *Cabranea canjerana*; Allo ed: *Allophylus edulis*; All guar: *Allophylus guaraniticus*; Tri cla: *Trichilia clausseni*; Mach pa: *Machaerium paraguayensis*; Cas syl: *Casearia sylvestris*; Cor ame: *Cordia americana*; Cam gua: *Campomanesia guazumifolia*; Nec meg: *Nectandra megapotamica*; Cup ver: *Cupania vernalis*; Myr umb: *Myrsine umbellata*; Mat elae: *Matayba elaeagnoides*; Chry gon: *Chrysophyllum gonocarpum*; Para rig: *Parapiptadenia rigida*; Seg acu: *Seguieria aculeata*; Gym con: *Actinostemon concolor*; Inga mar: *Inga marginata*; Hyb bi: *Hybanthus bigibbosus*. 64
- Figura III.1 - Percentual de mortalidade, durante 24 meses, em área experimental de restauração no Parque Estadual Quarta Colônia, RS. 112
- Figura III.2 - Crescimento em altura (cm) (A) e diâmetro do coleto (mm) (B) das espécies arbóreas ao longo de 24 meses, em área experimental de restauração no Parque Estadual Quarta Colônia, RS. 113
- Figura III.3 - Desenvolvimento no tempo em altura (cm) (A) e diâmetro (mm) (B) da média dos indivíduos do grupo de preenchimento. Onde: ara=*Psidium cattleyanum*; inga=*Inga vera*; aco=*Luehea divaricata*; ang=*Parapiptadenia rigida*; pim=*Schinus terebinthifolius*; timba=*Enterolobium contortisiliquum*. 116
- Figura III.4 - Desenvolvimento no tempo em altura (cm) (A) e diâmetro (mm) (B) da média dos indivíduos do grupo de diversidade. Onde: cam=*Cupania vernalis*; can=*Cabranea canjerana*; car=*Jacaranda micrantha*; chal=*Allophylus edulis*; pit=*Eugenia uniflora*; ced=*Cedrela fissilis*; pess=*Prunus myrtifolia*. 118

LISTA DE TABELAS

Tabela I.1 - Estrutura horizontal e grupo sucessional das espécies arbóreo-arbustivas encontradas em trecho de Floresta Estacional Subtropical no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.	58
Tabela I.2 - Coeficientes de correlação entre as variáveis ambientais e os eixos de ordenação encontrados para a regeneração e o componente arbóreo de trecho de Floresta Estacional Decidual no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.	60
Tabela II.1 - Características, parâmetros de estrutura e diversidade do componente arbóreo e regeneração em Floresta Estacional Subtropical de área natural de referência (AR) e áreas em processo de restauração (A1 e A2) no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.....	84
Tabela II.2 - Estrutura horizontal das cinco espécies melhor hierarquizadas do estrato arbóreo em Floresta Estacional Subtropical, representada por área natural de referência (AR) e áreas em processo de restauração (A1 e A2) no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, Brasil.	87
Tabela II.3 - Estrutura horizontal das cinco espécies melhor hierarquizadas na regeneração em Floresta Estacional Subtropical de área natural de referência (AR) e áreas em processo de restauração (A1 e A2) no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, Brasil.....	89
Tabela II.4 - Resumo da estatística dos eixos de distribuição das parcelas e espécies com relação à atividade das enzimas (variáveis ambientais) para cada área quanto ao estrato arbóreo e à regeneração.	91
Tabela III.1 - Análise de variância dos tratamentos avaliados após 24 meses na área experimental do Parque Estadual Quarta Colônia.	111
Tabela III.2 - Mortalidade (Mor) após 24 meses de implantação, comparação do posto médio pelo Teste de Dunn (Pm) e valores de parâmetros morfológicos médios (H - altura; D - diâmetro do coleto; Dp – diâmetro de copa) de espécies nativas de preenchimento utilizadas na recuperação de área degradada, Parque Estadual Quarta Colônia, RS.....	114
Tabela III.3 - Mortalidade (Mor), comparação do posto médio pelo Teste de Dunn (Pm) e valores de parâmetros morfológicos médios (H - altura; D - diâmetro do coleto; Dp – diâmetro de copa) de espécies de diversidade utilizadas na recuperação de área degradada, Parque Estadual Quarta Colônia, RS.....	117

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
1.1 Justificativa	25
1.2 Objetivo geral.....	26
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
2.1 Floresta Estacional Decidual	27
2.2 Unidades de Conservação	28
2.3 Restauração Ecológica	31
2.4 Atributos ou Indicadores de Qualidade da Restauração	35
2.5 Grupos Funcionais.....	36
REFERÊNCIAS	39
CAPÍTULO I -ESTRUTURA E RELAÇÕES AMBIENTAIS DE GRUPOS FLORÍSTICOS EM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SUBTROPICAL	45
1 INTRODUÇÃO	49
2 MATERIAIS E MÉTODOS	51
2.1 Área de estudo.....	51
2.2 Amostragem dos dados	51
2.3 Análise dos dados.....	52
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4 CONCLUSÃO	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
CAPÍTULO II -ANÁLISE COMPARATIVA DE DUAS ÁREAS EM RECUPERAÇÃO NA FLORESTA ESTACIONAL SUBTROPICAL NO SUL DO BRASIL	73
1 INTRODUÇÃO	77
2 MATERIAIS E MÉTODOS	79
2.1 Área de estudo.....	79
2.2 Amostragem dos dados	80
2.3 Análise dos dados.....	81
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	83
3.1 Estrutura da vegetação e Diversidade	83
3.2 Processos ecológicos - Atividade enzimática no solo	89
4 CONCLUSÃO	95
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
CAPÍTULO III- ESTABELECIMENTO DE MODELO DE PLANTIO PARA RESTAURAÇÃO EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO NO SUL DO BRASIL	101
1 INTRODUÇÃO	105
2 MATERIAL E MÉTODOS	107
2.1 Área de estudo.....	107
2.2 Escolha das espécies	107
2.3 Delineamento experimental	109
2.4 Implantação do experimento	109
2.5 Coleta e análise dos dados.....	110
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	111
4 CONCLUSÃO	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121
CONSIDERAÇÕES FINAIS	125

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	127
APÊNDICES	129
ANEXOS	143

1 INTRODUÇÃO

Dentro da região tropical e subtropical do planeta, pouco mais de quatro bilhões de hectares são cobertos por florestas, o que significa 31% da superfície terrestre total (FAO, 2010), sendo que parte desse percentual é formado por Floresta Estacional. Atualmente, as Florestas Estacionais Subtropicais situadas nas encostas do Planalto Meridional encontram-se ameaçadas por atividades humanas (KILCA; LONGHI, 2011). Essas atividades têm afetado os ecossistemas diretamente, por meio de pressão sobre os recursos naturais, alterações no uso de terra e, indiretamente, por meio de mudanças nas características atmosféricas, hidrológicas e climáticas, sendo que a maioria dos ambientes terrestres tem experimentado alguma forma de impacto na sua composição e estrutura natural (CHAPIN et al., 2002).

De acordo com Botelho et al. (1995), obras de interesse público como usinas hidrelétricas, responsáveis por cerca de 90% da energia elétrica gerada no Brasil, causam impactos ambientais, principalmente na fase de construção do empreendimento, tais como perturbações ecológicas locais na fauna e flora.

Recomendações voltadas para minimizar os impactos do desmatamento e da fragmentação incluem o criterioso planejamento da ocupação e do uso do solo (TERBORGH, 1992) e a conservação de ecossistemas por meio do estabelecimento de Unidades de Conservação (BRITZ, 2007). Conceitualmente, as unidades de conservação são espaços territoriais de recursos ambientais com características naturais relevantes que têm como objetivo contribuir para a manutenção da diversidade biológica e dos recursos genéticos (SNUC, Lei 9985/2000), e ainda exercer a função de ecossistema de referência para projetos de restauração.

Embora ainda existam remanescentes de Floresta Estacional Subtropical compondo as encostas do Planalto Meridional, poucas são as áreas protegidas na região, representadas por 2.422 ha apenas e distribuídas entre uma Reserva Biológica e um Parque Estadual. Tal situação torna vulnerável a conservação da biodiversidade desta tipologia florestal, evidenciando a necessidade de um planejamento regional desse ecossistema.

Torna-se indispensável, nesse contexto, que tais ações sejam baseadas em princípios que levem em conta a manutenção e a restauração dos processos ecológicos e da composição da biodiversidade, a minimização das ameaças externas e a conservação dos processos evolucionários (GARAY; DIAS, 2001).

De forma geral, a Floresta Estacional Subtropical também conhecida como Floresta Estacional Decidual é complexa, comporta diferentes relações entre grupos de espécies e habitats e apresenta mosaicos na paisagem com acentuadas variações fitofisionômicas que acompanham gradientes ambientais.

Assim, o conhecimento sobre a composição florística das formações florestais, associado às informações sobre sua estrutura e dinâmica da vegetação e à identificação das correlações com propriedades do solo, topografia e drenagem, permite que sejam feitas inferências sobre manejo, estratégias de conservação da biodiversidade e restauração de áreas alteradas (OLIVEIRA FILHO, 1994; RODRIGUES; GANDOLFI, 1998).

Conforme Foelke et al. (2004), o manejo da resiliência de um ecossistema para alcançar seu equilíbrio depende da compreensão dos processos ecológicos e suas interações, não bastando o estudo individualizado de suas partes, como, por exemplo, considerar a comunidade arbórea sem observar a sua interação com a fauna, os fatores físicos do ambiente e as demais formas de vida vegetal. Ressalta-se ainda a necessidade de realizar comparações entre áreas de referência e áreas em restauração para que se possa atingir uma comunidade autossustentável.

Compreende-se uma área de referência através de diversos fatores, como o histórico da área anterior à degradação ou através da observação de uma área com desenvolvida expressão de biodiversidade, como as unidades de conservação (SERI, 2004).

A dificuldade de interpretação se reduz quando a fase de desenvolvimento da área do projeto de restauração avançou o suficiente para permitir uma comparação direta com a referência. De acordo com Ruiz-Jáen e Aide (2005), a diversidade, a estrutura da vegetação e os processos ecológicos são aspectos importantes nas primeiras avaliações, podendo ser considerados bons indicadores de qualidade, especialmente quando se trata de florestas biodiversas.

Considerando todas as etapas de verificação de área de referência e os indicadores de qualidade do processo de restauração, Nave e Rodrigues (2007) sugerem a implantação de ações de restauração em uma área segundo o modelo de plantio de mudas organizadas em grupos funcionais. Este modelo seleciona espécies vegetais que possam exercer funções específicas no ecossistema.

Como exemplos de grupos sucessionais, têm-se espécies fixadoras de nitrogênio, com diferentes graus de deciduidade, com raízes pivotantes e profundas, com ação descompactante, com rápido crescimento lateral de copa, com alta deposição de serapilheira e

espécies que sejam atrativas à fauna para que ocorram os processos de polinização e dispersão de sementes (GONÇALVES et al., 2008).

Esses aspectos, associados à abundância e riqueza das espécies, possibilitarão o aumento da diversidade, da produtividade primária e da fixação de CO₂, bem como dos processos ecológicos que permitem a continuidade de um ecossistema ao longo do tempo.

A restauração de ecossistemas alterados na região central do Rio Grande do Sul, caracterizada por apresentar área florestal fragmentada e poucas áreas protegidas, é fundamental para promover a biodiversidade, através de métodos e espécies que possibilitem o retorno dos processos ecológicos necessários para o desenvolvimento e a manutenção da sucessão natural.

1.1 Justificativa

O Parque Estadual Quarta Colônia é uma unidade de conservação de proteção integral, criada como forma de compensar o dano ambiental decorrente da implantação da Usina Hidrelétrica de Dona Francisca. O território do Parque, de 1847 hectares, é constituído de encostas revestidas de Floresta Estacional Subtropical em vários estágios sucessionais, devido ao uso da terra para produção anterior à desapropriação das áreas, apresentando desde floresta primária até vegetação secundária em estágio inicial de regeneração.

Entretanto, foram incluídas nos limites da unidade de conservação as áreas de desmobilização do canteiro de obras da Usina, que, conforme a legislação vigente, foram recuperadas seguindo orientação do órgão ambiental do estado do RS.

Assim, este estudo foi elaborado devido à necessidade de avaliar os plantios realizados pelo empreendedor, a fim de verificar o sucesso do processo de restauração destas áreas em relação à trajetória de sucessão dos remanescentes florestais mais preservados localizados no Parque.

A presente tese está organizada em partes, sendo a primeira delas constituída por Introdução, Justificativa e Revisão Bibliográfica, e destinada a apresentar informações sobre a Floresta Estacional Subtropical (formação florestal característica da região da unidade de conservação), áreas de conservação, unidades de conservação e restauração florestal - conceito, histórico, bases ecológicas e metodologias.

As outras três partes referem-se a capítulos redigidos na forma de artigos científicos, elaborados para responder o objetivo geral desta tese. O primeiro capítulo trata sobre a caracterização da vegetação em relação às variáveis ambientais em um trecho de floresta subtropical secundária de estágio sucessional médio a avançado, a qual será o ecossistema de referência para avaliação e monitoramento das áreas em processo de restauração. O segundo capítulo compara duas áreas em processo de restauração e o ecossistema de referência, abordando atributos de restauração conforme a estrutura da vegetação (altura, área basal, diâmetro de copa), a diversidade (riqueza e abundância de espécies vegetais e de enzimas de solo) e os processos ecológicos (regeneração natural e atividade enzimática no solo). O terceiro capítulo refere-se a um experimento de modelo de restauração em uma área degradada dentro do Parque, onde são testadas treze espécies potenciais para grupos funcionais de preenchimento e diversidade plantadas em diferentes preparo de solo.

1.2 Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo avaliar o desenvolvimento de áreas em processo de restauração, assim como selecionar métodos e espécies potenciais para promover e manter a funcionalidade dos ecossistemas de Florestas Estacionais Subtropicais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Floresta Estacional Decidual

Diversos são os fatores que influenciam a composição florística de uma região, como os fatores fitogeográficos e ecológicos (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2001). Dentro da região tropical e subtropical do planeta, 40% da superfície é coberta por florestas, sendo que, destas, 42% são florestas estacionais (MURPHY; LUGO, 1986).

As florestas estacionais, devido ao fato de ocorrerem em climas secos ou úmidos (MILES et al., 2006), têm ampla variação na sua distribuição e cobertura ao redor do planeta, em regiões tropicais. Entretanto, nas regiões subtropicais, as florestas estacionais estão condicionadas à variação na temperatura média nas estações do inverno e verão (SARMIENTO, 1972; ADDICOT, 1991).

A intensidade da sazonalidade climática e as variações locais relacionadas com características da retenção de água, da profundidade dos solos e das condições do relevo determinam o grau de deciduidade do componente arbóreo (IBGE, 1992). O principal evento sazonal que caracteriza as florestas estacionais no sul do país é a queda foliar do estrato superior na estação climática desfavorável, ou seja, as baixas temperaturas no inverno (SCHUMACHER, 2011), contribuindo para a denominação dessa vegetação.

Nos trópicos, essas formações florestais ocorrem em locais onde a pluviosidade é menor que 1.600 mm/ano, e que apresentam um período de estação seca que dura de 5-6 meses, no qual chove menos de 100 mm (GENTRY, 1995). As florestas estacionais são ecossistemas dominados por árvores e lianas, que formam um dossel mais ou menos contínuo e com diferentes graus de deciduidade, onde epífitas e herbáceas apresentam menor expressão (KILKA; LONGHI, 2011). Na região tropical, as áreas com solos mais ricos são ocupadas por florestas estacionais decíduais que possuem menor diversidade e elevada dominância de espécies arbóreas edafo-especialistas de solos férteis (VENTUROLI et al., 2010).

No Brasil, as florestas estacionais ocorrem na maior parte dos biomas de forma disjunta e fragmentada (IBGE, 2004). A maior região de floresta estacional contínua no Brasil abrange grande parte das bacias dos rios Paraná e Uruguai, denominada de Hiléia Paranaense, se estendendo entre os climas subtropicais e tropicais em todos os estados do sul, no oeste de

São Paulo, sul de Goiás e Mato Grosso do Sul até o oeste de Minas Gerais (CABREIRA; WILLINK, 1973).

No Rio Grande do Sul, as florestas estacionais estão distribuídas no noroeste (região do Alto Uruguai), na região central (encostas meridionais da Serra Geral e Depressão Central) e na metade sul, a leste (encostas orientais da Serra do Sudeste) (TEIXEIRA et al., 1986). Jarenkow e Waechter (2001) descrevem que há ainda predominância da província fitogeográfica estacional na região central das escarpas do Planalto Meridional e da província fitogeográfica atlântica pluvial na vertente leste do rebordo do Planalto Meridional.

Muitas espécies da família Fabaceae são citadas como espécies que têm grande valor para a estrutura das florestas estacionais da Região Sul, onde a abundância de indivíduos emergentes e caducifólios é responsável pela denominação de Floresta Estacional “Decídua” (GIEHL; JARENKOW, 2008). Recentemente, essa formação tem sido denominada por Schumacher et al. (2011) de Floresta Estacional Subtropical, devido a interpretações anteriores errôneas, pois o termo Floresta Estacional Decidual tem forte associação com a “seca fisiológica”, ou seja, com o déficit hídrico que proporciona a perda das folhas, enquanto que no Rio Grande do Sul isso ocorre em virtude das baixas temperaturas no inverno.

Atualmente, as florestas sobre as encostas do Planalto Meridional encontram-se ameaçadas pelo desenvolvimento rural e urbano (KILCA; LONGHI, 2011). Entretanto, já existem políticas de governo estabelecidas com o objetivo de proteger e conservar os recursos naturais, como o projeto RS Biodiversidade, que tem como uma de suas áreas prioritárias a Quarta Colônia de Imigração, região selecionada para a formação de unidades de conservação, com potencial para a implantação de corredores de biodiversidade (RIO GRANDE DO SUL, 2011).

2.2 Unidades de Conservação

Originalmente, a ideia de reservar determinados espaços naturais estava baseada na preservação de lugares sagrados e na manutenção de estoques de recursos naturais (BARRETO FILHO, 1999). Apenas na segunda metade do século XIX surgiu a ideia de definir espaços para a conservação de paisagens naturais, pois, nesse período, o papel transformador da humanidade estava se tornando claro, sendo que a diminuição de áreas primárias era evidente (CRONON, 1995).

O Parque Nacional de Yellowstone, o primeiro a ser criado, foi estabelecido em 1872 com o objetivo de preservar suas belas paisagens para as futuras gerações. Em seu ato de criação, o Congresso dos Estados Unidos determinou que a região fosse reservada e proibida de ser colonizada, ocupada ou vendida (DIEGUES, 1994).

Contudo, o conceito de biodiversidade de uma área é mais recente, constituindo um resultado do produto da história da interação entre o homem e o ambiente. Uma combinação não apenas de alterações de fatores biofísicos, mas também de mudanças nas atividades humanas (NELSON; SERAFIN, 1992).

Em 1885, o Canadá criou seu primeiro parque nacional; a Nova Zelândia o fez em 1894; e a África do Sul e a Austrália em 1898. Os países da América Latina foram os primeiros a copiar o modelo de parque nacional sem população humana residente em seus limites. Entre esses, o México criou sua primeira área protegida em 1894; a Argentina em 1903; o Chile em 1926; e o Brasil, em 1937, estabeleceu o Parque Nacional de Itatiaia, com o objetivo de incentivar a pesquisa científica e oferecer lazer à população urbana. No Brasil, a primeira proposta de criação de parques nacionais segundo o modelo norte-americano é de André Rebouças, e remonta a 1876.

Com o intuito de promover, monitorar e orientar o manejo dos espaços, foi criada em 1948 a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), a qual estabeleceu em 1960 a comissão de Parques Nacionais e Áreas Protegidas (IUCN, 1971).

No Brasil, coube ao antigo Código Florestal (Decreto nº 23.793, de 1934) introduzir na legislação a figura da unidade de conservação, subdividindo-a em três categorias: duas de natureza inalienável e conservação perene - as florestas protetoras, em domínios privados, e as florestas remanescentes, em terras públicas-, e uma terceira categoria que consistia nas florestas de rendimento. Os parques nacionais, estaduais e municipais estavam incluídos na categoria das florestas remanescentes (DIAS, 1994).

Uma nova versão do Código Florestal de 1965 definiu como parques nacionais as áreas criadas com a finalidade de resguardar atributos excepcionais da natureza, conciliando a proteção integral da flora, da fauna e das belezas naturais com a utilização para objetivos educacionais, recreativos e científicos. Posteriormente, a Constituição Federal de 1988 assegura a todos, em seu artigo 225, um “meio ambiente ecologicamente equilibrado” e impõe ao poder público o dever de defendê-lo e preservá-lo, e de definir espaços territoriais e seus componentes para serem especialmente protegidos.

A partir dessa base constitucional, o país criou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), consolidado pela Lei nº 9.985/2000, que ordena as áreas protegidas nos

níveis federal, estadual e municipal. Segundo o SNUC, Unidade de Conservação é uma porção do território com características naturais de relevante valor, legalmente instituída pelo poder público visando preservar e conservar o meio ambiente.

Dada a multiplicidade dos objetivos de conservação, é necessário considerar tipos distintos de Unidades de Conservação (UCs), denominados de Categorias de Manejo e organizados em: Unidades de Proteção Integral (Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre), que permitem o uso indireto dos recursos naturais, e Unidades de Manejo Sustentável (Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural), que permitem compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais.

Segundo Milano (1998), as unidades de conservação são elementos do sistema (SNUC), representativas dos principais biomas do país e de sua respectiva diversidade biológica.

No Rio Grande do Sul, a primeira unidade de conservação instituída foi o Parque Estadual do Turvo, em 1954, com uma área de 17.491,40 ha, sendo a maior área de Floresta Estacional preservada do estado (RIO GRANDE DO SUL, 2005). Neste contexto, a criação do Parque Estadual Quarta Colônia, em 2005, aumenta a área de preservação de Floresta Estacional no Rio Grande do Sul, formação que se encontra intensamente ameaçada em virtude do uso da terra para agricultura.

A categoria Parque diz respeito a uma área de conservação que tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico (SNUC, 2000).

Ainda, essa categoria prevê medidas de recuperação de sistemas alterados, através de ações que recuperem e preservem o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos naturais. Considerando a necessidade de recompor um ambiente degradado em UCs, é preciso observar as condições dos locais a serem recuperados e seu histórico de uso e degradação a fim de definir o planejamento para sua restauração.

2.3 Restauração Ecológica

Um dos principais atributos dos ecossistemas é a sua capacidade de mudança temporal. Todos os ecossistemas aquáticos ou terrestres estão sujeitos a distúrbios naturais ou antrópicos, que provocam mudanças em maior ou menor grau. Para florestas, define-se distúrbio como qualquer evento, natural ou antrópico, que cria uma abertura no dossel (UHL et al., 1990).

Um ecossistema estável é aquele que reage a um distúrbio, de forma a absorver seu impacto, regulando a variação na sua estrutura e nos seus processos ecológicos, e sendo capaz de manter-se num estado de equilíbrio dinâmico. Ao contrário, um ecossistema degradado é aquele que sofreu perturbações antrópicas que o levaram à diminuição de sua resiliência, com perda de espécies e interações importantes, mas que manteve meios para regeneração biótica (GANDOLFI; JOLY; RODRIGUES, 2007).

A resiliência é a capacidade de um sistema restabelecer seu equilíbrio após este ter sido rompido por um distúrbio, ou seja, é a sua capacidade de recuperação (GUNDERSON, 2000). Assim, quando o ecossistema sofre danos irreversíveis, com extinção de espécies-chave e instauração de processos de degradação, tais como doenças, erosão, lixiviação e endogamia, faz-se necessária a intervenção do homem a fim de estabilizar e reverter os processos de degradação (RUDOLF; LAFFERTY, 2011).

A preocupação com a reparação de danos provocados pelo homem aos ecossistemas não é recente. Plantações florestais têm sido estabelecidas desde o século XIX no Brasil com diferentes objetivos conservacionistas, como a proteção de mananciais, estabilização de encostas, entre outros (RODRIGUES; BRANCALION; ISERNHAGEN, 2009). Entretanto, os conceitos e as formas de reparar tais danos apresentaram-se de diferentes modos e foram evoluindo ao longo dos tempos.

Inicialmente, o termo “recuperação” era amplamente utilizado, referindo-se ao trabalho realizado em áreas degradadas por atividades mineradoras ou grandes obras de construção civil, e definido como sendo o retorno do sítio degradado a uma forma e utilização de acordo com um plano preestabelecido de uso do solo (IBAMA, 1990). Entretanto, no decorrer do processo, pôde-se observar que a sucessão não progride sozinha, pois existem ainda limitações nos processos ecológicos.

A restauração tem como objetivo principal o restabelecimento de florestas e ecossistemas capazes de se autoperpetuar, isto é, ecossistemas biologicamente viáveis que não dependam de intervenções humanas constantes (BRANCALION et al., 2010).

A distinção entre processos de recuperação e de restauração tem como fundamentos a ecologia básica, sendo que devem ser observados os processos interativos entre plantas, animais e microrganismos (REIS; KAGEYAMA, 2008). A diferença entre recuperação e restauração está estabelecida ainda no segundo artigo do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, incisos XIII e XIV, respectivamente (Lei 9.985/2000): recuperação - restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original; restauração - restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada ao mais próximo possível da sua condição original.

Entretanto, o conceito de restauração ecológica é atualmente o termo mais utilizado na literatura internacional, sendo que a “Society for Ecological Restoration International”, por exemplo, considera a restauração como a ciência, prática e arte de assistir e manejar a recuperação da integridade ecológica dos ecossistemas, incluindo um nível mínimo de biodiversidade e de variabilidade na estrutura e funcionamento dos processos ecológicos, considerando-se seus valores ecológicos, econômicos e sociais (SER, 2004).

Além da evolução conceitual, também os projetos evoluíram, através de diversas experiências positivas e negativas que serviram de base para o entendimento atual.

No Brasil, as primeiras ações de restaurações estavam vinculadas aos plantios realizados por obras de interesse público, como usinas hidrelétricas no estado de São Paulo, na década de 70. Esse modelo de plantio baseava-se na escolha ao acaso de espécies, sem que fossem levados em conta critérios ecológicos ou planejamento para a combinação e disposição no plantio. Além disso, eram utilizadas arbóreas exóticas, o que resultava em florestas mistas com tempo longo para estabelecimento, fechamento das copas e insucesso da restauração nas condições existentes (RODRIGUES; BRANCALION; ISERNHAGEN, 2009).

Posteriormente, no final da década de 80, passa-se a empregar uma nova metodologia de restauração baseada nos conceitos de sucessão secundária para implantar experimentos, favorecendo o uso de espécies nativas de rápido crescimento em detrimento das exóticas. Entretanto, as espécies não eram especificamente nativas regionais, o que não constituindo também a escolha mais adequada.

O avanço seguinte consistiu na classificação das espécies em grupos ecológicos, de modo que a proporção do número de mudas por espécie era definida com base nesses grupos sucessionais, dando origem, assim, ao modelo de plantio de mudas com linhas de espécies pioneiras e não pioneiras, ou intercaladas na mesma linha (KAGEYAMA; GANDARA, 2004), baseado na sucessão de dinâmica de clareiras. Contudo, neste modelo não se consideravam as interações ecológicas, principal fator responsável pela disponibilidade constante e diversificada

de recursos para agentes dispersores, os quais, por sua vez, possibilitam a perpetuação das espécies. Outro ponto negativo era que o número elevado de espécies pioneiras nas linhas ocasionou, muitas vezes, uma cobertura inexpressiva de copa no solo, possibilitando o estabelecimento de gramíneas exóticas agressivas (NAVE; RODRIGUES, 2007).

Outro modelo de restauração baseou-se na cópia de “floresta-modelo”, através do plantio de mudas. Para tanto, o plantio era realizado conforme a caracterização florística e estrutura de um fragmento florestal bem conservado, através da utilização levantamentos florísticos e fitossociológicos e dados sobre suas respectivas densidades de indivíduos, bem como sobre espécies e a forma de distribuí-las no plantio, a fim de evitar o isolamento reprodutivo. Contudo, segundo Rodrigues et al. (2009), esse modelo apresentava lacunas, pois as comunidades são sistemas abertos que interagem com fatores internos e externos difíceis de prever.

Através desta constatação, foi possível admitir a possibilidade de diferentes comunidades finais em um mesmo ambiente, descartando a ideia anterior de “cópia de floresta madura”. Neste momento, surgiram várias outras metodologias de restauração que consideravam as características locais, o uso atual e histórico da área e a paisagem regional.

Nesta fase, a restauração passa a considerar os processos ecológicos que levam à construção de comunidades vegetais, com características florísticas e estruturais variáveis e não previsíveis no tempo, os grupos funcionais e a diversidade genética das espécies (GANDOLFI; RODRIGUES; MARTINS, 2007).

Recentemente, pesquisadores da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, em São Paulo, definiram a utilização de grupos funcionais de acordo com as fases do processo de restauração, a fim de obter uma rápida e boa cobertura de solo, conceituado essa metodologia de grupos de plantio (NAVE; RODRIGUES, 2007). Os grupos de plantio são compostos por dois grupos funcionais (espécies de preenchimento e de diversidade), de modo que o grupo de preenchimento é formado por espécies que apresentem rápido crescimento a pleno sol e grande cobertura do solo e o grupo de diversidade reúne espécies que apresentam comportamentos sucessionais distintos.

Após a definição do projeto adequado para restaurar determinado ecossistema, baseado nos níveis de conservação da floresta, de degradação dos solos e dos processos ecológicos e de vegetação residual e nos resultados de restauração desejados, é necessário monitorar a área a fim de avaliar como deve se dar o processo de restauração.

Nesse sentido, a Society of Ecological Restoration International definiu nove atributos para avaliar o sucesso da restauração, os quais demonstram a trajetória de desenvolvimento

ecossistêmico que tem como meta o ecossistema de referência, conforme segue: 1) similaridade da diversidade e estrutura da comunidade em comparação com a área de referência; 2) presença de espécies exóticas; 3) presença de grupos funcionais necessários para atingir a estabilidade em longo prazo; 4) capacidade do ambiente físico de sustentar a reprodução de suas populações; 5) funcionamento normal; 6) integração com a paisagem; 7) eliminação de ameaças potenciais; 8) resiliência aos distúrbios naturais; e 9) autossustentabilidade (SERI, 2004).

Ainda, referente a definições de atributos, Harris e Hobbs (2002) propuseram uma terminologia composta por um conjunto de fatores, tais como vigor (atividade, metabolismo ou produtividade primária), organização (diversidade e número de interações entre os componentes do sistema) e resiliência (capacidade do sistema de se recuperar após distúrbio).

Contudo, na prática, estes atributos podem ser agrupados em três categorias: (1) diversidade; (2) estrutura da vegetação; e (3) processos ecológicos (RUIZ-JAEN; AIDE, 2005). A diversidade é comumente mensurada pela determinação da riqueza e abundância de organismos em diferentes níveis tróficos. A estrutura da vegetação é geralmente determinada pela cobertura, densidade e biomassa da vegetação, sendo que essas mensurações são úteis para prever a direção da sucessão de plantas. E os processos ecológicos, tais como a ciclagem de nutrientes e as interações biológicas (micorrizas, predação, herbivoria, biomassa microbiana, atividade de enzimas), são importantes por fornecerem informações sobre a resiliência de ecossistemas restaurados (ENGEL; PARROTA, 2008).

A análise de indicadores bioquímicos e microbiológicos da qualidade do solo é relevante quando se deseja obter informações sobre o desempenho de funções-chave do solo, como a capacidade de ciclar e armazenar nutrientes. As transformações mediadas pela biomassa microbiana são catalisadas por enzimas, que exercem também um importante papel na funcionalidade dos processos do solo. Por isso, a quantificação da atividade de enzimas do solo pode fornecer indicadores das alterações nos processos metabólicos (CHAER; TÓTOLA, 2007).

Conforme Melo e Durigan (2007), o estudo da regeneração natural, a qual ocorre sob o dossel dos reflorestamentos, constitui importante parâmetro da evolução das comunidades em restauração, podendo indicar, por exemplo, a recuperação do substrato; a eliminação de plantas invasoras; a eficácia da cobertura de copa das árvores plantadas quanto à facilitação de colonização por novas espécies; a intensidade; a qualidade das interações flora-fauna na área em restauração; e a conectividade com a paisagem.

No entanto, em poucos projetos observa-se uma preocupação com o monitoramento pós-plantio dos reflorestamentos, cuja importância está relacionada às possíveis retomadas de decisões, sejam para corrigir e/ou complementar as técnicas inicialmente empregadas.

2.4 Atributos ou Indicadores de Qualidade da Restauração

Diversos indicadores têm sido utilizados para avaliar a restauração de áreas degradadas (SERI, 2004; RODRIGUES et al., 2009; BARBOSA, 2011; BRANCALION et al., 2011), entre os quais destacam-se:

a) Taxa de mortalidade dos indivíduos plantados: durante todo o período de monitoramento, devem ser avaliadas as taxas de mortalidade, havendo reposição das mudas plantadas dos diferentes grupos sucessionais, sendo que, no final da medição de manutenção, a taxa de mortalidade deve estar entre 5 e 10% do total da área plantada com tratos culturais. Contudo, esse percentual pode ser maior quando não ocorre manejo nas áreas implantadas, respeitando os preceitos da sucessão natural.

b) Riqueza de espécies: contemplar todos os grupos sucessionais da vegetação e a funcionalidade das espécies de fauna e flora.

c) Cobertura de copas: esse parâmetro é um indicador estrutural extremamente importante, uma vez que controla a quantidade, qualidade e distribuição de luz, condicionando o micro-habitat interno de uma floresta, devido à interferência que exerce no crescimento e sobrevivência de plântulas, determinando a composição vegetal. Também é responsável pelo aumento do controle da matocompetição e pela estabilização das águas da chuva.

d) Altura mínima dos indivíduos plantados: após 24 meses de plantio, a altura das espécies pioneiras (ou de preenchimento) deve ser de pelo menos 2 metros para 40% desta categoria e a altura das espécies de diversidade deve ser no mínimo de 80 centímetros para 40% desta categoria de espécies plantadas na mesma área.

e) Avaliação da cobertura vegetal por gramíneas exóticas agressivas: deve ser avaliada a matocompetição, tanto na coroa como nas entrelinhas de plantio, identificando as espécies predominantes e sua porcentagem (por estimativa visual) em área total após 24 meses de plantio. Na coroa, a matocompetição de até 10% é tolerável; entre 10 e 30% a tolerância é média, e acima de 30% é intolerante. Já nas entrelinhas de plantio, a

matocompetição menor que 30% da área é tolerante; entre 30 e 50% da área a tolerância é média, e acima de 50% é intolerante. Entretanto, esses valores variam em função das espécies implantadas e de sua capacidade de competição e tolerância.

f) Banco e chuva de sementes: permitem a avaliação do papel das populações arbóreas que podem se estabelecer após as perturbações. Constituem recursos potenciais para o recrutamento de novos indivíduos e espécies, uma vez que a disponibilidade de propágulos e de agentes dispersores é fundamental para o restabelecimento estrutural da vegetação após um distúrbio.

g) Observação da presença de regenerantes na área de plantio: este tipo de observação pode indicar se a biologia floral e reprodutiva da comunidade implantada e suas interações e processos ecológicos estão sendo restabelecidos.

h) Indicadores bioquímicos: através da atividade enzimática é possível monitorar mudanças na qualidade do solo, pois as enzimas atuam nos ciclos do nitrogênio, na mineralização do enxofre e na transformação do fósforo orgânico em inorgânico.

2.5 Grupos Funcionais

A noção de que espécies têm funções específicas dentro do ambiente tem levado pesquisadores a propor que a dinâmica de ecossistemas pode ser mais facilmente entendida através do agrupamento de espécies distintas em grupos ou tipos funcionais (POISOT et al., 2011). Tal abordagem é essencial para reduzir a complexidade, sendo que pode ser utilizá-la em diferentes tipos de vegetação para auxiliar na compreensão de como a biodiversidade dos ecossistemas pode influenciar o seu funcionamento.

Os grupos funcionais podem ser definidos a partir de características vegetativas, reprodutivas, fenológicas, fisiológicas e da forma de vida das espécies, assim como de sua capacidade de resposta às mudanças ambientais e do modo como afetam o ecossistema (HOOPER; DUCKES, 2004). Chapin e Eviner (2003) delinearão grupos funcionais registrando a maneira como características de época de colonização (início, meio ou final da estação de crescimento) e forma de vida (legume, herbáceas e gramíneas) poderiam estar correlacionadas com a umidade do solo e a ciclagem de nutrientes. Ainda, Coomes e Grubb (2003) definiram grupos funcionais a partir do tamanho da semente e de sua relação com a habilidade de competição entre plântulas e a tolerância ao estresse durante o estabelecimento,

verificando que sementes maiores possuem mais resistência por apresentarem maior acúmulo de reservas de nutrientes.

Nesse contexto, alguns pesquisadores têm sugerido para a restauração o plantio de espécies de diferentes grupos funcionais que, em curto prazo (menos de 3 anos), realizem o recobrimento total de uma área degradada, formando uma fisionomia de floresta similar ao estágio inicial ou médio de regeneração natural (RODRIGUES; BRANCALION; ISERNHAGEN, 2009). Alguns atributos ecossistêmicos que auxiliam na definição dos grupos funcionais são:

a) Ciclagem de nutrientes: algumas espécies de plantas possuem a capacidade de incorporar mais nutrientes no processo de restauração. Algumas espécies de leguminosas arbóreas que têm forte associação com fungos micorrízicos contribuem para nutrição de outras plantas, pela sua deposição de serapilheira (GONÇALVES et al., 2008).

b) Incorporação de matéria orgânica: as espécies caducifólias podem incorporar grandes quantidades de matéria orgânica ao ambiente em restauração, além de possibilitar a incorporação de nitrogênio e aumentar a biomassa microbiana.

c) Fenologia de folhas, flores e frutos: para que ocorra a manutenção da fauna de dispersores de sementes e polinizadores é necessário que a floresta em restauração seja capaz de oferecer alimento para esses animais durante o ano. Como benefício, a flora tem suas sementes dispersadas e a reprodução das espécies garantidas.

d) Arquitetura de copa: algumas espécies de copas densas e de grande diâmetro podem criar microssítios específicos sob sua copa, funcionando como filtros para as espécies que tentam regenerar sob elas devido aos diferentes níveis de permeabilidade de luz (GANDOLFI; JOLY; LEITÃO FILHO, 2009).

Apesar de sua importância, a abordagem funcional tem sido timidamente utilizada em programas de restauração de áreas degradadas em larga escala, dando lugar ao método de plantio de espécies arbóreas (GANDOLFI et al., 2007).

REFERÊNCIAS

- ADDICOT, F. T. Abscission: shedding of parts. In: RAGHAVENDRA, A. S. (Ed.). **Physiology of trees**. New York: John Wiley and Sons, 1991. p. 273-300.
- BARBOSA, L. M. Histórico das políticas públicas para a restauração de áreas degradadas no Estado de São Paulo. **Cadernos da Mata Ciliar**, São Paulo, n. 4, p. 6-10, 2011.
- BARRETO FILHO, H. T. Notas para o histórico de um artefato sociocultural: o Parque Nacional do Jaú. **Terras das Águas**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 53-76, 1999.
- BOTELHO, S. A. et al. **Implantação de mata ciliar**. Belo Horizonte: EMIG/UFLA/FAEPE, 1995. 36 p.
- BRACALION, H. S. P. et al. Indicadores de avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração florestal: o exemplo do pacto pela restauração da mata atlântica. In: SIMPÓSIO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA: DESAFIOS ATUAIS E FUTUROS, 4., 2011. São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto de Botânica –SMA, 2011. p. 31-39.
- BRANCALION, H. P. et al. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de Florestas Tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n. 3, p. 455-470, 2010.
- BRITEZ, R. M. Aspectos ambientais a serem considerados na restauração da floresta de araucária no Estado do Paraná. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Brasília, n. 55, p. 37-43, 2007.
- CABREIRA, A. L.; WILLINK, A. **Biogeografia de América Latina**. Washington: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, 1973.
- CHAER, M. G.; TÓTOLA, R. M. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1381-1396, 2007.
- CHAPIN, E. S.; EVINER, V. T. Functional matrix: a conceptual framework for predicting multiple plant effects on ecosystem processes. **Annual Review Ecology Systems**. v. 34, p. 455-485, 2003.
- COOMES, D. A.; GRUBB, P. J. Colonization tolerance, competition and seed-size variation within functional groups. **Trends in Ecology & Evolution**. v. 18, p. 283-291, 2003.
- CRONON, M. In search of nature e the trouble with wilderness. In: CRONON, W. (Ed.). **Uncommon ground**. Nova York: Norton & Company, 1995.
- DIAS, B. F. S. **O papel das unidades de conservação face à Convenção sobre Diversidade Biológica e à Constituição Federal de 1988**: uma análise conceitual hierarquizada. Curitiba: UFPR, 1994.
- DIEGUES, A. C. S. **O mito moderno da natureza intocada**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1994.

- ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. Botucatu-SP: FEPAF, 2008. p. 1-22.
- FOLKE, C. et al. Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 35, p. 557-581, 2004.
- GANDOLFI, S.; JOLY, A. C.; LEITÃO FILHO, F. H. "Gaps of deciduousness": cyclical gaps in tropical forests. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 66, n. 2, p. 280-284, 2009.
- GANDOLFI, S.; JOLY, C. A.; RODRIGUES, R. R. Permeability-Impermeability: canopy trees as biodiversity filters. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 64, n. 4, p. 433-438, 2007.
- GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V. Theoretical bases of the Forest ecological restoration. In: RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V. **High diversity Forest restoration in degraded áreas**. New York: Nova Science Publishers, 2007.
- GARAY, E. G. I.; DIAS, F. S. B. **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais**: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento. Petrópolis: Vozes, 2001.
- GENTRY, A. H. Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. In: BULLOCK, S. H., MOONEY, H. A.; MEDINA, E. (Ed.). **Seasonally dry tropical forests**. Cambridge: Cambridge Univ. Press, p. 146-194, 1995.
- GIEHL, E. L. H.; JARENKOW, A. J. Gradiente estrutural no componente arbóreo e relação com inundações em uma floresta ribeirinha, rio Uruguai, sul do Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 3, p. 741-753, 2008.
- GONÇALVES, M. L. J. et al. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, Y. P. et al. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu-SP: FEPAF, 2008.
- GUARIGUATA, M. R.; OSTERTAG, R. Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. **Forest Ecology and Management**, v. 148, p. 185-206, 2001.
- GUNDERSON, L. H. Ecological resilience in the theory and application. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 4, p. 1-23, 2000.
- HARRIS, J. A.; HOBBS, R. J. Clinical practice for ecosystem health: the role of ecological restoration. **Ecosystem Health**, v. 7, n. 4, p. 195-202, 2002.
- HOLL, K. D.; AIDE, T. M. When and where to actively restore ecosystems? **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 10, p. 1558-63, maio, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112710003750>>. Acesso em: 2 dez. 2011.
- HOOPER, D. U.; DUCKES, J. Overyielding among plant functional groups in a long-term experiment. **Ecology Letters**, n. 7, p. 95-105, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 92 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa da vegetação brasileira**. 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 set. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília: MINTER/IBAMA, 1990. 96 p.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE-IUCN. **United Nations list of national parks and equivalent reserves**. 1971. Disponível em: <http://books.google.com.br/books/about/United_Nations_list_of_national_parks_an.html?id=legOAQAAMAAJ&redir_esc=y>. Acesso em: 3 nov. 2011.

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

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2004. p. 249-269.

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

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Evolução estrutural de reflorestamentos de restauração de mata ciliar no Médio Vale do Paranapanema. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 73, p. 101-111, 2007.

MILANO, M. S. **Unidades de Conservação: Conceitos Básicos e Princípios Gerais de Planejamento, Manejo e Administração**. Apostila de Manejo de Áreas Naturais Protegidas – Fundação O Boticário de Proteção à Natureza. Curitiba-PR, Ed. do PR, 1998.

MILES, L. et al. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. **Journal of Biogeography**, v. 33, p. 491-505, 2006.

MURPHY, P. G.; LUGO, A. E. Ecology of tropical dry forests. **Annual Review of Ecology & Systematics**, v. 17, p. 67-88, 1986. Disponível em: <<http://www.ltrr.arizona.edu/webhome/jburns/Articles%20-Read/dryforest2.pdf>>. Acesso em: 4 set. 2011.

NAVE, A. G.; RODRIGUES, R. R. Combination of species into filling and diversity groups as forest restoration methodology. In: RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V. **High diversity Forest restoration in degraded áreas**. New York: Nova Science Publishers, 2007. p. 103-126.

NELSON, J. G.; SERAFIN, R. Assessing biodiversity: a human ecological approach. **Ambio**, v. 21, n. 3, p. 212-218, 1992.

OLIVEIRA FILHO, A. T. Estudos ecológicos da vegetação como subsídio para programas de revegetação com espécies nativas: uma proposta metodológica. **Revista Cerne**, Lavras-MG, n. 1, v. 1, p. 64-72, 1994.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO (FAO). **Avaliação dos recursos florestais mundiais**. 2010. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/aif.asp>>. Acesso em: 20 set. 2011.

POISOT, T. et al. A conceptual framework for the evolution of ecological specialisation. **Ecology Letters**, v. 14, p. 841-851, 2011.

REIS, A.; KAGEYAMA, Y. P. Restauração de áreas degradadas, utilizando interações interespecíficas. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. Botucatu-SP: FEPAF, 2008. p. 91-110.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Lei nº 9.985 de 18 de junho de 2000. Regulamenta o artigo 225, §1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC - e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2000.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul(SEMA). **Plano de Manejo do Parque Estadual do Turvo- RS**. Porto Alegre, RS, 2005.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da mata atlântica**: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009. 256 p.

RODRIGUES, R. R. et al. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experiences in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1242-1251, 2009.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Restauração de florestas tropicais: subsídios para uma definição metodológica e indicadores de avaliação e monitoramento. In: DIAS, L. M.; GRIFFITH, J. J. (Org.) **Recuperação de áreas degradadas**. 1. ed. Viçosa-MG: Ed. da UFV, 1998. p. 203-215.

RUDOLF, W. H. V.; LAFFERTY, D. K. Stage structure alters how complexity affects stability of ecological networks. **Ecological Letters**, n. 14, p. 75-79, 2011.

RUIZ-JAEN, C. M.; AIDE, T. M. Restoration success: how is it being measured. **Restoration Ecology**, v. 13, n. 3, p. 569-577, 2005.

SARMIENTO, G. Ecological and floristic convergences between seasonal plant formations of tropical and subtropical South America. **Journal of Ecology**, v. 60, n. 2, p. 367-402, 1972.

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

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL E POLICY WORKING GROUP-SER. **The SER International Primer on Ecological Restoration International**. 2004. Disponível em: <<http://www.ser.org/pdf/primer3.pdf>>. Acesso em: 4 dez. 2011.

TEIXEIRA, M. B. et al. Vegetação: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. Estudo fitogeográfico. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento de recursos naturais**. Rio de Janeiro, v. 33, p. 541-632, 1986.

TERBORGH, J. Maintenance of diversity in tropical Forest. **Biotropica**, Washington, v. 24, n. 2B, p. 243-292, 1992.

UHL, C. et al. Studies of ecosystem response to natural and anthropogenic disturbances provide guidelines for designing sustainable land-use systems in Amazonia. In: ANDERSON, A (Ed.). **Alternatives to deforestation**: steps toward sustainable use of the Amazon rain forest. New York: Combia University Press, 1990. p. 24-42.

URBANSKA, K. M.; WEBB, N. R.; EDWARDS, P. J. Why restoration? **Restoration ecology and sustainable development**. Cambridge: University Press, United Kingdom, p. 3-7. 1997.

VENTUROLI, F. et al. Crescimento de uma Floresta Estacional Semidecídua secundária sob manejo em relação a fatores ambientais, em Pirenópolis, Goiás. **Revista de Biologia Neotropical**, v.7, n. 2, p. 1-11, 2010.

CAPÍTULO I

ESTRUTURA E RELAÇÕES AMBIENTAIS DE GRUPOS FLORÍSTICOS EM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SUBTROPICAL

(O capítulo 1 está no formato de artigo, o qual será submetido à Revista **Ciência Florestal**)

ESTRUTURA E RELAÇÕES AMBIENTAIS DE GRUPOS FLORÍSTICOS EM FRAGMENTO DE FLORESTA ESTACIONAL SUBTROPICAL

STRUCTURE AND ENVIRONMENTAL RELATIONS OF FLORISTIC GROUPS IN TROPICAL DECIDUOUS FOREST FRAGMENT

RESUMO

As unidades de conservação são espaços territoriais com características naturais, que contribuem para manutenção da diversidade biológica e dos recursos genéticos. Entre outras funções, essas áreas servem como ecossistema de referência para o planejamento de restauração de áreas degradadas. A partir disso, o presente estudo teve por objetivo determinar grupos florísticos na vegetação arbórea-arbustiva de um trecho de encosta de Floresta Estacional Subtropical, no Parque Estadual Quarta Colônia, no RS, analisar sua estrutura e determinar fatores ambientais importantes na ocorrência das espécies. Para análise da vegetação, foi realizado estudo fitossociológico em parcelas de 200 m² (10 x 20 m), distantes 20 m entre si, distribuídas sistematicamente em faixas, seguindo gradiente de topografia. Em cada parcela foi realizada a identificação, a medição da circunferência à altura do peito (CAP) e da altura total dos indivíduos arbóreos e arbustivos, ou seja, com CAP ≥ 15 cm, denominado componente arbóreo. Os dados do sub-bosque foram obtidos em parcelas circulares com raio de 1,78 m, instaladas no centro das parcelas de 10 x 20 m, medindo-se indivíduos com altura ≥ 30 cm e CAP < 15 cm. As variáveis ambientais foram compostas pela declividade, pela intensidade luminosa, pelas características químicas e pela textura do solo. Os dados foram analisados segundo a estrutura e diversidade da vegetação, através da análise de agrupamento pelo método TWINSpan (*Two-way Indicator Species Analysis*) e da ordenação pelo método CCA (Análise de Correspondência Canônica). Foi identificada a formação de dois grupos florísticos, sendo que a composição de espécies dos grupos pertence a diferentes estágios de sucessão natural, conforme histórico de uso, e que, segundo suas características funcionais, podem ser indicadas para programas de restauração florestal.

Palavras-chave: análise de agrupamento; espécies indicadoras; ordenação; vegetação arbórea-arbustiva

ABSTRACT

Protected areas are territorial spaces with natural characteristics that contribute to the maintenance of biological diversity and genetic resources, which, among other goals, serve as a reference area for planning the restoration of degraded areas. Thus, the present study was designed to determine component of shrub-tree vegetation floristic groups of an excerpt from Subtropical Deciduous slope in State Park Quarta Colônia, RS, analyze their structure and determine key environmental factors on occurrence of species. For vegetation analysis was carried out a survey of phytosociology in installments of 200 m² (10 x 20 m), systematically distributed gradient topography at 20 m, in four sample tracks of 100 m between themselves. In each installment was held the identification, measurement of circumference at breast height (CAP) and overall height of tree individuals and, represented by individuals with CAP \geq 15 cm, called upper stratum. The data were obtained on parcels of understory circular with a radius of 1.78 m, installed in the center of plots of 10 x 20 m, and individuals with height \geq 30 and CAP < 15 cm. The environmental variables were composed by steepness, soil analysis and luminosity. Data analyses were conducted through the structure and diversity of vegetation, formation of groups between species by TWINSpan and environmental correlations with the floristic composition by CCA. For the analyses was used the program PC-ORD for Windows version 5. Was identified the formation of two groups, with the species composition of the groups they belong to different stages of natural succession, as the excerpts that had history of land use and soil chemical characteristics, which may be indicated for forest restoration programs.

Keywords: tree-shrub vegetation; cluster analysis; ordination; indicator species

1 INTRODUÇÃO

Dentro da região tropical e subtropical do planeta, pouco mais de quatro bilhões de hectares são cobertos por florestas, o que significa 31% da superfície terrestre total (FAO, 2010), sendo que parte desse percentual é formado por Floresta Estacional. Atualmente, no Rio Grande do Sul, as florestas sobre as encostas do planalto meridional encontram-se ameaçadas devido à conversão de alguns locais em áreas de produção rural e obras de utilidade pública, tais como usinas hidrelétricas. Embora ainda existam remanescentes de Floresta Estacional Subtropical compondo as encostas do Planalto Meridional, poucas são as áreas protegidas na região, representadas por 2.422 ha apenas, os quais compõem uma Reserva Biológica e um Parque Estadual. Tal situação torna vulnerável a conservação da biodiversidade desta tipologia florestal (SEMA, 2011).

A Floresta Estacional Subtropical é complexa, apresentando diferentes relações entre grupos de espécies e habitats e tendo sua paisagem formada por mosaicos com acentuadas variações fitofisionômicas que acompanham gradientes ambientais, mesmo que esteja em sua condição natural ou tenha sofrido pouca alteração antrópica. Silva e Scariot (2003) destacam que o conhecimento da composição florística, estrutura e dinâmica da vegetação, associado às correlações com propriedades do solo, topografia e drenagem, permite que sejam feitas inferências sobre o manejo, as estratégias de conservação da biodiversidade e a recuperação de áreas alteradas.

Para a restauração de áreas degradadas, é necessário definir um ecossistema de referência, a fim de este sirva de modelo para o planejamento e, posteriormente, para a avaliação desse processo (SER, 2004).

Nesse sentido, a fitossociologia é uma ferramenta que contribui com informações para avaliação dessa referência, como a hierarquia das espécies dentro da floresta, a composição florística da vegetação, as relações quantitativas entre táxons e a estrutura horizontal e vertical da comunidade, apresentando um diagnóstico sobre o estado atual das áreas, quer sejam preservadas ou não (VUONO, 2002).

Adicionalmente, devido ao caráter multidimensional dos sistemas ecológicos envolvidos em uma floresta, é necessária a aplicação de análise multivariada e seus métodos de classificação e ordenação, que permitem a detecção dos principais padrões de similaridade, de

associação e de correlação entre as variáveis de vegetação e variáveis ambientais, através da redução da complexidade dos dados (FELFILI et al., 2007).

A classificação compreende um conjunto de técnicas multivariadas que agrupam parcelas ou amostras da vegetação com base nos seus atributos, formando grupos de indivíduos semelhantes. Assim, a ordenação tem o propósito de organizar dados de unidades amostrais ao longo de eixos de um diagrama com base em dados de composição de espécies e de fatores ambientais, identificando padrões na distribuição e abundância dos organismos e nos fatores ambientais que controlam tais padrões (KENT; COKER, 1992).

Desta forma, este estudo teve como objetivo geral analisar a vegetação arbórea-arbustiva, a regeneração e sua relação com as variáveis ambientais de solo em um trecho de encosta de Floresta Estacional Subtropical, no Parque Estadual Quarta Colônia, a fim de subsidiar programas de restauração de áreas degradadas como ecossistema de referência. Para isso, foram determinados grupos florísticos na vegetação, verificado a influência de variáveis ambientais na distribuição das espécies e identificadas espécies potenciais para restauração de áreas degradadas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado na área do Parque Estadual Quarta Colônia (P.E.Q.C), uma unidade de conservação de proteção integral com um território de 1.847,9 ha, localizado nas coordenadas 29°37'40.80''S e 53°22'0.38''O.

O Parque está situado nos municípios de Agudo e Ibarama, no Rio Grande do Sul, na bacia hidrográfica do rio Jacuí, e caracteriza-se por apresentar trechos com floresta primária e trechos com vegetação secundária em estágio médio a avançado, oriundos do período anterior à desapropriação, em que havia pequenas propriedades no local. Os solos da região são predominantemente pouco desenvolvidos, rasos, apresentando o horizonte pouco espesso, sendo que estão diretamente assentados sobre a rocha e contêm material de rocha em decomposição (PEDRON; DALMOLIN, 2011). De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, o solo da região é classificado como Neossolo Litólico (EMBRAPA, 2006).

O clima, segundo a classificação de Köppen, é Subtropical, pertencente à variedade específica 'Cfa', assim definida por apresentar temperatura média do mês mais frio entre -3° e 18°C (de junho a agosto) e, do mês mais quente, superior a 22°C (em janeiro) (NIMER, 1990).

A vegetação está inserida na região fitogeográfica de Floresta Estacional Subtropical (SCHUMACHER et al., 2011). A área de estudo representa um trecho de floresta de encosta do Parque, abrangendo gradiente na face oeste do morro, o qual se localiza adjacente a áreas em recuperação.

2.2 Amostragem dos dados

Para análise da vegetação foi realizado um inventário das espécies arbóreas e arbustivas, em 12 parcelas de 200 m² (10 x 20 m) abrangendo 2400 m² (0,24 ha), distribuídas sistematicamente em gradiente de topografia distanciadas 20 m, em quatro faixas amostrais de 100 m de distância entre si. Em cada parcela foi realizada a identificação, a medição da

circunferência à altura do peito (CAP) e da altura total dos indivíduos arbóreos e arbustivos, (indivíduos com $CAP \geq 15$ cm), denominado componente arbóreo. Os indivíduos do sub-bosque (altura ≥ 30 cm e $CAP < 15$ cm) foram medidos em parcelas circulares com raio de 1,78 m (FINGER, 1992), instaladas no centro das parcelas de 10 x 20 m.

No caso de plantas não identificadas a campo, coletou-se material botânico que foi conduzido ao Herbário da UFSM para averiguação por especialistas. As espécies foram identificadas de acordo com o sistema de classificação Angiosperm Phylogeny Group III (APG III, 2009).

As variáveis ambientais observadas foram obtidas por meio da análise de solos, declividade e intensidade luminosa do local. Para isso, foram coletadas cinco sub-amostras de solo, na profundidade de 0-20 cm em todas as parcelas, as quais constituíram as amostras compostas que foram conduzidas ao Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Solos da UFSM e analisadas de acordo com a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995). Assim, os dados determinados foram: argila, pH do solo (pH em água), acidez potencial (H+Al), fósforo pelo método Mehlich (PMehlich), potássio extraível (K), matéria orgânica (MOS), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio trocáveis (Al), capacidade de troca de cátions (CTC) e relações molares Ca/Mg, (Ca+Mg)/K e $K/(Ca+Mg)^{1/2}$.

A declividade do solo foi medida com hipsômetro de Blume Leiss, através da leitura em graus nas extremidades da porção central de cada parcela, obtendo-se a declividade média.

A intensidade luminosa foi obtida por meio da observação do fechamento das copas das árvores, durante a realização do inventário florestal em fevereiro de 2010, utilizando as seguintes escalas: 1-fechado, 2-intermediário e 3-aberto (sendo que a determinação deste último foi feita tomando-se como base a abertura de uma clareira.

2.3 Análise dos dados

A abrangência florística em relação ao esforço da amostragem foi avaliada pela curva de acumulação de espécies obtida por aleatorização da entrada das parcelas, através do programa PC-ORD versão 5.0. Os resultados indicam que a amostragem foi suficiente para representar a vegetação.

De forma complementar, as espécies foram enquadradas de acordo com grupos ecológicos, conforme revisão bibliográfica (BACKES; IRGANG, 2002; CARVALHO, 2003,

2006; GRINGS; BRACK, 2009), com base na classificação de Budowski (1965) que reconheceu quatro grupos (pioneira, secundária inicial, secundária tardia e clímax) e três parâmetros de classificação (crescimento, tolerância à sombra e dispersão de sementes).

A diversidade florística foi estimada pelo índice de diversidade de Shannon (H') e a equabilidade pelo coeficiente de Pielou (J) (BROWER; ZAR, 1984).

A formação de grupos entre as parcelas foi analisada por meio do TWISPAN (Two-way Indicator Species Analysis), o qual determina agrupamentos entre unidades e espécies correlacionadas, verificando padrões na distribuição de espécies associados indiretamente às condições locais da área (HILL, 1979). A matriz de espécies da vegetação foi constituída pelas espécies que apresentaram mais de três indivíduos amostrados, somando 32 espécies e 12 parcelas para o componente arbóreo (CA) e 19 espécies e 12 parcelas para o sub-bosque (SB). Foram excluídas as espécies raras, pois, segundo Causton (1998), os indivíduos menos abundantes contribuem muito pouco ou nada para a ordenação. Os níveis de corte para caracterizar as pseudoespécies foram 1 (1 ou 2 indivíduos), 2 (3 a 4), 3 (5 a 6), 4 (7 a 8), 5 (9 a 10) e 6 (mais de 11 indivíduos), determinados com base nas densidades observadas para as espécies em cada amostra.

A partir da classificação, os grupos foram caracterizados em relação à estrutura horizontal com base nos parâmetros fitossociológicos (densidade, dominância, frequência e valor de importância), conforme descrito em Felfili e Resende (2003).

Para analisar as correlações ambientais dos gradientes com a vegetação arbórea e arbustiva foi utilizada a análise de correspondência canônica (CCA) (FELFILI et al., 2011). A matriz de espécies foi a mesma utilizada para o TWINSPAN, entretanto, os valores de abundância foram transformados pela raiz quadrada. A matriz ambiental consistiu, inicialmente, das seguintes variáveis: argila, pH em água, acidez potencial ($H+Al$), P extraível, K trocável, matéria orgânica (MO%), Ca, Mg e Al trocáveis, CTC, relações molares Ca/Mg, $(Ca+Mg)/K$ e $K/(Ca+Mg)^{1/2}$, luminosidade e declividade.

Após análise preliminar, foram removidas variáveis fracamente correlacionadas, com valor de correlação inferior a 0,4, totalizando para análise do componente arbóreo 9 variáveis. Dessas, oito de solo (Ca, Mg, $H+Al$, CTC efetiva, % MO, % argila, PMehlich e K) e uma de relevo (declividade). Para o sub-bosque restaram 10 variáveis, das quais nove se referem ao solo (Ca, Mg, CTC efetiva, % MO, % argila, PMehlich, K, relações molares $(Ca+Mg)/K$ e $K/(Ca+Mg)^{1/2}$ e uma se refere à intensidade luminosa. A significância das correlações entre as matrizes foi analisada pelo teste de permutação de Monte Carlo, através do programa PC-

ORD for Windows versão 5 (McCUNE e MEFFORD, 2006). Após as análises, a parcela dez foi excluída, devido ao fato de se tratar de um afloramento rochoso sem vegetação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observados 1608 indivíduos.ha⁻¹ (ind.ha⁻¹) no componente arbóreo, distribuídos em 21 famílias, 40 gêneros e 48 espécies. No sub-bosque foram encontrados 1770,83 ind.ha⁻¹, distribuídos em 22 famílias, 35 gêneros e 42 espécies. Juntos, o componente arbóreo e o sub-bosque apresentaram 56 espécies. Destas, 44 espécies são comuns aos dois estratos, cinco ocorrem apenas no sub-bosque e sete estão presentes apenas no componente arbóreo. Adicionalmente, a identificação das sinúsias da vegetação e a definição das espécies em grupos ecológicos, resultaram em 10 espécies pioneiras, 24 secundárias iniciais e 22 secundárias tardias.

Assim, torna-se importante comparar os resultados obtidos com os de outros estudos feitos na Depressão Central do RS. Scipioni et al. (2009) encontraram 59 espécies na regeneração natural em fragmento de floresta na Reserva Biológica do Ibicuí Mirim e 60 espécies no componente arbóreo. Já Giehl e Jarenkow (2008) observaram 82 espécies no Parque Estadual do Turvo, que está situado sobre a Floresta Estacional do Alto Uruguai. Assim, observa-se que a riqueza florística do trecho em estudo apresentou semelhança com outras áreas das encostas do rebordo meridional da Serra Geral, na região central do Estado do Rio Grande do Sul. Entretanto, demonstra apresentar uma riqueza inferior quando comparada à Floresta do Alto Uruguai.

Da mesma forma, o índice de diversidade de Shannon (H') apresentou valor comparável a outros índices encontrados em estudos realizados nas florestas estacionais do estado do Rio Grande do Sul, revelando H'= 3,0 e o índice de equabilidade de Pielou (J') igual a 0,78. Os resultados refletem uma alta diversidade para a Floresta Estacional Subtropical, o que pode estar relacionado ao histórico da área, uma vez que há trechos de floresta que, provavelmente, não tenham sido explorados pela agricultura devido à intensa declividade da encosta. Na região central do estado, na Reserva Biológica do Ibicuí Mirim, Scipioni et al (2011) encontraram o valor de H'= 3,21 e J'= 0,78. Já Kilca e Longhi (2011) encontraram o valor de H'=3,08 em florestas secundárias do Rebordo do Planalto Meridional.

No sub-bosque, o índice de diversidade de Shannon (H'= 2,60) e o índice de equabilidade de Pielou (J'= 0,69) apresentaram valores menores quando comparados aos encontrados por Scipioni et al. (2009), que constatarem H'= 3,21 e J'= 0,78 na Reserva Biológica do Ibicuí Mirim. Connel e Lowman (1989) explicam que em florestas caracterizadas pela monodominância, as baixas diversidades, em torno de H'= 2,3 a 2,5,

podem ser atribuídas à alta plasticidade fenotípica das espécies que as compõem, ou seja, à ampla distribuição no ambiente. Por outro lado, estudos realizados por Narvaes, Brena e Longhi (2005), em Floresta Ombrófila Mista, evidenciam uma menor diversidade no sub-bosque em relação ao componente arbóreo.

A partir da classificação da vegetação do componente arbóreo (CA), foram observados dois grupos distintos para o trecho de floresta estudado. A primeira divisão, com autovalor de **0,4674**, gerou o **grupo 1_{CA}** (parcelas 6, 7, 8, 9, 11 e 12), que se distribui sobre local de abundante material rochoso fragmentado e declivoso. O **grupo 2_{CA}** (parcelas 1, 2, 3, 4, 5 e 13) localiza-se em área de maior luminosidade, devido à existência de clareiras no local.

O **grupo 1_{CA}** apresentou a espécie *Trichilia claussenii* C.DC. como espécie indicadora, também representada pelas pseudoespécies 1, 2, 3 e 4, o que evidencia uma grande abundância na área. Este é um indicativo de que a *Trichilia claussenii* exerce uma influência na sucessão da floresta e na comunidade em estudo, fato que pode ser explicado por diversos fatores ecológicos, tais como grupo sucessional e interação planta-animal (STAGGEMEIER; GALETTI, 2007; MARTINS et al., 2007), e também por fatores ambientais, como luminosidade (REITZ et al., 1983), topografia e solo (SCIPIONI et al., 2010).

Como espécies preferenciais, destacam-se *Annona rugulosa* (Schltdl.) H.Rainer, *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl., *Phytolacca dioica* L., *Sebastiania brasiliensis* Spreng., *Seguiera aculeata* L. e *Trichilia elegans* A.Juss., representadas pela pseudoespécie 1, o que indica uma baixa densidade por parcela. O mesmo vale para *Allophylus edulis* (A.St.-Hil.,Cambess. & A. Juss.), *Actinostemon concolor* Spreng. e *Trichilia claussenii*, representadas pela pseudoespécie 2, 3 e 4. Já a espécie *Actinostemon concolor* é representada pela pseudoespécie 6, pois em três parcelas ocorreram mais de 11 indivíduos. Este grupo indica uma composição de espécies de sub-bosque, provavelmente devido ao menor porte dessas possibilitar seu estabelecimento em terreno declivoso e instável, características que se devem à intensidade de rochas fragmentadas.

Ainda referente ao **grupo 1_{CA}**, a hierarquia das espécies que melhor descreve a estrutura da floresta é: *Actinostemon concolor*, *Trichilia claussenii* e *Allophylus edulis*, representando juntas um valor de importância (VI%) de 30,2. Contudo, esta contribuição se deve à sua ampla distribuição na área, como é o caso da *Trichilia claussenii* (FA=100), e ao elevado número de indivíduos, como é o caso da *Actinostemon concolor* (Tabela I.1). Apenas *Allophylus edulis* apresentou maiores valores de dominância (DoA).

O grupo 2_{CA} apresentou *Matayba elaeagnoides* Radlk. como indicadora e como preferencial por pseudoespécies 1, 2, 3. Esta espécie foi observada por Vaccaro et al. (1999) no estrato intermediário da floresta secundária, estando em constante competição, principalmente por luz. Ainda, conforme Brun et al. (2011), a espécie apresenta alto potencial de acumulação de carbono no solo, uma característica muito importante para projetos de restauração e sequestro de carbono.

Entre outras preferenciais, a espécie *Cupania vernalis* Cambess. é representada pelas pseudoespécies 1, 2, 3, 4 e 5, demonstrando que seu desempenho na área de estudo corrobora a afirmação de Lima et al. (2006), que a consideram uma espécie frequente em quase todas as formações florestais, devido à grande plasticidade em relação às diferentes intensidades luminosas, o que favorece seu estabelecimento sob diferentes condições ambientais.

Banara tomentosa Clos., *Cedrela fissilis* Vell., *Citrus* sp., *Dalbergia frutescens* (Vell.) Britton, *Lonchocarpus nitidus* (Vogel) Benth., *Machaerium paraguariensis* Hassl., *Myrsine umbellata* Mart., *Nectandra lanceolata* Nees., e *Strychnos brasiliensis* (Spreng) Mart., representadas pela pseudoespécie 1, *Campomanesia guazumifolia* (Cambess.) O.Berg. e *Ocotea puberula* (Rich.) Nees., representadas pelas pseudoespécies 1 e 2, e *Casearia sylvestris* Sw. e *Cordia americana* (L.) Gottshling & J.E.Mill., ambas representadas pelas pseudoespécies 2 e 3, evidenciam uma maior abundância de espécies secundárias iniciais no grupo, características de áreas em estágio intermediário de sucessão.

Na estrutura deste grupo, pôde-se observar os maiores valores de importância nas espécies *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez. (10,89), *Nectandra lanceolata* (9,45), *Cupania vernalis* (9,35), *Ocotea puberula* (7,73) e *Casearia sylvestris* (6,04) (Tabela I.1). O gênero *Nectandra* predominou quanto à dominância, sendo que *Nectandra lanceolata* apresentou 6,155 m².ha⁻¹ e *Nectandra megapotamica* 5,224 m².ha⁻¹, indicando elevada área basal para ambas as espécies. Comparativamente às demais, *Nectandra megapotamica* esteve presente em todas as parcelas (FA). Este comportamento foi similar ao encontrado por Mauhs e Backes (2002) em estudo na Floresta Ombrófila Mista, em Vacaria, onde verificaram dominância desta espécie nos componentes adulto e juvenil.

Cabe ressaltar que *Nectandra megapotamica* é uma espécie que ocorre na floresta densa e desenvolvida (REITZ et al., 1983) e apresenta regeneração vigorosa próxima de árvores adultas em senescência, de modo que sua presença indica que a área representada pelo grupo 2 se trata de um mosaico na floresta de sucessão avançada. Esta espécie apresenta expressiva interação com a fauna, uma vez que as aves são atraídas por seus frutos. De acordo com Krügel et al., (2006), aves com dieta generalista favorecem a dispersão de sementes ao

consumirem frutos inteiros, sem danificá-las. As espécies *Cupania vernalis*, *Ocotea puberula* e *Casearia sylvestris* também apresentam frutos atrativos às aves, ocupando áreas de clareiras na floresta. Assim, para restauração de florestas, as referidas espécies apresentam importante função no ecossistema, já que são capazes de atrair a fauna e garantir sua ampla dispersão.

Tabela I.1 - Estrutura horizontal e grupo sucessional das espécies arbóreo-arbustivas encontradas em trecho de Floresta Estacional Subtropical no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.

Table I.1 - Horizontal structure and successional group shrub-tree species found in Subtropical Deciduous snippet in State Park Quarta Colônia, RS.

Espécies	G. S	GRUPO 1						GRUPO 2					
		Componente arbóreo				Sub-bosque		Componente arbóreo				Sub-bosque	
		DA	FA	DoA	VI%	DA	FA	DA	FA	DoA	VI%	DA	FA
		391,6	83,33	1,69	12,5		41,6			0,04	1,60		41,66
<i>Actinostemon concolor</i>	St ³	7	3	3	7	10083	7	25	50	7	5	1917	7
			66,66	2,83	8,42			91,6		0,78	3,56		41,66
<i>Allophylus edulis</i>	Si ²	150	7	1	2			7	50	3	4	916,7	7
				0,70	3,29			183,	83,3	0,92	6,04		16,66
<i>Casearia sylvestris</i>	Si ¹	50	50	9	5			3	3	2	1	333,3	7
				2,63	5,10	166,6	16,6	158,	83,3	1,26	5,99		
<i>Cordia americana</i>	Si ¹	25	50	5	4	7	7	3	3	9	5	333,3	25
				1,06	4,25	583,3		266,		2,28	9,35		58,33
<i>Cupania vernalis</i>	Si ³	75	50	7	2	3	25	7	100	8	7	4917	3
						333,3	16,6						41,66
<i>Hybanthus bigibbosus</i>	St ³					3	7					1583	7
								66,6	66,6	6,15	9,45		
<i>Nectandra lanceolata</i>	St ³							7	7	5	3		
<i>Nectandra megapotamica</i>	Si ³		66,66	2,68	6,84	166,6	8,33	166,		5,22	10,8		16,66
		83,33	7	1	5	7	3	7	100	4	9	250	7
			16,66	0,57	1,33	166,6	8,33	91,6	83,3	3,87	7,73		8,333
<i>Ocotea puberula</i>	Pi ³	8,33	7	4	2	7	3	7	3	3	2	83,33	3
				0,16		583,3		8,33	16,6	0,01	3,42		8,333
<i>Seguieria aculeata</i>	Si ³	33,33	50	8	2,29	3	25	3	7	5	8	166,7	3
		216,6		1,55	9,19			8,33	16,6	0,01	0,53		
<i>Trichilia clausenii</i>	St ³	7	100	3	6			3	7	9	6	1833	25
			33,33	0,06	1,52	666,6		8,33	16,6	0,01	0,53		
<i>Trichilia elegans</i>	St ³	25	3	1	3	7	25	3	7	7	4	1500	50
				13,9	54,8					20,6	59,1	1383	
Total (12 espécies)		1058		7	3	12750		1075		1	3	3	
				13,3		2000,				8,72	39,0		
Total (44 espécies)		525		6	44,3	6		825		3	3	6833	
				27,3	99,1					29,3	98,1	2066	
Total		1583		3	3	14751		1900		3	6	7	

Onde: G.S= grupo sucessional: Pi= pioneira, Si= secundária inicial; St= secundária tardia. ¹Backes e Irgang (2002); ²Carvalho (2003); ³Grings e Brack (2009); DA= densidade absoluta; FA= frequência absoluta; DoA= dominância absoluta; VI%= valor de importância.

Os dois grupos verificados no componente arbóreo foram confirmados na classificação do sub-bosque (SB), observando-se no **grupo 1_{SB}** as parcelas 5, 6, 8, 11, 12 e **grupo 2_{SB}** as parcelas 1, 2, 3, 4, 7, 9, 13, com autovalor de **0,4247**. Esse resultado sugere que a floresta manterá a diferença dos grupos no decorrer da sucessão, sendo que no **grupo 1_{SB}** a espécie *Actinostemon concolor* se apresenta como espécie indicadora e, como preferenciais, as espécies *Sequiaria aculeata* L. (representada pela pseudoespécie 1) e *Actinostemon concolor* (representada pelas pseudoespécies 2, 3, 4 5), o que reflete a presença expressiva desse grupo no sub-bosque. Tal resultado é corroborado pelos maiores parâmetros de densidade e frequência de *Actinostemon concolor*, seguida pela de *Trichilia elegans*.

O **grupo 2_{SB}** apresentou como espécie indicadora *Cupania vernalis* e como espécies preferenciais *Allophylus edulis*, *Allophylus guaraniticus* (A.St.-Hil.) Radlk., *Cabrlea canjerana* (Vell.) Mart., *Campomanesia guazumifolia*, *Casearia sylvestris*, *Machaerium paraguariensis*, *Myrsine umbellata* Mart. e *Parapiptadenia rigida* (representadas pela pseudoespécie 1), e *Cupania vernalis* e *Trichilia clausenii* (representadas pela pseudoespécie 2). Na estrutura da floresta, *Cupania vernalis* apresenta a melhor hierarquização devido aos seus elevados valores de densidade (DA) e frequência (FA).

Considerando que as espécies presentes nesses grupos pertencem a diferentes grupos sucessionais, pode-se classificar o trecho estudado como uma floresta em estágio médio a avançado (CONAMA, 1994), em que as secundárias iniciais contribuem para uma maior diversidade e as espécies de sub-bosque possuem o maior número de indivíduos. As secundárias tardias aparecem em menor expressividade, tanto no número de espécies como no número de indivíduos amostrados. Desta forma, a classificação sugere a existência de um mosaico sucessional, em decorrência do histórico de interferência antrópica da área.

Nesse sentido, com base na Análise de Correspondência Canônica CCA, foi possível verificar a influência de variáveis ambientais sobre a formação de grupos distintos na área de estudo. A análise de distribuição das parcelas e espécies com relação às variáveis ambientais, para o componente arbóreo, indicou autovalores de 0,383 e 0,255 nos dois primeiros eixos de ordenação, respectivamente. O eixo 1 explicou 20,2% da variância, enquanto que o eixo 2 correspondeu a 13,4%. Esses resultados indicam que as variáveis ambientais utilizadas explicam 33,6% da variância na distribuição das espécies, evidenciando a relação da Floresta Estacional com locais de alta declividade, solos rasos, altas porcentagens de saturação de bases ($V > 50\%$) e baixos teores de alumínio (RUGGIERO et al., 2002), como verificado na área de estudo. Os outros 66,4% dizem respeito a fatores não mensurados e que ocorrem aleatoriamente na natureza.

Adicionalmente, o teste de permutação de Monte Carlo indicou alta correlação entre a abundância de espécies e as variáveis ambientais nos eixos de ordenação ($p=0,010$), devido, provavelmente, à variabilidade química e física no gradiente topográfico.

As variáveis mais correlacionadas com o primeiro eixo de ordenação foram aquelas relacionadas à química e física do solo, representadas pelo cálcio, pelo magnésio, pela acidez potencial, pela capacidade de troca catiônica e pela argila (Tabela I.2).

Tabela I.2 - Coeficientes de correlação entre as variáveis ambientais e os eixos de ordenação encontrados para a regeneração e o componente arbóreo de trecho de Floresta Estacional Decidual no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.

Table I.2 - Correlation coefficients between the environmental variables and the axes of ordination found for regeneration and the upper stratum of semideciduous seasonal Deciduous snippet in State Park Quarta Colônia, RS.

Variáveis ambientais	Componente arbóreo			Sub-bosque		
	Correlação					
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
Declividade (Dec)	0,258	-0,248	0,112	-0,278	-0,111	0,192
Cálcio (Ca)	-0,511	0,351	0,062	-0,062	0,194	0,656
Magnésio (Mg)	-0,511	0,343	0,292	-0,017	0,282	0,619
Acidez potencial (HAl)	-0,563	-0,079	-0,006	-0,007	-0,188	0,311
CTC efetiva	-0,503	0,352	0,106	-0,049	0,199	0,661
Matéria orgânica (MO)	-0,373	0,244	0,061	-0,035	-0,015	0,591
Argila	-0,556	-0,055	0,194	-0,105	0,376	0,651
Fósforo (PMehlic)	-0,412	0,017	-0,476	-0,123	0,166	-0,005
Potássio (K)	0,244	0,300	0,064	0,102	-0,530	0,430
Relações molares (Ca/Mg/K)	0,055	0,153	0,002	-0,159	0,757	0,173
Relações molares (K/Ca/Mg)	0,123	0,233	0,034	0,147	-0,722	0,152

Diversos trabalhos demonstraram relações semelhantes às encontradas nesse estudo. Alguns observaram correlações da vegetação com a matéria orgânica (GIEHL; JARENKOW, 2008; ROSALES et al. 2001), a qual possui a capacidade de adsorver Ca, Mg, K e outros elementos, evitando sua lixiviação em solos pobres de argila (KIEHL, 1979), como é o característico da área de estudo, que apresenta textura arenosa (classe 4) e altos teores de Ca ($27 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), Mg ($5,4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) e K ($320 \text{ mg}/\text{dm}^3$).

Com relação à saturação por bases, os teores apresentados indicam um caráter eutrófico ($V > 50\%$), considerado um importante fator no aumento da produtividade do solo (BOTREL et al., 2002; BUDKE et al., 2007). Kiehl (1979) afirma que a saturação por bases

apresenta explicações para condições do solo, como acidez e alcalinidade, floculação de argilas e, principalmente, disponibilidade de cálcio, magnésio e potássio às plantas. Assim, verifica-se que o solo do trecho analisado apresenta altos níveis de fertilidade.

Adicionalmente, Pedron e Dalmolin (2011) afirmam que, no geral, os Neossolos Litólicos, característicos da área de estudo, e Regolíticos do rebordo do Planalto gaúcho são eutróficos, ricos em matéria orgânica no horizonte A e em reserva de nutrientes, com exceção do fósforo.

De forma mais expressiva do que na vegetação do componente arbóreo, as variáveis ambientais explicaram a classificação realizada no sub-bosque, pois os dois primeiros eixos de ordenação apresentaram os seguintes autovalores: 0,557 (eixo 1) e 0,320 (eixo 2). O eixo 2 explicou 49,7% da variância e o eixo 3 correspondeu a 14,5%, verificando-se uma variância acumulada de 64,2%. Além disso, o teste de permutação de Monte Carlo ($p= 0,010$) indicou forte correlação entre as variáveis ambientais e a vegetação do sub-bosque.

Por outro lado, as variáveis ambientais cálcio, magnésio, capacidade de troca catiônica efetiva, matéria orgânica e argila apresentaram maior correlação no terceiro eixo do que no segundo. Adicionalmente a essa correlação, os altos teores de elementos trocáveis como Ca ($27 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) e Mg ($5,4 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) na área de estudo, na faixa de pH 6,0-6,5, representam elevada disponibilidade desses elementos para as plantas (MEURER, 2007). As variáveis mais correlacionadas ao eixo 2 para a vegetação do sub-bosque são potássio e relações molares de Ca/Mg/K e $K/(\text{Ca}+\text{Mg})^{1/2}$. Nesse caso, são altos os teores apresentados destes elementos, o que indica que o sub-bosque necessita de um aporte maior desses nutrientes, provavelmente devido à influência do sombreamento na produção de carboidratos para o desenvolvimento da planta (LARCHER, 2000).

A ordenação das unidades amostrais do componente arbóreo no primeiro eixo sugere a influência das características químicas do solo, através dos teores de cálcio, magnésio, fósforo, acidez potencial, capacidade de troca catiônica e argila (Figura I.1).

As parcelas situadas do lado esquerdo da ordenação correspondem ao grupo ES 1, onde provavelmente exista uma maior fertilidade do solo, devido à correlação com os altos teores de saturação de bases ($V > 50\%$) e CTC ($31,6 \text{ cmol}/\text{dm}^3$) e os baixos teores de fósforo ($12,14 \text{ mg}/\text{dm}^3$), pois o pH ligeiramente ácido e o elevado teor de Ca+Mg trocável da área de estudo, conforme Malavolta (1997), favorecem a decomposição relativamente rápida da matéria orgânica, assegurando um suprimento adequado de fósforo mesmo que em baixas concentrações à vegetação.

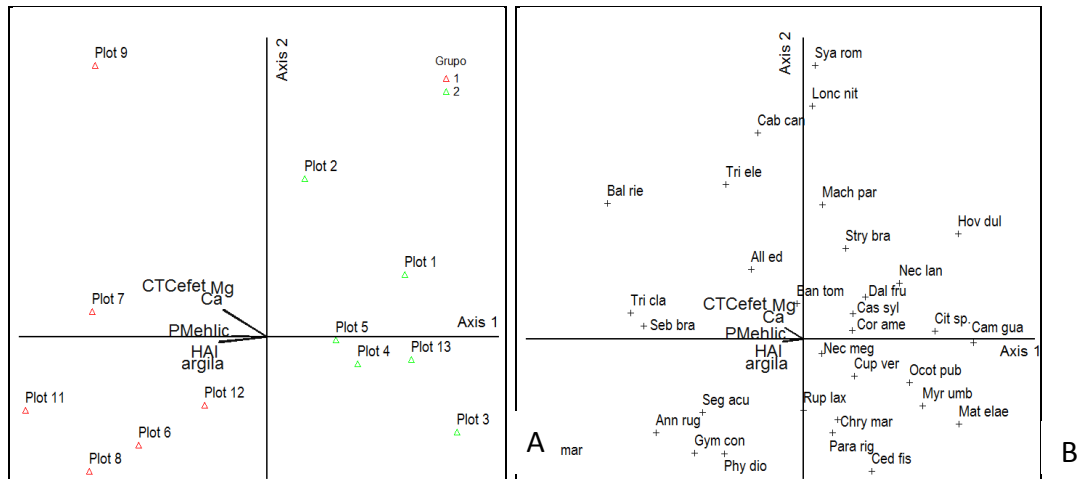


Figura I.1 - Distribuição das parcelas (A) e espécies (B) de acordo com os eixos 1 e 2 da CCA, gerada a partir dos dados de abundância das espécies ocorrentes no componente arbóreo e das variáveis ambientais em um trecho de Floresta Estacional Subtropical no Parque Estadual Quarta Colônia, no RS. Axis: eixos; Plot: parcelas; CTCefet: capacidade de troca catiônica efetiva; Ca: cálcio; PMehlic: fósforo; HAl: acidez potencial; Mg: magnésio; Bal rie: *Balfourodendron riedelianum*; Tri ele: *Trichilia elegans*; Cab can: *Cabranea canjerana*; All ed: *Allophylus edulis*; Tri cla: *Trichilia claussoni*; Seb bra: *Sebastiania brasiliensis*; Lonc nit: *Lonchocarpus nitidus*; Mach par: *Machaerium paraguayensis*; Ban tom: *Banara tomentosa*; Stry bra: *Strychnos brasiliensis*; Hov dul: *Hovenia dulcis*; Nec lan: *Nectandra lanceolata*; Dal fru: *Dalbergia frutescens*; Cas syl: *Casearia sylvestris*; Cor ame: *Cordia americana*; Cit sp.: *Citrus* sp.; Cam gua: *Campomanesia guazumifolia*; Nec meg: *Nectandra megapotamica*; Cup ver: *Cupania vernalis*; Ocot pub: *Ocotea puberula*; Myr umb: *Myrsine umbellata*; Mat elae: *Matayba elaeagnoides*; Ced fis: *Cedrela fissilis*; Chry mar: *Chrysophyllum marginatum*; Para rig: *Parapiptadenia rigida*; Rup lax: *Ruprechtia laxiflora*; Seg acu: *Seguiera aculeata*; Ann rug: *Annona rugulosa*; Gym con: *Actinostemon concolor*; Inga mar: *Inga marginata*; Phy dio: *Phytolacca dioica*.

Figure I.1 - Plots distribution and species according to axis 1 and 2 of the CCA, generated from the data of abundance of species encountered in the upper strata and environmental variables in a Semideciduous Forest in State Park Quarta Colônia, RS. CTCefet: capacidade de troca catiônica efetiva; Ca: cálcio; PMehlic: fósforo; HAl: acidez potencial; Mg: magnésio; Bal rie: *Balfourodendron riedelianum*; Tri ele: *Trichilia elegans*; Cab can: *Cabranea canjerana*; All ed: *Allophylus edulis*; Tri cla: *Trichilia claussoni*; Seb bra: *Sebastiania brasiliensis*; Lonc nit: *Lonchocarpus nitidus*; Mach par: *Machaerium paraguayensis*; Ban tom: *Banara tomentosa*; Stry bra: *Strychnos brasiliensis*; Hov dul: *Hovenia dulcis*; Nec lan: *Nectandra lanceolata*; Dal fru: *Dalbergia frutescens*; Cas syl: *Casearia sylvestris*; Cor ame: *Cordia americana*; Cit sp.: *Citrus* sp.; Cam gua: *Campomanesia guazumifolia*; Nec meg: *Nectandra megapotamica*; Cup ver: *Cupania vernalis*; Ocot pub: *Ocotea puberula*; Myr umb: *Myrsine umbellata*; Mat elae: *Matayba elaeagnoides*; Ced fis: *Cedrela fissilis*; Chry mar: *Chrysophyllum marginatum*; Para rig: *Parapiptadenia rigida*; Rup lax: *Ruprechtia laxiflora*; Seg acu: *Seguiera aculeata*; Ann rug: *Annona rugulosa*; Gym con: *Actinostemon concolor*; Inga mar: *Inga marginata*; Phy dio: *Phytolacca dioica*.

A ordenação das espécies do componente arbóreo (Figura I.1) revela que *Allophylus edulis*, *Banara tomentosa*, *Trichilia clausenii* e *Sebastiania brasiliensis* apresentaram correlação com o cálcio, fósforo, magnésio e CTC. Enquanto que *Seguiera aculeata*, *Annona rugulosa*, *Actinostemon concolor* e *Phytolacca dioica* manifestaram correlação com a acidez potencial e argila. Adicionalmente, estas espécies estão bem representadas hierarquicamente no grupo ES 1, o que denota que possuem as mesmas exigências nutricionais, fazendo parte, portanto, do mesmo grupo funcional. Essa informação é importante para programas de restauração florestal, nos quais se buscam espécies de diversos grupos funcionais para autoperpetuação da floresta.

No sub-bosque, a ordenação de unidades amostrais no terceiro eixo sugere correlação com argila, matéria orgânica, CTC, potássio, cálcio, magnésio e relações molares $K/(Ca+Mg)^{1/2}$ e $(Ca+Mg)/K$ (Figura I.2).

Quanto à ordenação das espécies, no eixo 2 as espécies *Trichilia elegans*, *Seguiera aculeata* e *Hybanthus bigibbosus* apresentaram alta correlação com as variáveis ambientais de argila, magnésio, cálcio, CTC efetiva e relações molares de $(Ca+Mg)/K$. As três espécies mencionadas são comuns no sub-bosque e, de acordo com Lieberman et al. (1995), as espécies do estrato herbáceo-arbustivo estão aptas a ocupar a maior parte da amplitude de variação luminosa de seus ambientes, sofrendo, assim, maior influência por variáveis de solo do que por luminosidade na definição de nichos ecológicos das espécies de plantas nas florestas tropicais.

No eixo 3, as espécies *Cordia americana*, *Cupania vernalis* e *Actinostemon concolor* destacaram-se por sua correlação com potássio, matéria orgânica e relações molares de $K/(Ca+Mg)^{1/2}$. Neste sentido, Scipioni et al. (2010), observaram que a espécie *Cordia americana* está ordenada em locais com maior relação Ca/Mg e maior disponibilidade de cátions. Provavelmente, existe uma relação entre a deposição da serapilheira destas espécies, formação de matéria orgânica e disponibilidade de potássio (K), pois, conforme Malavolta (1997), o potássio apresenta alta mobilidade, sendo translocado facilmente da serapilheira para o solo e novamente para a planta.

Neste sentido, a *Cupania vernalis* é uma espécie com alta deposição de serapilheira e concentração de macronutrientes (BRITEZ; SILVA, 1992). Em estudo realizado na mesma região da área de estudo em questão, Cunha (1997), em um capoeirão com 19 anos em São João do Polêsini, RS, verificou que *Cupania vernalis*, entre outras duas espécies, depositava um grande número de folhas no solo.

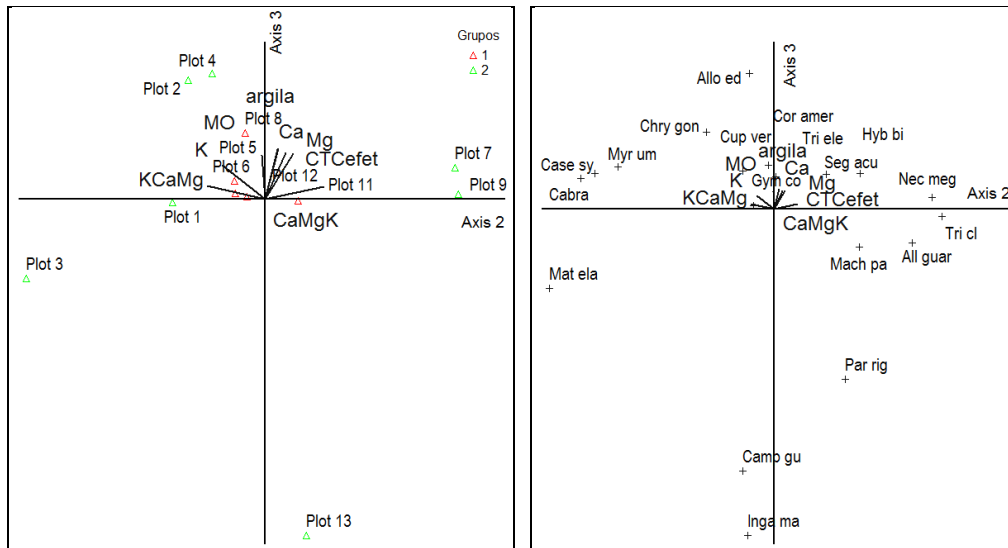


Figura I.2 - Distribuição das parcelas e espécies de acordo com os eixos 3 e 2 da CCA, gerada a partir dos dados de abundância das espécies ocorrentes no sub-bosque e variáveis ambientais em um trecho de Floresta Estacional Subtropical no Parque Estadual Quarta Colônia, RS. Axis: eixos; Plot: parcelas; CTCefet: capacidade de troca catiônica efetiva; Ca: cálcio; PMehlic: fósforo; HAl: acidez potencial; Mg: magnésio; Tri ele: *Trichilia elegans*; Cab can: *Cabralea canjerana*; Allo ed: *Allophylus edulis*; All guar: *Allophylus guaraniticus*; Tri cla: *Trichilia claussoni*; Mach pa: *Machaerium paraguayensis*; Cas syl: *Casearia sylvestris*; Cor ame: *Cordia americana*; Cam gua: *Campomanesia guazumifolia*; Nec meg: *Nectandra megapotamica*; Cup ver: *Cupania vernalis*; Myr umb: *Myrsine umbellata*; Mat elae: *Matayba elaeagnoides*; Chry gon: *Chrysophyllum gonocarpum*; Para rig: *Parapiptadenia rigida*; Seg acu: *Seguiera aculeata*; Gym con: *Actinostemon concolor*; Inga mar: *Inga marginata*; Hyb bi: *Hybanthus bigibbosus*.

Figure I.2 - Parcel distribution and species according to axes 3 and 2 of the CCA, generated from the data of abundance of species encountered in the understory and environmental variables in an excerpt from Semideciduous Subtropical in State Park Quarta Colônia, RS. CTCefet: capacidade de troca catiônica efetiva; Ca: cálcio; PMehlic: fósforo; HAl: acidez potencial; Mg: magnésio; Tri ele: *Trichilia elegans*; Cab can: *Cabralea canjerana*; Allo ed: *Allophylus edulis*; All guar: *Allophylus guaraniticus*; Tri cla: *Trichilia claussoni*; Mach pa: *Machaerium paraguayensis*; Cas syl: *Casearia sylvestris*; Cor ame: *Cordia americana*; Cam gua: *Campomanesia guazumifolia*; Nec meg: *Nectandra megapotamica*; Cup ver: *Cupania vernalis*; Myr umb: *Myrsine umbellata*; Mat elae: *Matayba elaeagnoides*; Chry gon: *Chrysophyllum gonocarpum*; Para rig: *Parapiptadenia rigida*; Seg acu: *Seguiera aculeata*; Gym con: *Actinostemon concolor*; Inga mar: *Inga marginata*; Hyb bi: *Hybanthus bigibbosus*.

Entretanto, cada espécie tem um intervalo de tolerância às variáveis ambientais, e quase sempre os limites dessa tolerância não são bruscos em um gradiente. Existe um ponto crítico a partir do qual a abundância das espécies vai diminuindo em relação aos extremos

desse gradiente, que pode ser um recurso (luz, nutrientes) ou condições de habitat (pH, altitude, topografia) (RODRIGUES et al., 2007). Com base nisso, pode ser explicado o fato de que espécies que se distanciaram dos centros dos diagramas de ordenação tenham menor exigência em relação às variáveis ambientais selecionadas, não podendo ser explicada pelas mesmas.

Assim, diante dos agrupamentos encontrados e de suas respectivas espécies, é possível identificar como espécies potenciais à restauração *Cupania vernalis*, *Trichilia clausenii*, *Trichilia elegans*, *Allophylus edulis*, *Casearia sylvestris*, *Actinostemon concolor*, *Nectandra megapotamica*, *Nectandra lanceolata* e *Cordia americana*, devido à plasticidade, à distribuição espacial, à frutificação atrativa à fauna, ao grupo sucessional e à posição sociológica nos diferentes estratos, influenciando a intensidade luminosa e o estabelecimento de outras espécies na área a ser restaurada ou enriquecida. Entretanto, ressalta-se que a seleção da espécie ou a definição do arranjo depende da função que a espécie exerce no ecossistema e do resultado desejado.

4 CONCLUSÃO

- a) A floresta no trecho estudado é heterogênea, e nela podem ser observados dois grupos florísticos, tanto no componente arbóreo como no sub-bosque. Os agrupamentos formados foram evidenciados, principalmente, pelo grupo sucessional ao qual pertencem as espécies predominantes, o que está relacionado ao histórico de uso do solo;
- b) A distribuição da vegetação tem relação com variáveis de solo, como cálcio, fósforo, potássio, magnésio, matéria orgânica, CTC, acidez potencial, argila e relações molares;
- c) A relação de espécies com variáveis de solo diz respeito às características fisiológicas e ecológicas de cada espécie, como *Cupania vernalis*, *Cordia americana* e *Actinostemon concolor* que se correlacionam com matéria orgânica e potássio, e *Allophylus edulis*, *Banara tomentosa*, *Trichilia clausenii* e *Sebastiania brasiliensis* que se correlacionam com cálcio, fósforo e magnésio;
- d) Espécies como *Cupania vernalis*, *Nectandra megapotamica*, *Casearia sylvestris*, *Trichilia clauseni* e *Cordia americana*, que pertencem a diferentes grupos funcionais, são potenciais para serem utilizadas em programas de restauração, devida à sua capacidade de produzir serapilheira, ciclar nutrientes, sequestrar carbono, atrair fauna e dispersar sementes; assim como *Actinostemon concolor* e *Trichilia elegans*, que se apresentam como potenciais para compor a diversidade, por meio de enriquecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. The Linnaean Society of London. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, 2009, v. 161, p. 105-121. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1095-8339.2003.t01-1-00158.x/full>>. Acesso em: 4 out. 2011.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul**: guia de identificação e interesse ecológico. Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz, 2002. 325 p.
- BOTREL, R. T. et al. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semi-decidual em Indaí, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, p. 195-213, 2002.
- BRITEZ, R. M.; SILVA, S. M. Avaliação da regeneração natural em reflorestamentos experimentais da PETROSIX, São Mateus do Sul, PR. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 7., 1992. Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR: FUPEF, 1992. p. 253-263.
- BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field and laboratory methods for general ecology**. 2. ed. Iowa: Brow Publishers, 1984. 226 p.
- BRUN, K. G. F.; BRUN, J. E.; LONGHI, L. S. Potencial de sequestro de carbono em espécies arbóreas nativas em Santa Tereza. In: SCHUMACHER, M. V. et al. (Org.). **A Floresta Estacional Subtropical**: caracterização e ecologia no rebordo do Planalto Meridional. Santa Maria: Pallotti, 2011. 320 p.
- BUDKE, J. C.; JARENKOW, J. A.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Relationships between tree component structure, topography and soil of a riverside Forest, Rio Botucaraí, Southern Brasil. **Plant Ecology**, v. 189, n. 2, p. 187-200, 2007. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/e858717238387082/>>. Acesso em: 2 dez. 2011.
- BUDOWSKI, G. N. Distribution of Tropical American rain forest species in the light of succession processes. **Turrialba**, Costa Rica, v. 15, n. 2, p. 40-52, 1965.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas; Colombo: Embrapa Floresta, v. 1, 2003. 1039 p.
- _____. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas; Colombo: Embrapa Floresta, v. 2, 2006. 627 p.
- CAUSTON, D. R. **An introduction to vegetation analysis, principles and interpretation**. London: Unwin Hyman, 1988. 340 p.
- CONNEL, J. H.; LOWMAN, M. D. Low-diversity tropical rain Forest: some possible mechanisms for their existence. **The American Naturalist**, v. 131, n. 1, p. 88-119, 1989.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA) (Brasil). Resolução n. 33 de 07 de dezembro de 1994. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. n. 248, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 dez. 1994. Seção 1, p. 21352-53.

CUNHA, G. C. **Aspectos da ciclagem de nutrientes em diferentes fases sucessionais de uma Floresta Estacional do RS**. 1997. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)–Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/USP, Piracicaba, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306 p.

FELFILI, J. M.; RESENDE, R. P. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. Brasília: Universidade de Brasília, 2003. 68 p.

FELFILI, J.M. et al. Análise Multivariada: Princípios e Métodos em estudos de vegetação. In: _____ (Ed.). **Fitossociologia no Brasil: Métodos e Estudos de Casos**, v.1. Viçosa: Editora UFV, 2011.

FINGER, C. A. **Fundamentos de biometria florestal**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. 269 p.

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

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

HILL, M. O. **TWINSPAN**: a FORTRAN program of arranging multivariate data in an ordered two way table by classification of individual and attributes. Ithaca, NY: Cornell University, 1979. 60 p.

KIEHL, J. E. **Manual de edafologia, relações solo-planta**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1979. 262 p.

KILCA, V. R.; LONGHI, J. S. A composição florística e a estrutura das florestas secundárias no rebordo do Planalto Meridional. In: SCHUMACHER, M. V. et al. (Org.). **A Floresta Estacional Subtropical**: caracterização e ecologia no rebordo do Planalto Meridional. Santa Maria: Pallotti, 2011. 320 p.

KRÜGEL, M. M.; BURGER, M. I.; ALVES, M. A. Frugivoria por aves em *Nectandra megapotamica* (Lauraceae) em uma área de Floresta Estacional Decidual no Rio Grande do Sul, Brasil. **Iheringia**, Série Zoologia, v. 96, n. 1, p. 17-24, 2006.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

LIEBERMAN, M. et al. Canopy closure and the distribution of tropical forest tree species at La Selva, Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, v. 11, n. 2, p. 61-178, maio 1995.
Disponível em:

- <<http://hydro.csUMB.edu/lieberman/docs/Canopy%20closure%20and%20the%20distribution%20JTE.pdf>>. Acesso em: 4 set. 2011.
- LIMA, E. C. et al. Aspectos fisiológicos de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. Submetidos a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 30, n. 1, p. 33-31, 2006.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa de Potássio e do Fósforo, 1997.
- MARTINS, J. T.; WIDHOLZER, C. F. N.; DIAS, R. A. Comportamento da avifauna na captura e manipulação de frutos de *Trichilia clausenii* C. DC (Meliaceae) em mata de restinga do Rio Grande do Sul, BR. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, PESQUISA E RESPONSABILIDADE AMBIENTAL. 16., 2007. **Anais...** Pelotas. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, 2007.
- MAUHS, J.; BACKES, A. Estrutura fitossociológica e regeneração natural de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista exposto a perturbações antrópicas. **Pesquisas**, Série Botânica, v. 52, p. 89-109, 2002.
- MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD**: multivariate analysis of ecological data. Version 5.0. Oregon: MjM Software Design, 2006.
- MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F. et al. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 65-90.
- NARVAES, S. I.; BRENA, A. D.; LONGHI, J. S. Estrutura da regeneração natural em Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 4, 2005. p. 331-342.
- NIMER, E. Clima. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Geografia do Brasil**: Região Sul. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. p. 151-187.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO (FAO). **Avaliação dos recursos florestais mundiais**. 2010. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/aif.asp>>. Acesso em: 20 set. 2011.
- PEDRON, A. P.; DALMOLIN, R. S. D. Solos da região do rebordo do Planalto Meridional no Rio Grande do Sul. In: SCHUMACHER, M. V. et al. (Org.). **A Floresta Estacional Subtropical**: caracterização e ecologia no rebordo do Planalto Meridional. Santa Maria: Pallotti, 2011. 320 p.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto madeira do Rio Grande do Sul. **Sellowia**, Itajaí, v. 34-35, p. 5-483, 1983.
- 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.

ROSALES, J.; PETTS, G.; KNAB-VISPO, C. Ecological gradients within the riparian forests of the lower Caura River, Venezuela. **Plant Ecology**, v. 152, p.101-118, 2001.

RUGGIERO, P. G. C. et al. Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semi-deciduous Forest, southeastern Brazil. **Plant Ecology**, v. 160, n. 1, p. 1-16, 2002.
Disponível em: < http://www.cerradoecology.com/papers_files/09.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2011.

SCIPIONI, M. C. et al. Análise dos padrões florísticos e estruturais de uma comunidade arbórea-arbustiva em um gradiente de solo e relevo. In: SCHUMACHER, M. V. et al. (Org.). **A Floresta Estacional Subtropical: caracterização e ecologia no rebordo do Planalto Meridional**. Santa Maria: Pallotti, 2011. 320 p.

_____. 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.

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

SILVA, A.L.; SCARIOT, A. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea em Floresta Estacional Decidual em afloramento de calcário (Fazenda S. José, São Domingos, GO, Bacia do Rio Paraná). **Acta Botânica Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 305-313, 2003.

STAGGEMEIER, V. G.; GALETTI, M. Impacto humano afeta negativamente a dispersão de sementes de frutos ornitocóricos: uma perspectiva global. Ararajuba. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 15, p. 281-287, 2007.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, 1995. 174 p. (Série Boletim Técnico de Solos, v. 5).

VACCARO, J. S.; LONGHI, S. J.; BRENA, A. D. Aspectos da composição florística e categorias successionais 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.

VENTUROLI, F. et al. Crescimento de uma Floresta Estacional Semidecídua secundária sob manejo em relação a fatores ambientais, em Pirenópolis, Goiás. **Revista de Biologia Neotropical**, v. 7, n. 2, p. 1-11, 2010.

VUONO, S. Y. Inventário fitossociológico. In: SYLVESTRE, S. L.; Rosa, M. M. (Org.). **Manual metodológico para estudos botânicos na Mata Atlântica**. Seropédica: Ed. Universidade Rural, 2002.

CAPÍTULO II

ANÁLISE COMPARATIVA DE DUAS ÁREAS EM RECUPERAÇÃO NA FLORESTA ESTACIONAL SUBTROPICAL NO SUL DO BRASIL

(O capítulo 2 está no formato de artigo, o qual será submetido à Revista **Árvore**)

ANÁLISE COMPARATIVA DE DUAS ÁREAS EM RECUPERAÇÃO NA FLORESTA ESTACIONAL SUBTROPICAL NO SUL DO BRASIL

COMPARATIVE ANALYSIS OF TWO AREAS IN RECOVERY IN SEMIDECIDUOUS TROPICAL IN SOUTHERN BRAZIL

RESUMO

A restauração ecológica é a ciência e prática que maneja a recuperação da integridade ecológica dos ecossistemas. O presente estudo teve por objetivo avaliar a evolução da restauração de duas áreas degradadas, em unidade de conservação de proteção integral, no bioma Mata Atlântica. Foram avaliados atributos da composição florística e da estrutura da vegetação, assim como variáveis ambientais envolvidas em processos ecológicos, capazes de caracterizar diferentes áreas em restauração. A vegetação do estrato superior foi amostrada em 18 parcelas de 10 x 20 m, em cada uma das áreas recuperadas (A1 e A2), e em 12 parcelas em trecho de floresta secundária utilizada como referência (AR), de modo que foram observados o diâmetro, a altura e a cobertura de copa dos indivíduos. A regeneração natural foi estudada em subparcelas, através da obtenção do diâmetro do coleto e da altura (0,10 a 1,0 m). As variáveis ambientais representadas pela atividade enzimática foram observadas por meio da coleta de 10 amostras de solo, nas camadas de 0 a 5 cm e de 5 a 20 cm, em cada área. Os resultados evidenciam que, além da composição florística e estrutura da vegetação, a atividade enzimática é um indicativo potencial da qualidade do sítio, e que as duas áreas restauradas retomaram o processo de sucessão. Entretanto a A1 apresenta condições ambientais mais favoráveis ao desenvolvimento, o que permite inferir sobre a necessidade de manejo para o desenvolvimento das áreas em recuperação.

Palavras-chave: áreas protegidas; regeneração natural; atividade enzimática

ABSTRACT

The restoration ecology is an activity which aims the ecosystem integrity and functionality return, sustainability. The present study was designed to evaluate the evolution of the two restore degraded areas, in full protection conservation unit, in the Atlantic forest Biome. Were evaluated attributes of floristic composition and vegetation structure, as well as environmental variables involved in ecological processes, able to characterize different areas in restoration. The upper stratum of vegetation was sampled in 18 parcels of 10 x 20 m, in each of the areas recovered (A1 and A2) and secondary forest snippet 12:0 pm used as reference (AR), where he was observing the diameter, height and canopy coverage of individuals. The natural regeneration has been studied in sub-plots retrieving the collar diameter and height (0.10 to 1.0 m). The environmental variables represented by the enzyme activity in soil, was observed through the collection of 10 samples of soil, in layers of 5 cm and 0 to 5 to 20 cm, in each area. The results show that, in addition to the floristic composition and vegetation structure, the enzyme activity is a potential sign of the quality of the site, which indicates that the two areas restored retook the succession process, however A1 presents environmental conditions more favourable to development, enabling infer about the need for management, for the development of areas in recovery.

Keywords: protected areas; natural regeneration; enzymatic activity

1 INTRODUÇÃO

Os esforços em conservar os ecossistemas estão cada vez mais centrados na restauração de áreas degradadas para promover serviços ambientais e aumentar a biodiversidade, uma vez que grandes extensões de terras estão degradadas no mundo (HOLL; AIDE, 2011). Neste contexto, atividades de obras de interesse público como construção de hidrelétricas, apesar de necessárias, resultam em fragmentação florestal, impacto no ecossistema e, conseqüente, formação de áreas degradadas, as quais devem ser restauradas conforme legislação vigente.

Na bacia do rio Jacuí, no Rio Grande do Sul, estão localizadas diversas usinas hidrelétricas, sendo que para compensar o dano ambiental, segundo a lei, os empreendedores devem investir na criação de unidades de conservação, as quais muitas vezes, por estarem localizadas na região da obra, apresentam áreas degradadas em seus limites.

A restauração ecológica é a ciência e prática de manejar a recuperação da integridade ecológica dos ecossistemas. Dessa forma, conduz o ecossistema à sua trajetória natural, por meio da autoperpetuação (URBANSKA et al., 1997), entretanto, a direção e os limites da restauração podem ser estabelecidos através de uma combinação de fatores (GANDOLFI et al., 2007).

Tal combinação deve levar em consideração a trajetória histórica ou as condições de referência a partir de dados ecológicos e indicadores. Os métodos para restaurar os ecossistemas florestais dependem dos níveis de conservação da floresta e dos solos, do grau de degradação dos processos ecológicos, da vegetação remanescente e dos resultados de restauração desejados.

Nesse sentido, para avaliar o sucesso da restauração, a Society of Ecological Restoration International definiu atributos que podem ser agrupados em três categorias: (1) diversidade; (2) estrutura da vegetação; e (3) processos ecológicos (RUIZ-JAEN; AIDE, 2005).

A diversidade é comumente mensurada pela determinação da riqueza e abundância de organismos em diferentes níveis tróficos. A estrutura da vegetação é geralmente analisada por sua densidade, biomassa, cobertura da copa ou pelos aspectos fisionômicos da vegetação, sendo que essas mensurações são úteis para predizer a direção da sucessão de plantas. Processos ecológicos, tais como a ciclagem de nutrientes, as interações biológicas e, principalmente, as transformações mediadas pela biomassa microbiana, têm sua síntese

acelerada por enzimas e, conseqüentemente, proporcionam a quebra da molécula orgânica, facilitando sua mineralização (CARNEIRO et al., 2008). Entre essas enzimas, citam-se: a urease e a amidase; a fosfatase; e a arilsulfatase, envolvidas, respectivamente, na síntese de nitrogênio, fósforo e enxofre.

No entanto, em poucos projetos observa-se uma preocupação com o monitoramento pós-plantio dos reflorestamentos. A importância dessa atividade está relacionada às possíveis intervenções, sejam para corrigir e/ou complementar as técnicas inicialmente empregadas. Assim, esse estudo teve por objetivo identificar atributos da composição florística e da estrutura da vegetação, assim como variáveis ambientais envolvidas em processos ecológicos, capazes de caracterizar diferentes áreas em restauração.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado na área do Parque Estadual Quarta Colônia (P.E.Q.C), uma unidade de conservação de proteção integral com território de 1.847,9 ha, cuja coordenada geográfica da sede administrativa é 29°37'40.80''S e 53°22'0.38''O. O Parque está localizado nos municípios de Agudo e Ibarama, no RS, na bacia hidrográfica do rio Jacuí, sendo caracterizado por apresentar encostas florestadas e áreas em processo de restauração, degradadas durante a construção da barragem da usina hidrelétrica Dona Francisca.

O solo da região é classificado como Neossolo Litólico e apresenta baixos teores de alumínio trocável (EMBRAPA, 2006). Segundo a classificação de Köppen, o clima é Subtropical, pertencente à variedade específica Cfa, assim definida por apresentar temperatura média do mês mais frio entre -3° e 18°C (de junho a agosto) e do mês mais quente superior a 22°C (em janeiro) (NIMER, 1990). A vegetação é inerente à região fitogeográfica de Floresta Estacional Subtropical (SCHUMACHER et al., 2011).

O Parque Estadual Quarta Colônia contém áreas em processo de restauração, que apresentam diferentes históricos de uso e diferentes planejamentos de plantio de espécies nativas, estas não especificamente da mesma região fitogeográfica. O plantio de mudas de espécies nativas foi o requisito estabelecido pelo órgão ambiental para a restauração das áreas, ficando a cargo do empreendedor a diversidade e abundância das espécies.

De uma forma geral, os plantios não apresentaram alta diversidade, já que a preocupação se deu somente em virtude da utilização de espécies conforme seu grupo sucessional. Assim, para área de estudo, foram selecionadas duas áreas com sete anos de plantio, com as seguintes características:

1) Área 1 (A1): área de 2,21 hectares remanescente de antigas lavouras e propriedades com benfeitorias, localizada próxima ao rio Jacuí e distante 555,82 m da área de referência. Foram utilizadas no plantio de recuperação 12 espécies, entre elas: *Schinus terebinthifolius*, *Inga vera*, *Prunus myrtifolia*, *Vitex megapotamica*, *Cedrela fissilis*, *Ficus luschnathiana*, *Parapiptadenia rigida*, *Ateleia glazioviana*, *Psidium cattleianum*, *Luehea divaricata*, *Peltophorum dubium* e *Ocotea puberula*. O plantio foi realizado com preparo mínimo do solo, através de sulcos, e as mudas foram plantadas com espaçamento de 2,5 x 2,5

m entre uma e outra, totalizando 5.000 mudas que receberam tratos culturais pelo período de 24 meses. As mudas eram provenientes do viveiro florestal da Companhia Estadual de Energia Elétrica CEEE e de viveiros de mudas de empreiteiros da região.

2) Área 2 (A2): área de 2,27 hectares, na qual se situava a vila de operários da construção da usina hidrelétrica desmobilizada desde 2001. Encontra-se a 615 m da área de referência e 78 m de encosta de floresta secundária. O solo apresentava-se extremamente compactado com afloramentos de rochas fragmentadas e presença de restos de entulho, provenientes da demolição de antigas benfeitorias. Foram realizadas covas para o plantio. Nessa área foram plantadas 25 espécies: *Parapiptadenia rigida*, *Psidium cattleianum*, *Luehea divaricata*, *Peltophorum dubium*, *Cedrela fissilis*, *Ficus luschnathiana*, *Schizolobium parahyba*, *Peltophorum dubium*, *Cabralea canjerana*, *Handroanthus heptaphyllus*, *Handroanthus chrysotrichus*, *Annona rugulosa*, *Jacaranda micrantha*, *Eugenia involucrata*, *Eugenia uniflora*, *Campomanesia xanthocarpa*, *Vitex megapotamica*, *Myrcianthes pungens*, *Allophylus edulis*, *Schinus terebinthifolius*, *Calliandra brevipes*, *Strychnos brasiliensis*, *Enterolobium contortisiliquum*, *Cordia trichotoma* e *Cordia americana*. O espaçamento utilizado foi de 4 x 4 m, sendo que não houve preparo do solo nem tratos culturais.

3) Área de referência (AR): trecho de encosta de Floresta Estacional Subtropical secundária em estágio de sucessão médio a avançado, próximo 556 m da A1 e 615 m da A2. A área está há 50 anos, aproximadamente, sem intervenções antrópicas, sendo que antes disso havia pequenas propriedades nos trechos menos íngremes, o que reflete atualmente num mosaico de diferentes estádios sucessionais.

2.2 Amostragem dos dados

O estudo utilizou para avaliação das áreas em processo de restauração variáveis que contemplassem a composição florística, a estrutura da vegetação e os processos ecológicos, seguindo metodologia proposta por Ruiz-Jaén e Aide (2005).

Para análise da vegetação plantada, realizou-se um inventário das espécies arbóreas e arbustivas, em parcelas de 200 m² (10 x 20 m), entre as quais foi mantida uma distância de 10 m, com distribuição sistemática em seis faixas, distantes 20 m entre si. Foram utilizadas 18 parcelas, totalizando 3600 m² (0,36 ha), em cada área (A1 e A2). A regeneração foi mensurada em parcelas de 2 x 2 m, localizadas no canto esquerdo das parcelas de 10 x 20 m.

Em cada parcela foi realizada a identificação de todos os indivíduos arbóreos e arbustivos plantados, bem como a medição da circunferência à altura do peito (CAP), da cobertura de copa e da altura total. Os indivíduos arbóreos e arbustivos da regeneração de até 1,0 m de altura foram medidos com fita métrica, e o diâmetro do coleto foi mensurado com paquímetro.

Os dados da floresta nativa selecionada como área de referência foram obtidos em 12 parcelas de mesma dimensão e distribuição, com faixas distantes 100 m uma da outra. Foi realizada a identificação, a medição da circunferência à altura do peito (CAP) e da altura total dos indivíduos arbóreos e arbustivos (com $CAP \geq 15$ cm). Já a regeneração natural foi medida em parcelas com raio de 1,78 m (10 m^2), conforme proposto por Finger (1992), mensurando os indivíduos com altura ≥ 30 cm e $CAP < 15$ cm.

As plantas foram identificadas e conduzidas ao Herbário do Departamento de Ciências Florestais da UFSM. E as espécies foram identificadas segundo as famílias determinadas pelo sistema Angiosperm Phylogeny Group III (APGIII, 2009).

Os dados sobre a atividade enzimática no solo vinculada aos processos ecológicos foram obtidos através da coleta de 10 amostras de solo das camadas de 0 a 5 cm e de 5 a 20 cm, em cada área. As amostras foram peneiradas com malha de 2 mm de diâmetro em laboratório, e as atividades de amidase, urease, fosfatase e arilsulfatase foram determinadas por metodologias comumente utilizadas para determinação de tais enzimas (TABATABAI, 1994), no Laboratório de Microbiologia, do Departamento de Ciência do Solo, na UFSM.

2.3 Análise dos dados

Os indivíduos arbóreos e arbustivos plantados (A1 e A2) e aqueles com circunferência a 1,3 m da superfície do solo (CAP), ≥ 15 cm, na área de referência, foram analisados em relação à estrutura horizontal, com base nos parâmetros fitossociológicos (densidade, dominância, frequência e valor de importância), conforme descrito em Felfili e Resende (2003). A projeção da copa, em A1 e A2, foi calculada por $C = \sum_{i=1}^n C_i / A \cdot 100$, onde: C= percentual de cobertura (%); C_i = área da projeção da copa do indivíduo i ($\pi \cdot (D_i)^2 / 4$); D_i = diâmetro médio (m) da copa do indivíduo i; n = número de indivíduos medidos na área A; A= área (m^2) útil da parcela (MELO; DURIGAN, 1995).

A diversidade florística foi estimada pelo índice de diversidade de Shannon (H') e a equabilidade pelo coeficiente de Pielou (J') (BROWER; ZAR, 1984). As atividades enzimáticas no solo de amidase, urease, fosfatase e arilsulfatase foram, inicialmente, analisadas quanto às suas pressuposições e, posteriormente, realizou-se análise de variância e comparação das médias pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A ordenação da vegetação (matriz principal) em relação às variáveis ambientais (matriz secundária) foi realizada através da análise de correspondência canônica (CCA), em cada uma das três áreas (A1, A2, AR) (FELFILI et al., 2011). Para ordenação do componente arbóreo, foram utilizadas matrizes com dados da área basal, sendo que os indivíduos foram plantados em ambas as áreas. As linhas e colunas da matriz representaram, respectivamente, as parcelas e espécies presentes. Na análise da regeneração, as matrizes foram elaboradas com os dados de abundância das espécies. A matriz ambiental englobou as informações sobre a atividade das enzimas amidase, urease, fosfatase e arilsulfatase. Os dados referentes às espécies e ao ambiente foram adequados à análise, por meio da transformação por logaritmo neperiano, sendo, posteriormente, utilizado o programa PC-ORD for Windows, versão 5.0 (McCUNE; MEFFORD, 2006). A análise de correspondência canônica, diagramação e significância das correlações entre as matrizes foi feita através do teste de permutação de Monte Carlo. Na CCA, para as três áreas (A1, A2 e AR), nas duas classes de tamanho (componente arbóreo e sub-bosque), foram selecionados os eixos que permitiram a melhor explicação dos dados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estrutura da vegetação e Diversidade

As duas áreas em processo de restauração avaliadas apresentaram valores similares. Na A1 e A2, a altura média e área basal foram, respectivamente, 3,15 e 4,3 m, e 4,128 e 4,269 m^2ha^{-1} , entretanto, esses valores foram menores quando comparados com a área de referência (AR), que apresentou uma altura média de 9,3 m e uma área basal de 27,131 m^2ha^{-1} (Tabela 1). Tais resultados demonstram a expressiva diferença entre as áreas em processo de restauração e a área de referência. Além disso, considerando a elevada proporção de espécies pioneiras em relação às não pioneiras (Tabela II.1), associada à baixa área basal de A1 e A2, pode-se concluir que há um potencial da maioria dos indivíduos no que se refere à alocação de recursos e energia para altura, possibilitando assim, a competição entre espécies pioneiras de rápido crescimento. Ressalta-se, por outro lado, que a altura é um caracter genético, fortemente influenciado, principalmente, pelas espécies que compõem os arranjos.

Os resultados da área basal de A1 e A2 foram semelhantes ao descrito por Amador e Viana (2000), que verificaram 3,45 e 4,74 $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$, em capoeiras baixas de Floresta Estacional em Piracicaba, SP. Por outro lado, Melo e Durigan (2007) observaram área basal de 17,26 $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$ em uma área de sete anos, no Médio Vale do Paranapanema. Dessa forma, observa-se que, além da região, outros fatores referentes à qualidade do sítio influenciam no desenvolvimento da floresta, pois apesar da falta de trabalhos publicados na região Sul sobre áreas em recuperação, como referência, Vaccaro, Longhi e Brena (1999), estudando capoeira de 27 anos, observaram área basal de 20,75 $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$, no nordeste do Rio Grande do Sul. Essa situação converge com o resultado na área de referência (AR) e constata o desenvolvimento ainda incipiente das áreas em recuperação (Tabela II.1), apesar de não discriminar A1 de A2.

Em contrapartida, pode-se observar que a densidade da A1 foi maior que a de A2 e menor do que a de AR, sugerindo que, estruturalmente, A1 encontra-se em estágio intermediário em relação às outras duas. Na A2, a baixa densidade está relacionada com três fatores: o maior espaçamento inicial utilizado no arranjo; a presença de camadas restritivas ao crescimento radicular, devido à presença de afloramentos rochosos na área e resíduos de construções; e a falta de tratos culturais após o plantio, o que possibilitou a presença permanente de gramíneas invasoras, competindo com os indivíduos arbóreos e impedindo o

desenvolvimento de algumas espécies nativas menos agressivas. O menor espaçamento inicial em A1, desde a implantação, proporcionou maior densidade à área, o que implicou uma mais rápida cobertura de copa em relação à A2 (Tabela II.1).

Tabela II.1 - Características, parâmetros de estrutura e diversidade do componente arbóreo e regeneração em Floresta Estacional Subtropical de área natural de referência (AR) e áreas em processo de restauração (A1 e A2) no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.

Table II.1- Features, parameters of structure and diversity of tree layer and regeneration in Deciduous tropical natural area (AR) and reference areas in process of restoration (A1 and A2) in the State Park Quarta Colônia, RS.

	COMPONENTE ARBÓREO			REGENERAÇÃO NATURAL		
	A1	A2	AR	A1	A2	AR
Idade (anos)	7	7	± 50	-	-	-
Espaçamento de plantio (m)	2 x 2	4 x 4	-	-	-	-
Altura média (m)	3,15	4,3	9,3	0,44	1,0	2,8
Área basal (m ² /ha ⁻¹)	4,128	4,269	27,131	-	-	-
Densidade (ind.ha ⁻¹)	1.741	297	3.408	23.333	11.388	15.909
Cobertura de copa (%)	109,3	35,7	-	-	-	-
Riqueza	19	29	49	21	16	42
Diversidade (H')	2,31	2,86	3,00	2,23	2,29	2,60
Equabilidade (J')	0,78	0,85	0,78	0,73	0,82	0,69
Plantas zoocóricas (%)	58	70	75,2	62	56,25	79,5
Plantas anemocóricas (%)	42	30	24,8	38	43,75	20,5
Grupo sucessional (% P:NP)	47:53	48:52	18:82	52:48	44:56	12:88
Espécies exóticas (%)	26,3	17,2	0	28,5	31,2	0

Onde: (% P:NP) = percentual de espécies pioneiras (P) em relação às não pioneiras (NP).

Nesse contexto, Souza e Batista (2004) avaliaram áreas em restauração de cinco, nove e dez anos, nas margens da Companhia Energética de São Paulo (CESP), com plantios de duas mil árvores por hectare. Os pesquisadores observaram que a área foi dominada por poucas espécies pioneiras, que se desenvolveram em competição com gramíneas, levando a um baixo número destes indivíduos na regeneração.

Considerando a influência dos diferentes espaçamentos de plantio e as densidades obtidas, os valores encontrados para a cobertura de copa demonstram que A1 é expressivamente mais sombreada do que a A2. Essa situação possibilitou redução de gramíneas e, conseqüentemente, o estabelecimento de maior número de indivíduos

regenerantes na A1 (Tabela II.1). Conforme Melo (2010), a cobertura vegetal controla a quantidade, qualidade e distribuição de luz, interferindo no crescimento e na sobrevivência de plântulas e determinando a composição vegetal. No entanto, a cobertura de copas apresenta elevada variação em função do ambiente e da idade. Nesse sentido, Ignácio et al. (2007), estudando dez diferentes áreas com 2 a 4 anos, em Mineiros do Tietê, SP, observaram de 3,1 a 97,7% de cobertura de copa. Já Melo, Miranda e Durigan (2007), em plantios de 3 anos no estado de São Paulo, encontraram 163,47% de cobertura de copa. Percebe-se, dado o percentual de cobertura de copa, que a A1 apresenta maior possibilidade de atingir os objetivos de restauração. O valor da riqueza de espécies observado nas áreas em restauração foi inferior ao observado na AR, fato que se repetiu quanto ao componente arbóreo e à regeneração (Tabela II.1). No entanto, a tendência é de que a riqueza florística aumente nas áreas plantadas com o decorrer do tempo, aproximando-se da riqueza encontrada na floresta natural.

A princípio, observou-se que algumas espécies, como *Schinus terebinthifolius* e *Inga vera*, plantadas na A1, regeneram-se no local. Na A2, observa-se o mesmo comportamento, em relação à *Calliandra brevipes*, presente no estrato arbóreo. No entanto, a A2 apresentou menor riqueza de espécies na regeneração, em virtude do substrato de crescimento para as plantas e da reduzida cobertura das espécies plantadas (cerca de 36% da área), caracterizando um ambiente desfavorável. De forma comparativa, Chada, Campello e Faria (2004), em área de encosta reflorestada com leguminosas há sete anos, encontraram maior riqueza (50 espécies) na regeneração natural. Ferreira et al. (2010) encontraram propágulos de 38 espécies presentes na vegetação, 13 anos após plantio na Usina Hidrelétrica de Camargos, MG.

A diversidade observada no estrato arbóreo da A1 é menor em comparação à diversidade na A2 e AR, as quais apresentam valores semelhantes (Tabela II.A1). Isso ocorre devido ao fato de que a A1 foi composta por menor número de espécies em relação à A2, apesar da distribuição homogênea de indivíduos entre as espécies, enquanto que a área de referência (AR), por representar floresta secundária em estágio médio a avançado de sucessão, pode, ainda, apresentar predomínio de algumas espécies, assemelhando-se ao índice de diversidade de uma área implantada. Na regeneração natural, a riqueza florística da AR, possivelmente, devido ao maior sombreamento e fluxo gênico, foi suficiente para permitir o desenvolvimento de várias espécies, possibilitando um índice de diversidade superior em relação às áreas em recuperação (Tabela II.1).

Comparando com outras pesquisas realizadas em plantios de restauração, Melo e Durigan (2007) encontraram valor inferior ($H' = 2,28$) aos obtidos nesse estudo, para área de

mesma idade. Em áreas de cinco anos, Souza e Batista (2004) verificaram $H' = 2,18$ e $J' = 0,66$. No entanto, outros estudos apontaram maior valor de diversidade do que o encontrado na área de estudo em questão, como, por exemplo, Nunes (2003) que obteve $H' = 3,67$ e $J' = 0,73$, em Lavras, MG; e Colmanetti et al. (2011) que constataram $H' = 3,84$ e $J' = 0,62$, devido ao maior número de espécies utilizadas.

Na regeneração, Nóbrega et al. (2008) observaram em áreas com 13 anos de restauração, no estado de São Paulo, maior valor de diversidade ($H' = 2,4$) e valores similares para Pielou ($J' = 0,8$), comparados à A1 e A2. Entretanto, ressalta-se que tais diferenças em relação aos resultados obtidos nesse estudo, em ambos os estratos, podem ser atribuídas a outros fatores como: distância da fonte de propágulo, número de espécies utilizadas e sua funcionalidade, arranjo, qualidade do solo, entre outros.

Os dados relativos ao desenvolvimento da estrutura da vegetação arbórea-arbustiva indicam que na A1 as espécies melhor hierarquizadas, com os maiores valores de importância (VI%), foram: *Ateleia glazioviana* (timbó), *Psidium cattleianum* (araçá), *Inga vera* (ingá), *Schinus terebinthifolius* (pimenteira) e *Parapiptadenia rigida* (angico-vermelho) (Tabela II.2).

Dessas, *Psidium cattleianum* está presente em toda área A1, com 23% de densidade, entretanto, não foram encontrados indivíduos na regeneração. Situação diferente ocorreu com *Schinus terebinthifolius* e *Inga vera*, sendo que a primeira espécie apresentou o maior número de indivíduos na regeneração natural (Tabela II.3). Esse resultado, provavelmente, tem relação com a fauna dispersora, ou seja, com a presença da avifauna que se alimenta de frutos menores, o que favorece o estabelecimento dessas espécies.

Entretanto, o maior valor de importância de *Ateleia glazioviana* (timbó) indica o uso de uma espécie leguminosa que, funcionalmente, contribui com adição de nitrogênio no solo, devido à elevada concentração desse elemento na matéria seca (3,12% em folhas e ramos finos) (BAGGIO; MONTROYA; MASAGUER, 2002). Essa espécie também apresentou a maior dominância na área.

O timbó ocorre naturalmente no noroeste do estado do RS, de forma monodominante, devido à sua excelente adaptação à região. Contudo, tal espécie não foi verificada na regeneração natural, o que aponta para o fato de que não representa risco de invasão até o momento.

Tabela II.2 - Estrutura horizontal das cinco espécies melhor hierarquizadas do estrato arbóreo em Floresta Estacional Subtropical, representada por área natural de referência (AR) e áreas em processo de restauração (A1 e A2) no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, Brasil.

Table II.2 - Horizontal structure of five species best arboreal layer hierarchical in Deciduous tropical natural area (AR) and reference areas in process of restoration (A1 and A2) in State Park Quarta Colônia, RS, Brazil.

Espécie	A1 - plantada				A2 - plantada				AR - referência			
	DA	FA	DoA	VI%	DA	FA	DoA	VI%	DA	FA	DoA	VI%
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.	-	-	-	-	-	-	-	-	111.54	53.85	1.67	5.56
<i>Ateleia glazioviana</i> Baill.	261.11	83.33	1.29	19.81	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Butia eriospatha</i> (Mart. Ex Drude) Becc.	-	-	-	-	2.78	5.56	0.84	7.39	-	-	-	-
<i>Cordia americana</i> (L.) Gottshling & J.E.Mill.	-	-	-	-	-	-	-	-	84.62	61.54	1.8	5.39
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	-	-	-	-	-	-	-	-	161.54	76.92	1.59	7.02
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	-	-	-	-	38.89	50.00	1.04	17.16	-	-	-	-
<i>Actinostemon concolor</i> Spreng.	-	-	-	-	-	-	-	-	192.31	61.54	0.8	6.28
<i>Inga vera</i> Willd.	152.78	66.67	0.97	14.26	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	211.11	61.11	0.07	7.21	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng) Mez	-	-	-	-	-	-	-	-	115.38	76.92	3.65	8.61
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	-	-	-	-	55.56	38.89	0.08	10.49	-	-	-	-
<i>Pinus elliottii</i> Engelm	-	-	-	-	36.11	22.22	0.23	7.96	-	-	-	-
<i>Psidium cattleyanum</i> L.	408.33	100.00	0.32	14.76	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	233.33	72.22	0.55	12.33	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels	-	-	-	-	8.33	11.11	0.42	5.27	-	-	-	-
Total (10 espécies)	1460	494	3.6	79.8	142	128	2.61	48.3	665	331	9.51	33
Total (restante das espécies)	282	306	0.2	20.2	155.2	227.6	1.62	51.7	2743	984	18.1	67
Total geral	1742	800	3.7	100	297	356	4.23	100	3408	1315	27.6	100

DA: densidade absoluta; FA: frequência absoluta; DoA: dominância absoluta; VI%: percentual de valor de importância.

Assim, é importante observar que, apesar da espécie apresentar características de preenchimento (NAVE; RODRIGUES, 2007), uma vez que tem rápido crescimento, copa extensa e atua na ciclagem de nutrientes, ela contribui em um primeiro momento na restauração da área, mas que poderá afetar negativamente a evolução da sucessão. Nesse contexto, é necessário realizar o manejo e sua retirada da área, assim como de outras espécies exóticas encontradas no Parque, como é o caso do *Pinus elliottii*.

As espécies com maiores valores de importância na A2 foram *Enterolobium contortisiliquum* (timbaúva), *Parapiptadenia rigida* (angico vermelho), *Pinus elliottii* (pinus), *Butia eriospatha* (butiá) e *Syzygium cumini* (jambolão).

O *Enterolobium contortisiliquum* apresentou na área a maior dominância e frequência, provavelmente, devido à sua alta rusticidade e funcionalidade, visto que é uma planta capaz de se desenvolver em solos pobres e tolerar a toxicidade de metais pesados quando presentes. Silva et al. (2011), estudando solos contaminados por cobre, verificaram uma tendência da espécie para armazenar cobre nas raízes, apesar da baixa translocação que se dá para a parte aérea.

Adicionalmente, a timbaúva apresentou expressivo diâmetro de tronco e copa, semelhante ao que foi descrito por Ferreira et al. (2007), que mencionaram que seu crescimento em diâmetro é rápido, pois obtiveram para essa espécie o terceiro maior DAP médio em áreas com cinco anos de restauração. A *Parapiptadenia rigida* apresentou o maior número de indivíduos por hectare, favorecida, provavelmente, devido à sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico (BAGGIO; VILCAHUAMÁN; CORREA, 2008) e ao fato de pertencer ao grupo das pioneiras (CARVALHO, 2006). As espécies *Pinus elliottii*, *Butia eriospatha* e *Syzygium cumini*, por serem indivíduos remanescentes na área, apresentam maiores valores de dominância.

Na regeneração das áreas A1 e A2 predominaram espécies pioneiras zoocóricas, com grande capacidade de atração da avifauna, como *Schinus terebinthifolius*, *Psidium guajava*, *Hovenia dulcis* e *Syzygium cumini*, o que indica a eficácia da cobertura formada pelas árvores plantadas. Porém, os dados revelam o alto estabelecimento de espécies exóticas na regeneração (Tabela II.3), apontando para a necessidade de manejo das áreas, por meio da erradicação dos indivíduos.

Resultado semelhante foi encontrado por Nóbrega et al. (2008), em reflorestamentos de 13 anos, onde espécies exóticas como *Syzygium cumini* e *Acacia polyphylla* apresentaram maiores índices de regeneração natural. Ressalta-se que as espécies exóticas, atraídas pela avifauna, merecem atenção especial no manejo de áreas a serem conservadas, devido ao maior potencial de dispersão, colonização e invasão de áreas que apresentam.

Tabela II.3 - Estrutura horizontal das cinco espécies melhor hierarquizadas na regeneração em Floresta Estacional Subtropical de área natural de referência (AR) e áreas em processo de restauração (A1 e A2) no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, Brasil.

Table II.3 - Horizontal structure of five species best regeneration layer hierarchical in Deciduous tropical natural area (AR) and reference areas in process of restoration (A1 and A2) in State Park Quarta Colônia, RS, Brazil.

Espécie	A1 - plantada		A2 - plantada		AR - natural	
	DA	FA	DA	FA	DA	FA
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., et al.) Hieron. ex Niederl.					958,3	58,33
<i>Caliandra brevipes</i> (Spreng.) J. F. Macbr.			1805,56	33,33		
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Stend.	-		833,33	5,56		
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.					2750	83,33
<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll. Arg.					6000	83,33
<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	2916,7	16,67				
<i>Inga vera</i> Willd.	1805,6	27,78				
<i>Ocotea puberula</i> (A.Rich.) Ness	1527,8	33,33				
<i>Pinus elliottii</i> Engelm.			694,44	11,11		
<i>Psidium guajava</i> L.	1944,4	38,89	3333,3	44,44		
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	8750	61,11				
<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels			1388,89	11,11		
<i>Trichilia claussoni</i> C.DC.					1166,7	58,33
<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.					1083,3	75
Total (13 espécies)	16944,5	178	8055,52	106	12558,3	358
Total (restante das espécies)	6388,8	177,55	3333,38	88,44	3350,7	750,3
Total geral	23333,3	355,55	11388,9	194,44	15909	1108,3

DA: densidade absoluta; FA: frequência absoluta.

3.2 Processos ecológicos - Atividade enzimática no solo

As enzimas de solo, amidase e urease, fosfatase ácida e arisulfatase, na profundidade de 0-5 cm da área de referência na floresta (AR), apresentaram, respectivamente, os valores de: 764 e 126 mg NH⁴⁺ Kg⁻¹ h⁻¹; e 564 e 154 µg p-nitrofenol g⁻¹ h⁻¹, estatisticamente superiores, pelo teste de Tukey (p<0,05), aos das duas áreas em restauração (A1 e A2). Esse resultado está associado à quantidade e qualidade de serrapilheira depositada no solo das áreas em restauração, que difere da serrapilheira encontrada na floresta secundária. Conforme Carneiro et al. (2008), a ciclagem de nutrientes ocorre devido ao consumo de matéria orgânica

pela biomassa microbiana, catalisada pelas enzimas, que quebram substratos orgânicos de menor peso molecular, facilitando sua mineralização.

Entretanto, na profundidade de 5-20 cm, a enzima amidase discriminou melhor a qualidade do solo, sendo observado valores de $542 \text{ mg NH}_4^+ \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ na área de florestas, enquanto que para as demais enzimas esta área apresentou tendência similar. Provavelmente, a cobertura do solo tenha influenciado nesse resultado, uma vez que as áreas em restauração com dossel intermediário apresentam gramíneas, as quais ocupam maior área na A2 que na A1. As áreas em restauração apresentam ainda uma inexpressiva quantidade de serapilheira, enquanto que a área de referência (floresta secundária) possui uma densa camada de serapilheira composta de folhas e galhos do dossel, característica típica de Floresta Estacional Subtropical.

Assim, a partir dos resultados de apontam para a presença de atividade enzimática em todas as áreas, embora com diferença significativa para a área de referência, foi possível verificar através da CCA a relação existente entre as espécies e a atividade bioquímica dos solos.

A ordenação das parcelas e espécies com relação às enzimas, para o estrato arbóreo das áreas em restauração (A1 e A2) e da área de referência (AR) (Tabela II.4), indica que as variáveis utilizadas influenciam na área basal das espécies adultas e abundância da regeneração, pois as enzimas urease e amidase atuam como catalizadoras no ciclo do nitrogênio, enquanto que a fosfatase e arilsulfatase atuam no ciclo do fósforo e enxofre, respectivamente, aumentando a velocidade das reações e disponibilizando o elemento mais rapidamente no solo (USHIO; KITAYAMA; BALSER, 2010). O teste de permutação de Monte Carlo, em todas as áreas, revelou alta correlação entre a vegetação e as variáveis ambientais.

No estrato arbóreo da A1, as enzimas mais correlacionadas com o primeiro eixo de ordenação foram amidase e arilsulfatase na camada de 0-5 cm de solo (Figura II.1), evidenciando a relação direta da amidase com o ciclo do nitrogênio (N) e a importância da ciclagem do enxofre orgânico pela arilsulfatase (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Na A2, o segundo eixo de ordenação apresentou melhor correlação com a amidase na profundidade de 0-5 cm e com a fosfatase em ambas as profundidades (0-5 e 0-20 cm). A área de referência (AR) apresenta amidase, urease, fosfatase e arilsulfatase na camada de 5-20 cm, mais correlacionadas com o terceiro eixo. A urease participa do ciclo do N, contribuindo para liberação de N-inorgânico a partir de compostos inorgânicos. Considerando esse resultado, alguns estudos indicam que a atividade da urease é baixa nos estágios iniciais de sucessão,

umentando com a progressão da mesma, o que é explicado pelo tipo de vegetação e matéria orgânica adicionada durante a sucessão (PANCHOLY; RICE, 1973).

Tabela II.4 - Resumo da estatística dos eixos de distribuição das parcelas e espécies com relação à atividade das enzimas (variáveis ambientais) para cada área quanto ao estrato arbóreo e à regeneração.

Table II.4 - Axis summary statistics of parcel distribution and species in relation to enzyme activity (environmental variables) for each area in the stratum arbóreo and regeneration.

	COMPONENTE ARBÓREO						REGENERAÇÃO NATURAL					
	A1		A2		AR		A1		A2		AR	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 2	Eixo 3
Autovalores	0.382	0.255	0.876	0.667	0.436	0.325	0.781	0.53	0.491	0.322	0.320	0.201
% da variância	39.1	26.1	32.9	25.0	18.2	13.6	24.9	16.9	31.0	20.4	23.0	14.5
% da variância acumulada	65.2		57.9		31.8		41.8		51.4		37.5	
Teste de Monte Carlo-autovalores	p= 0.003		p= 0.0010		p= 0.001		p= 0.002		p= 0.001		p= 0.001	
Teste de Monte Carlo-correlações	p= 0.002		p= 0.002		p= 0.006		p= 0.004		p= 0.004		p= 0.008	

A presença da atividade da fosfatase, na camada 0-5 cm de profundidade do solo, na A2, embora sem expressiva serapilheira, pode ser justificada pela presença de diversas gramíneas. Na AR, a densa camada de serrapilheira contribui para a formação da matéria orgânica, principal fonte de nutrientes para o crescimento das plantas (MATSUOKA; MENDES; LOUREIRO, 2003). Entretanto, há probabilidade das duas áreas apresentarem baixos teores do elemento, pois Dick (1994) observou reduções nos níveis de atividade da fosfatase de acordo com o aumento do fósforo na solução do solo.

Na regeneração da A1 (Figura II.1), as enzimas mais correlacionadas com o segundo eixo de ordenação foram a urease (0-5 e 5-25 cm) e a arilsulfatase (5-20 cm). Já na A2, as enzimas mais correlacionadas com o terceiro eixo foram amidade (0-5 e 0-20 cm), urease (0-5 e 0-20 cm) e fosfatase (0-5 cm). E na área de referência (AR), a enzima mais correlacionada com o primeiro eixo foi a arilsulfatase (0-5 cm).

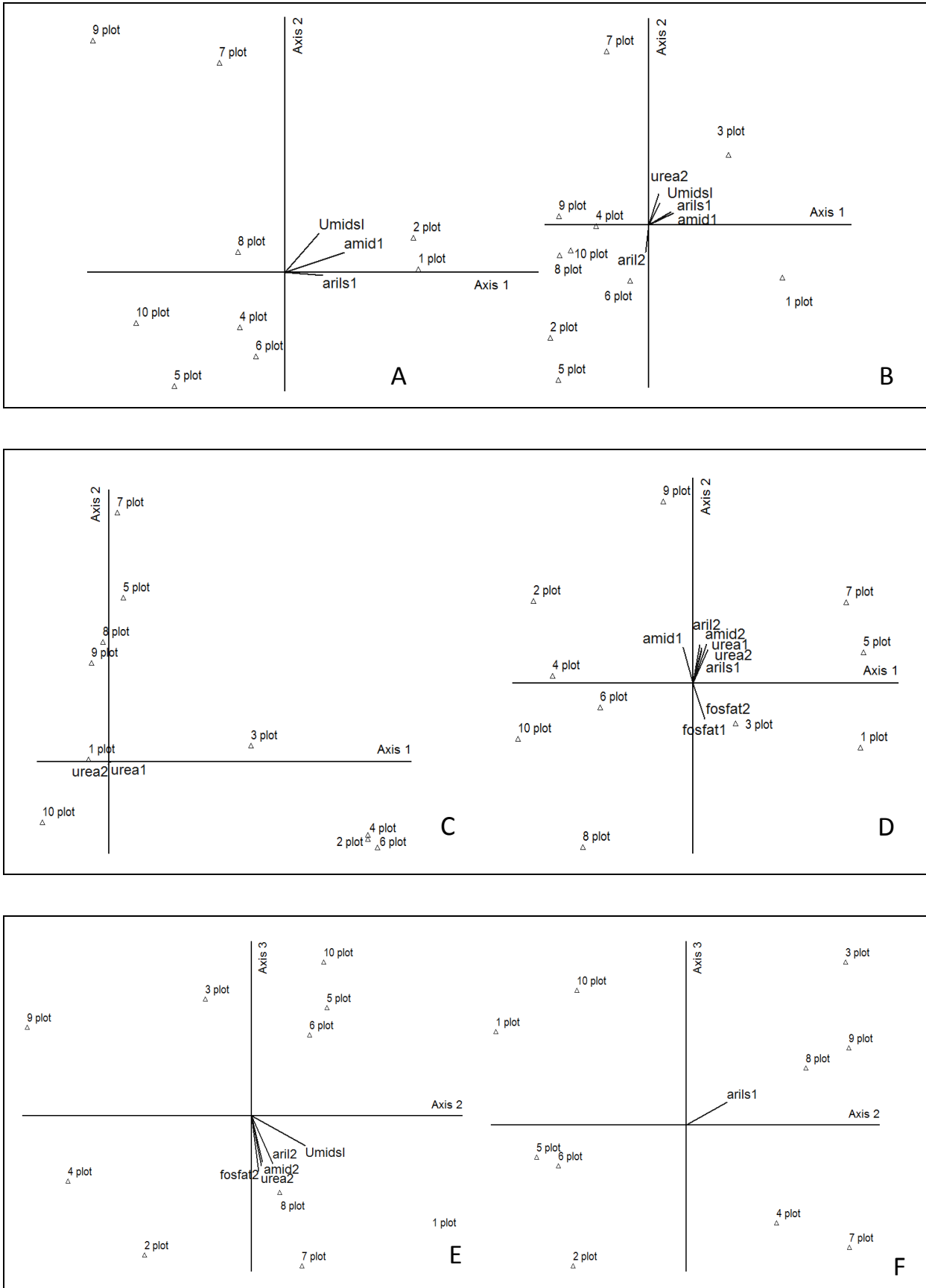


Figura II.1 - Distribuição das parcelas de acordo com os eixos 1 e 2 da CCA para o componente arbóreo (A) e regeneração para área A1 (B); eixos 1 e 2 da CCA

do componente arbóreo (C) e regeneração (D) para área A2 (B); eixos 2 e 3 da CCA do componente arbóreo (E) e regeneração (F) da área de referência AR (C). Axis: Eixos; plot: parcela; Umidsl: umidade do solo; amid1: amidase (0-5 cm); amid2: amidase (5-20 cm); urea1: urease (0-5 cm); urea2: urease (5-20 cm); arils 1: arilsulfatase (0-5 cm); aril2: arilsulfatase (5-20 cm); fosfa2: fosfatase (5-20 cm).

Figure II.1 - Distribution of plots according to the axes 1 and 2 of the CCA to the tree component (A) and regeneration for the area A1 (B); 1 and 2 axes of the tree component (C) and CCA for regeneration (D) area A2 (B); 2 and 3 axes of the tree component (E) and regeneration (F) reference area AR (C). Umidsl: umidade do solo; amid1: amidase (0-5 cm); amid2: amidase (5-20 cm); urea1: urease (0-5 cm); urea2: urease (5-20 cm); arils 1: arilsulfatase (0-5 cm); aril2: arilsulfatase (5-20 cm); fosfa2: fosfatase (5-20 cm).

Desta forma, é possível verificar que os atributos estudados estão exercendo sua função no armazenamento de nutrientes e na regulação da ciclagem da matéria orgânica, aspectos chave para o processo de restauração de áreas alteradas.

4 CONCLUSÃO

a) As duas áreas restauradas retomaram a sucessão natural, visto que apresentam processos ecológicos ativos. Entretanto, a A1 apresenta parâmetros de densidade por hectare, riqueza da regeneração do sub-bosque, cobertura de copa da área e infestação por gramíneas que indicam sua maior evolução no processo de restauração. Contudo, dada a presença de espécies exóticas, não é possível considerar a área como restaurada. Quanto aos mesmos parâmetros, a A2 apresenta um desempenho inferior, o que demonstra que encontra-se em processo de restauração mais lento;

b) O desenvolvimento em ambas as áreas restauradas, comparado à área de referência, ocorrerá a longo prazo, dada a incipiente riqueza de espécies e composição de grupos funcionais;

c) O manejo das áreas A1 e A2, através da eliminação de gramíneas e espécies arbóreas exóticas, é fator determinante e necessário para o sucesso da restauração;

d) A atividade das enzimas amidase, urease, fosfatase e arilsulfatase é um indicativo potencial da qualidade do ecossistema, e demonstra que as duas áreas restauradas retomaram o processo de sucessão, entretanto com valores inferiores à floresta natural (área de referência).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMADOR, D. B.; VIANA, V. M. Dinâmica de capoeiras baixas na restauração de um fragmento florestal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 57, p. 69-85, 2000.

APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. The Linnean Society of London. **Botanical Journal of the Linnean Society**, London, v. 141, n. 4, p. 399-436, 2009. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1095-8339.2003.t01-1-00158.x/full>>. Acesso em: 4 out. 2011.

BAGGIO, A.; MONTOYA, L.; MASAGUER, A. Potencialidad del timbó (*Ateleia glazioviana*) y el maricá (*Mimosa bimucronatha*) para la producción de biomassa verde em zonas de clima subtropical. **Investigação Agrária- Producción y potenciación vegetales**, v. 17, n. 1, p. 102-112, 2002.

BAGGIO, A.; VILCAHUAMÁN, M.; CORREA, G. **Arborização da cultura da erva-mate: aspectos gerais, resultados experimentais e perspectivas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008, 24 p. (Documento 161)

BROWER, J. E.; ZAR, J. H. **Field and laboratory methods for general ecology**. 2. ed. Iowa: Brow Publishers, 1984. 226 p.

CARNEIRO, A. M. et al. Carbono orgânico, nitrogênio total, biomassa e atividade microbiana do solo em duas cronossequências de reabilitação após mineração de bauxita. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 621-632, 2008.

CARVALHO, P. E. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas; Colombo: Embrapa Floresta, v. 2, 2006. 627 p.

CHADA, S. S.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, RJ. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 801-809, 2004.

CHAZDON, R. L. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. **Science**, v. 320, p. 1458-1460, 2008.

COLMANETTI, M. A. A. et al. Caracterização florística de espécies nativas de um reflorestamento implantado com alta diversidade, há nove anos, no município de Mogi Guaçu, SP. In: IV SIMPÓSIO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA: Desafios Atuais e Futuros. 2001. São Paulo. **Anais...** São Paulo. CERAD – Instituto de Botânica de São Paulo, 2011. p. 295.

DICK, R. P. Soil enzymes activities as indicators of soil quality. In: DORAN, J. W. et al. (Ed.). **Defining soil quality for sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994, p. 3-21.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306 p.

ENGEL, V. L.; PARROTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y. (Org.). **Restauração Ecológica de Ecossistemas Naturais**. Botucatu-SP: FEPAF, 2008. 340 p.

FELFILI, J. M. et al. Análise Multivariada: Princípios e Métodos em estudos de vegetação. In: _____ (Ed.). **Fitossociologia no Brasil: Métodos e Estudos de Casos**, v.1. Viçosa: Editora UFV, 2011.

FELFILI, J. M.; RESENDE, R. P. **Conceitos e métodos em fitossociologia**. Brasília: Universidade de Brasília, 2003. 68 p.

FERREIRA, C. W. et al. Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do rio Grande, na usina hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 31, n. 1, p. 177-185, 2007.

FERREIRA, C. W. et al. Regeneração natural como indicador de recuperação de área degradada a jusante da usina hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n. 4, p. 651-660, 2010.

GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V. Theoretical bases of the Forest ecological restoration. In: RODRIGUES, R. R. et al. (Ed.). **High diversity Forest restoration in degraded áreas**. New York: Nova Science Publishers, 2007. 286 p.

HARRIS, J. A.; HOBBS, R. J. Clinical practice for ecosystem health: the role of ecological restoration. **Ecosystem Health**, v. 7, n. 4, p. 195-202, 2002.

HOLL, K. D.; AIDE, T. M. When and where to actively restore ecosystems? **Forest Ecology and Management**. v. 261, n. 10, p. 1558-1563, 2011.

IGNÁCIO, D. E.; ATTANASIO, M. C.; TONIATO, T. M. Monitoramento de plantios de restauração de florestas ciliares: microbacia do Ribeirão São João, Mineiros do Tietê, SP. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, n. 31, p. 219-223, 2007.

MATSUOKA, M.; MENDES, C. I.; LOUREIRO, F. M. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 27, p. 425-433, 2003.

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

MELO, A. C. G. Guia para monitoramento de reflorestamentos para restauração. **Circular Técnica**, n. 1, São Paulo, 2010. (Projeto Mata Ciliar).

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Evolução estrutural de reflorestamentos de restauração de mata ciliar no Médio Vale do Paranapanema. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 73, p. 101-111, 2007.

MELO, A. C. G.; MIRANDA, L. D.; DURIGAN, G. Cobertura de copas como indicador de desenvolvimento estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no médio vale do Paranapanema, SP, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 31, n. 2, p. 321-328, 1995.

MOREIRA, F. M. S; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2006. 626 p.

NAVE, A. G.; RODRIGUES, R. R. Combination of species into filling and diversity groups as forest restoration methodology. In: RODRIGUES, R. R.; MARTINS S. V. **High diversity Forest restoration in degraded áreas**. New York: Nova Science Publishers, 2007. p. 103-126.

NIMER, E. Clima. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. p. 151-187.

NÓBREGA, F. M. A. et al. Regeneração natural em remanescentes florestais e áreas reflorestadas da várzea do rio Mogi-Guaçu, Luis Antônio- SP. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 5, p. 909-920, 2008.

NUNES, Y. R. F. et al. Variações da fisionomia, diversidade e composição de guildas da comunidade arbórea em um fragmento de Floresta Semidecidual em Lavras, MG. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 213-229, 2003.

PANCHOLY, S. K.; RICE, E. Soil enzymes in relation to old field succession: amilase, celulase, invertase, dehydrogenase, and urease. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 37, n. 1, p. 47-50, 1973.

RUIZ-JAEN, C. M.; AIDE, T. M. Restoration success: how is it being measured. **Restoration Ecology**, v. 13, n. 3, p. 569-577, 2005.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL E POLICY WORKING GROUP (SERI). **The SER International Primer on Ecological Restoration International**. Disponível em: <<http://www.ser.org/pdf/primer3.pdf>>. Acesso em: 4 dez. 2011.

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

SILVA, F. R. et al. Comportamento de *Peltophorum dubium* (SPRENG.) Taub., *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan e *Enterolobium contorsiliquum* (Vell.) Morong cultivadas em solo contaminada com cobre. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 1, p. 103-110, 2011.

SOUZA, M. F.; BATISTA, F. L.J. Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil: influence of age and restoration desing on forest struture. **Forest Ecology and Management**, v. 191, p. 185-200, 2004.

TABATABAI, M. Soil enzymes. In: WEAVER, R. W.; SCOTT, A.; BOTTOMELEY, P. J. (Ed.). **Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties**. Madison: Soil Science Society of America, parte 2, 1994. p. 778-835.

TONIATO, M. T. Z.; OLIVEIRA FILHO, A. T. Variations in tree community composition and structure in a fragment of tropical semideciduous forest in southeastern Brazil related to different human disturbance histories. **Forest Ecology and Management**, Ringwood, v. 198, p. 319-339, 2004.

URBANSKA, K. M.; WEBB, N. R.; EDWARDS, P. J. Why restoration? In: _____ (Ed.). **Restoration ecology and sustainable development**. Cambridge: University Press, Cambridge, 1997. p. 3-7.

USHIO, M.; KITAYAMA, K.; BALSER, C. T. Tree species effects on soil enzyme activities through effects on soil physicochemical and microbial properties in a tropical montane forest on Mt. Kinabalu, Borneo. **Pedobiologia**. v. 53, p. 227-233, 2010.

VACCARO, S.; LONGHI, J. S.; BRENA, D. 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.

CAPÍTULO III

ESTABELECIMENTO DE MODELO DE PLANTIO PARA RESTAURAÇÃO EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO NO SUL DO BRASIL

(O capítulo 3 está no formato de artigo o qual será submetido à Revista **Scientia Forestalis**)

ESTABELECIMENTO DE MODELO DE PLANTIO PARA RESTAURAÇÃO EM UNIDADE DE CONSERVAÇÃO NO SUL DO BRASIL

RESUMO

O modelo de plantio de espécies de preenchimento juntamente com espécies de diversidade, é descrito como adequado entre diversos métodos de restauração de áreas degradadas. Esse estudo buscou avaliar a influência do preparo da área por subsolagem e semeadura de *Vicia sativa* L., além de identificar espécies potenciais para restauração de áreas degradadas. O experimento foi implantado no Parque Estadual Quarta Colônia, em delineamento em blocos casualizados, em esquema trifatorial com parcelas subdivididas no tempo (método de preparo da área x *Vicia sativa* x 4 tempos de avaliação). Os tratamentos consistiram em: T1 - cova + plantio de espécies arbóreas (grupo de preenchimento-GP e de diversidade-GD); T2 - cova + plantio de espécies arbóreas (GP e GD) + *Vicia sativa*; T3 - subsolagem + plantio de espécies arbóreas (GP e GD); e T4 -subsolagem + plantio de espécies arbóreas (GP e GD) + *Vicia sativa*. As variáveis observadas (mortalidade, altura, diâmetro do coleto e diâmetro da copa) foram submetidas à análise de variância e determinação da significância dos efeitos principais dos fatores e das interações. A comparação das espécies foi analisada pelo Teste de Kruskal-Wallis e a comparação das médias pelo Teste de Dunn. Constatou-se que o uso de subsolagem foi o melhor método, indiferente ao uso de *Vicia sativa* devido à sua competitividade com as mudas do grupo de diversidade. *Enterolobium contortisiliquum*, *Schinus terebinthifolius* e *Inga vera* são indicadas para compor o grupo de preenchimento, enquanto que as espécies do grupo de diversidade devem ser introduzidas, conforme apontado pelo experimento, após a cobertura parcial do dossel.

Palavras-chave: áreas protegidas; grupos sucessionais; ervilhaca; preparo de solo; subsolagem

ABSTRACT

The model of planting species, together with filling of species diversity is described as between various methods of restoring degraded areas. Associated with this, sought to assess the influence of the staging area for subsolagem and seeding of *Vicia sativa*, in addition to identifying potential species for restoration of degraded areas. The experiment was deployed in the State Park Quarta Colônia, in block design, in trifatorial 2x2x4 blocks (method of staging area x *Vicia sativa* x time). The treatments consisted of: T1-cova planting tree species (fill-GP group and diversity-GD); T2-cova planting tree species (GP and GD) *Vicia sativa*; T3-subsolagem planting tree species (GP and GD); and T4-subsolagem planting tree species (GP and GD) *Vicia sativa*. The observed variables (mortality, collar diameter, height and diameter of the Cup) were subjected to analysis of variance and determination of the significance of the main effects of factors and interactions. The comparison of the species was analyzed by Kruskal-Wallis test and comparison of species by Dunn's Test. It was noted that the use of subsolagem was the best method, indifferent to the use of *Vicia sativa* due its competitiveness with diversity group seedlings. *Enterolobium contortisiliquum*, *Schinus terebinthifolius* and *Inga vera* are indicated to compose the group, while filling, the species of the Group.

Keywords: protected area; successional groups; vetches; soil preparation; subsoiling

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, as Florestas Estacionais Subtropicais situadas sobre as encostas do Planalto Meridional do Rio Grande do Sul encontram-se ameaçadas por atividades humanas de produção agrícola e pecuária e por obras de utilidade pública, como usinas hidrelétricas (KILCA; LONGHI, 2011).

Embora ainda existam remanescentes de Floresta Estacional Subtropical compondo as encostas do Planalto Meridional, poucas são as áreas protegidas na região, representadas por 2.422 hectares que se distribuem entre uma Reserva Biológica e um Parque Estadual, o que torna vulnerável a conservação da biodiversidade desta tipologia florestal.

Contudo, o método tradicionalmente utilizado como estratégia para a manutenção da biodiversidade, que consiste no estabelecimento de unidades de conservação em áreas remanescentes, pode não ser suficiente para assegurar a manutenção de comunidades ecologicamente viáveis ao longo do tempo, principalmente, se tal prática estiver dissociada de uma abordagem que assegure a conservação de extensões mais abrangentes da paisagem, uma vez que as áreas protegidas são influenciadas pelo seu entorno (BRITZ et al., 2003).

O processo de restauração de áreas degradadas está condicionado a diversos fatores e processos ecológicos, como a oferta de propágulos em função da distância e da qualidade da fonte e dos agentes dispersores, a resiliência da área, a presença de espécies exóticas, a conectividade entre fragmentos (METZGER et al., 2009), entre outros, que devem ser levados em conta na determinação do método adequado para atingir os objetivos da restauração.

Desta forma, a restauração de ecossistemas florestais pode ser alcançada com o plantio de espécies facilitadoras da sucessão natural, em locais onde uma série de barreiras impede o desenvolvimento do processo. A capacidade de estabelecimento em condições limitantes, a atração de fauna, o rápido crescimento e a grande deposição de serapilheira são características desejáveis das espécies para plantios de restauração (BARBOSA, 2004).

Neste contexto, Nave e Rodrigues (2007) sugerem para o plantio em grupos de espécies de preenchimento, que têm como características o rápido crescimento e a copa densa e extensa, a fim de recobrir o solo, eliminando, assim, a competição por herbáceas e gramíneas agressivas, além de criar um ambiente favorável para os indivíduos do grupo de diversidade. Este é composto por muitas espécies com poucos indivíduos de cada espécie, havendo principalmente a presença daquelas características de final da sucessão.

Assim, a análise da composição de espécies e suas influências na sustentabilidade dos processos de restauração, com atributos ambientais funcionais, é importante para aperfeiçoar os modelos de restauração de áreas degradadas ou perturbadas (CORTINES; VALCARCEL, 2009).

Ressalta-se ainda que o crescimento das mudas é influenciado pelas condições de aeração, infiltração, umidade e nutrientes que o solo oferece ao sistema radicular. Nesse sentido, o preparo do solo interfere na taxa de sobrevivência e no posterior crescimento das plantas por atuar diretamente sobre os fatores físicos, químicos e biológicos do solo, alterando a disponibilidade de recursos hídricos e nutricionais às plantas (GONÇALVES, 2002).

Dentre as diversas opções de preparo, a subsolagem proporciona efeitos benéficos ao solo por romper camadas adensadas ou compactadas, diminuindo sua resistência à penetração de raízes e aumentando a aeração e a drenagem interna do solo (SASAKI; GONÇALVES, 2005).

Outro fator que pode influenciar o solo de áreas degradadas e o desenvolvimento de mudas de espécies florestais em projetos de restauração é a utilização de plantas de cobertura. A espécie leguminosa *Vicia sativa* (ervilhaca), por exemplo, é uma planta forrageira de inverno, com alta capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico (GIACOMINI et al., 2003), que, quando decomposta, permite a incorporação desse nitrogênio ao solo.

A maior parte de estudos com plantas de cobertura estão relacionados ao seu uso agrícola, referindo-se ao milho, a pastagens (DIAS et al., 2008) e a outras culturas. Considerando as características da ervilhaca, sua introdução em áreas degradadas pode auxiliar no desenvolvimento das espécies florestais, devido à melhoria que proporciona nas condições de solo e do ambiente.

A restauração de um ecossistema é um processo de interação solo-flora-fauna que visa seu equilíbrio e autoperpetuação do ambiente. Assim, esse trabalho tem por objetivo avaliar a influência da subsolagem como método de preparo do solo e o uso da leguminosa *Vicia sativa* no crescimento de espécies arbóreas de preenchimento e de diversidade, assim como analisar o potencial das espécies plantadas nos grupos definidos para restauração de área degradada.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O presente estudo foi realizado no Parque Estadual Quarta Colônia (P.E.Q.C), uma unidade de conservação de proteção integral com área de 1.847,9 ha, cuja coordenada geográfica da sede administrativa é 29°37'40.80''S e 53°22'0.38''O.

O Parque está localizado nos municípios de Agudo e Ibarama, RS, na bacia hidrográfica do rio Jacuí. Caracteriza-se por apresentar encostas florestadas e áreas em processo de restauração, degradadas durante o período em que abrigava pequenas propriedades rurais e a vila de operários da obra da Usina Hidrelétrica (UHE) Dona Francisca.

O solo da região é classificado como Cambissolo Háplico Eutrófico típico (EMBRAPA, 2006). Segundo a classificação de Köppen, o clima Subtropical, pertencente à variedade específica "Cfa", assim definida por apresentar temperatura média do mês mais frio entre -3° e 18°C (de junho a agosto) e do mês mais quente superior a 22°C (em janeiro) (NIMER, 1990). A vegetação faz parte da região fitogeográfica da Floresta Estacional Subtropical do sul do Brasil (SCHUMACHER et al., 2011; BRENA; LONGHI, 2002).

A área de estudo, anteriormente à desapropriação, era constituída por pequenas propriedades rurais que se sustentavam por meio da atividade agropecuária, cultivando culturas de subsistência e criando poucas cabeças de gado. Em virtude da presença do gado, o solo tornou-se moderadamente compactado, o que pode ser verificado no preparo do plantio e devido à ausência de regeneração natural. Atualmente, o local apresenta vegetação composta por *Andropogon bicornis* L. (Poaceae) e *Eryngium horridum* Malme (Apoaceae), ambas tolerantes a solos pobres, ácidos e modificados (LORENZI, 2000).

2.2 Escolha das espécies

As espécies arbóreas utilizadas no experimento foram definidas com base em levantamento fitossociológico da área de referência e das áreas em processo de restauração

próximas da área de estudo, além de inventário florestal realizado na região (BRENA; LONGHI, 2002).

Buscou-se, assim, utilizar as espécies da região disponíveis no viveiro florestal da UFSM, o qual produz mudas oriundas de sementes, coletadas de diversas matrizes, como recomendado para garantir a maior variabilidade genética possível (HIGA; SILVA, 2006).

Entretanto, houve certa dificuldade para obter um número de espécies considerado satisfatório pela literatura, Rodrigues et al. (2009) recomendam um total de 80 espécies em projetos de restauração, entretanto, a maioria dos viveiros do estado não apresenta mudas de espécies nativas certificadas ou com procedência de sementes especificada.

A escolha das espécies baseou-se nos grupos funcionais da sucessão natural, segundo a teoria de grupos de espécies de preenchimento e de diversidade, que prediz que o desenvolvimento do grupo de preenchimento favorece o estabelecimento do grupo de diversidade, formado principalmente de espécies tardias e clímax (GANDOLFI et al., 2007; NAVE; RODRIGUES, 2007).

Para a definição dos grupos, foram utilizados trabalhos de avaliação do crescimento de espécies em reflorestamentos, bem como suas características de desenvolvimento em fases iniciais de projetos de restauração (CARVALHO, 1981; SOUZA et al., 2001; FERREIRA et al., 2002; FARIA; LIMA, 2002; CHADA et al., 2004; CURCIO et al., 2007; MELO; DURIGAN, 2007; UHLMANN et al., 2007; ANDREAZZA et al., 2008; MORAES et al., 2008; NÓBREGA et al., 2008; SANTANA et al., 2008).

Utilizou-se um total de 13 espécies arbóreas no modelo. O grupo de preenchimento foi formado por *Enterolobium contortisiliquum*, *Parapiptadenia rigida*, *Inga vera*, *Schinus terebinthifolius*, *Luehea divaricata* e *Psidium cattleianum*. O grupo de diversidade foi composto por *Eugenia uniflora*, *Allophylus edulis*, *Cedrela fissilis*, *Prunus myrtifolia*, *Jacaranda micrantha*, *Cupania vernalis* e *Cabrlea canjerana*.

A espécie leguminosa *Vicia sativa* (ervilhaca) foi selecionada por ser uma planta forrageira de inverno, que foi o período de estabelecimento do experimento, e por possuir alta capacidade de fixar nitrogênio (GIACOMINI et al., 2003).

2.3 Delineamento experimental

O experimento foi realizado por meio do delineamento de blocos ao acaso em arranjo trifatorial 2 x 2 x 4, sendo que o fator A representa os níveis de preparo de solo, o fator B os níveis de leguminosa *Vicia sativa* e o fator C as épocas de avaliações, com parcelas subdivididas e quatro repetições por tratamento, em uma área de 01 ha. Os tratamentos foram constituídos por: T1= abertura da cova + plantio de espécies arbóreas (grupo de preenchimento e de diversidade) sem associação com *Vicia sativa*; T2= abertura da cova + plantio de espécies arbóreas (grupo de preenchimento e de diversidade) associado a *Vicia sativa*; T3= subsolagem + plantio de espécies arbóreas (grupo de preenchimento e de diversidade) sem *Vicia sativa* e T4= subsolagem + plantio de espécies arbóreas (grupo de preenchimento e de diversidade) associado a *Vicia sativa*.

Cada parcela apresentou 20 x 20 m, com mudas dispostas em linhas com espaçamento de 1,5 x 1,5 m entre si (169 indivíduos). Cada espécie teve 13 indivíduos na parcela, tanto do grupo de preenchimento (seis espécies) como de diversidade (sete espécies). No total, foram plantados 2.704 indivíduos em 6.400 m².

A ervilhaca foi semeada no momento do plantio das mudas, entre as mesmas, nas entrelinhas com espaçamento de 0,75 x 0,75 m, totalizando 2,6 kg de sementes por parcela.

2.4 Implantação do experimento

Inicialmente foi realizada uma roçada na área total para a marcação das parcelas e dos tratamentos. No tratamento 1, foram abertas covas de 15 cm³ com pá de corte e foi realizado o plantio das mudas, conforme a posição e o número de espécies definidos pelos grupo de preenchimento e diversidade. O mesmo procedimento foi realizado no tratamento 2 e, adicionalmente, foi semeada ervilhaca, a lanço, nas entrelinhas das mudas de espécies arbóreas.

Para os tratamentos 3 e 4, o preparo do solo foi feito por meio da subsolagem. Nas linhas de plantio foi implementada uma haste acoplada a um trator agrícola a fim de abrir sulcos distanciados 1,5 m entre si. As mudas apresentavam em torno de 25 cm e foram plantadas nas linhas subsoladas, com espaçamento de 1,5 x 1,5 m.

Em todos os tratamentos, foram acrescentados 5 kg de composto orgânico por cova. Não foi realizado nenhum trato cultural ou adubação adicional, a fim de avaliar o arranjo e a capacidade de desenvolvimento das espécies nos processos de competição com a vegetação herbácea.

2.5 Coleta e análise dos dados

No experimento, iniciado em março de 2010, foram realizadas quatro avaliações (primavera, verão, inverno, verão) das seguintes variáveis: percentual de mortalidade; altura da parte aérea das mudas, em cm, mensurada com fita métrica; e diâmetro do coleto, em mm, medido com paquímetro digital. Aos 24 meses de observação, foi realizada a medição do grau de sombreamento, através da projeção da copa, definida como a fração do solo sombreada ocupada pela somatória da parte aérea de cada árvore nos diferentes tratamentos, expressa em porcentagem (DURIGAN; SILVEIRA, 1999), calculada pela expressão: $C = 100 \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{A}$, onde: C = grau de cobertura (%); C_i = área da projeção da copa do indivíduo i ($\pi \cdot D_i^2/4$); D_i = diâmetro médio da copa do indivíduo i (m); n = número de indivíduos medidos na área A; A = área da parcela útil (m²).

Para verificar diferenças entre os tratamentos, os dados de altura, diâmetro do coleto e mortalidade das mudas foram submetidos à análise de variância. Quando necessário, realizou-se o desdobramento das interações, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey e regressão polinomial a 5% de probabilidade de erro. No caso de diferença significativa de equações quadráticas, determinou-se o ponto crítico (PC). Nas análises, utilizou-se o *software* estatístico SISVAR (FERREIRA, 2008). Para análise do potencial de desenvolvimento das espécies plantadas, utilizou-se o Teste de Kruskal-Wallis, que foi realizado por meio da ordenação de k amostras conjuntamente, obtendo-se o posto médio (Pm) de cada espécie. Posteriormente, os Pm das variáveis altura (H), diâmetro do coleto (D), diâmetro da copa (Dp) e percentual de mortalidade (Mor) foram comparados pelo teste de Dunn (CALLEGARI-JACQUES, 2003). Cada grupo (preenchimento e diversidade) foi analisado separadamente, considerando sua diferente funcionalidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, observou-se que o preparo de solo, com subsolagem na linha de plantio, apresentou diferença significativa no diâmetro do coleto das espécies plantadas ($p < 0.05$) (Tabela II.1).

Tabela III.1 - Análise de variância dos tratamentos avaliados após 24 meses na área experimental do Parque Estadual Quarta Colônia.

Table III.1 - Variance analysis in 24 months treatments evaluated on experimental area of the State Park Quarta Colônia.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Bloco	3	12.7623	4.2541	5.333	0.0219 ns
Preparo de solo	1	7.4421	7.4421	9.329	0.0137*
Leguminosa	1	0.1014	0.1014	0.127	0.7295 ns
Solo x Preparo de solo	1	0.1279	0.1279	0.167	0.6981 ns
Erro 1	9	7.1798	0.7977		
Tempo	3	399.5581	133.186	361.975	0.000**
Erro 2	9	3.3114	0.3679		
Solo x Tempo	3	1.3258	0.4419	2.185	0.1129 ns
Leguminosa x Tempo	3	0.6566	0.2188	1.082	0.3733 ns
Solo x Leguminosa x Tempo	3	0.4510	0.1503	0.743	0.5356 ns
Erro 3	27	5.4605	0.2022		
Total corrigido	63	438.3774			

Onde: $P < 0,01$; $P < 0,0001$; ns = não significativo.

A subsolagem pode ser descrita como a ação de romper camadas adensadas e compactadas de solo (SASAKI; GONÇALVES, 2005). Considerando que a área de estudo apresenta um solo alterado devido ao seu histórico de uso, a subsolagem reduziu a densidade do solo, que, por sua vez, diminuiu a resistência à penetração das raízes, melhorando as condições de aeração e drenagem interna do solo para o desenvolvimento do sistema radicular e estabelecimento das mudas.

Outros estudos apresentam resultados que confirmam a influência da subsolagem no desenvolvimento das plantas. Stape et al. (2002) observaram valores maiores para altura de eucaliptos em dois sítios preparados com subsolagem quando comparados à áreas preparadas com coveamento. Adicionalmente, Batista e Levien (2010) afirmam que, em geral, há uma

relação positiva entre o volume de solo preparado e o ritmo de crescimento das árvores, uma vez que encontraram uma biomassa aérea de *Eucalyptus saligna* cinco vezes maior no tratamento de subsolagem do que no de coveamento mecânico 11 meses após o plantio. Tais resultados evidenciam o maior volume de solo disponibilizado para o sistema radicular e, conseqüentemente, para o aumento em diâmetro.

Além disso, houve diferença significativa no decorrer do tempo entre altura das espécies plantadas ($p < 0.0001$), diâmetro do coleto ($p < 0.0001$) e mortalidade ($p < 0.0001$).

O percentual de mortalidade apresentou comportamento quadrático crescente, com ponto crítico aos 21 meses, tempo em que a taxa de mortalidade das plantas atinge o seu pico (Figura III.1).

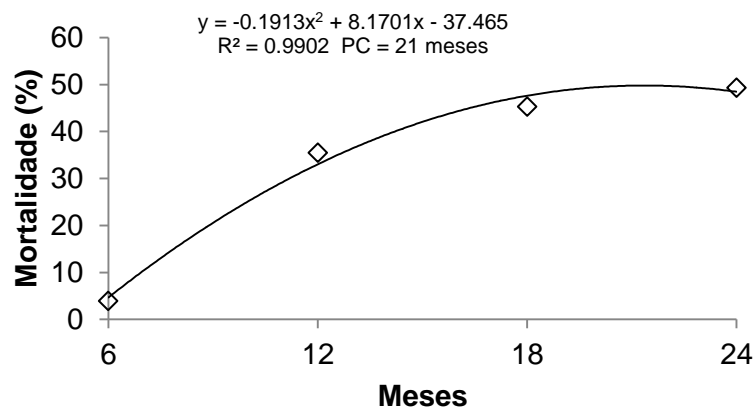


Figura III.1 - Percentual de mortalidade, durante 24 meses, em área experimental de restauração no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.

Figure III.1 - Mortality rate during 24 months in experimental area of restoration in State Park Quarta Colônia, RS.

Já para a altura, que também apresentou comportamento quadrático crescente no decorrer do tempo (Figura III.2A), houve uma tendência de incremento mais lento do que no período inicial de crescimento, com ponto crítico aos 25 meses. Esse resultado deve-se, provavelmente, à competição das mudas com a ervilhaca e outras herbáceas presentes na área.

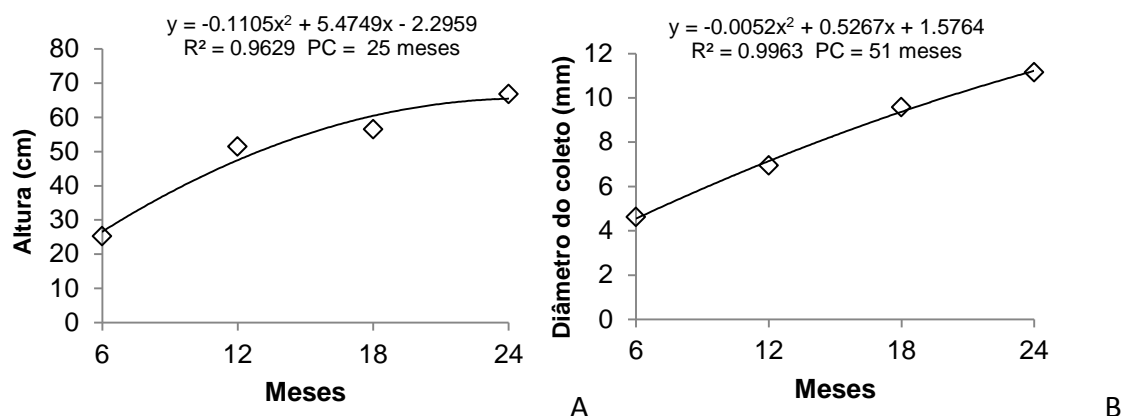


Figura III.2 - Crescimento em altura (cm) (A) e diâmetro do coleto (mm) (B) das espécies arbóreas ao longo de 24 meses, em área experimental de restauração no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.

Figure III.2 - Growth in height (cm) (A) and collar diameter (mm) (B) of tree species over 24 months, in experimental area of restoration in State Park Quarta Colônia, RS.

Para o diâmetro, o crescimento também foi quadrático crescente (Figura III.2B), indicando o aumento da disponibilidade de espaço para o crescimento das plantas, proporcionado pelo preparo do solo por subsolagem, já que o diâmetro está diretamente relacionado ao desenvolvimento das raízes e da copa.

Todas as espécies de preenchimento apresentaram um percentual de mortalidade maior que 10%, provavelmente, devido à falta de tratos culturais (Tabela III.1). A maior taxa de mortalidade foi a de *Parapiptadenia rigida* (angico-vermelho), com 31,7%, e a menor foi a de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo), com 11,5%. As espécies foram consideradas estatisticamente iguais quanto à mortalidade (Tabela III.2), devido ao fato de esses percentuais serem bastante variáveis nas diferentes parcelas e de o teste usar como base a ordenação de tais parcelas.

Conforme Rodrigues et al. (2009), a mortalidade para espécies é considerada aceitável até 10%, de modo que acima desse valor são necessárias ações de correção. Esse percentual se refere a plantios voltados para produção, entretanto, o percentual de mortalidade das espécies de um processo sucessional natural é desconhecido.

Tabela III.2 - Mortalidade (Mor) após 24 meses de implantação, comparação do posto médio pelo Teste de Dunn (Pm) e valores de parâmetros morfológicos médios (H - altura; D - diâmetro do coleto; Dp – diâmetro de copa) de espécies nativas de preenchimento utilizadas na recuperação de área degradada, Parque Estadual Quarta Colônia, RS.

Table III.2 - Mortality (Mor), comparison of average post by Dunn Test (Pm), and morphological parameters values (average H-height; D-diameter of collar; Dp – diameter of cop) of native species used fill in recovering degraded area, State Park Quarta Colônia, RS.

Grupo de preenchimento	Mor±sd (%)	Pm Mor	H (cm)	Pm H	D (mm)	Pm D	Dp (cm)	Pm Dp
<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.)Morong.	23,1±11,7	a	193,4	a	41,3	a	41,0	a
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	25,0±25,9	a	109,0	ab	15,0	bc	29,0	b
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	31,7±16,2	a	97,8	ab	11,9	bc	18,8	bc
<i>Luehea divaricata</i> Mart.& Zucc.	11,5±7,1	a	94,7	bc	16,6	b	21,5	bc
<i>Inga vera</i> Willd.	19,2±14,2	a	91,8	bc	17,1	b	18,2	bc
<i>Psidium cattleianum</i> Sabine	16,3±11,9	a	55,0	c	9,1	c	15,8	b

Sd: Desvio Padrão; método de Dunn; as médias seguidas de letras diferentes são significativamente diferentes em testes de Kruskal-wallis $P < 0,05$.

Esse resultado, que revela a elevada mortalidade das espécies, pode ser decorrente de vários fatores, como: o fato das mudas serem provenientes de tubetes e, assim, apresentarem um torrão formado com pouco substrato; época de plantio no outono, ano de inverno com fortes geadas; ausência de tratos culturais após plantio; e presença da *Vicia sativa* nos tratamentos 3 e 4, nos quais se pôde observar que a ervilhaca cobriu completamente as mudas de espécies arbóreas, competindo por recursos como água, nutrientes e luz.

Beltrame e Rodrigues (2008) avaliaram outra leguminosa, o *Cajanus cajan*, associada a espécies florestais, sendo que, no período de 22 e de 34 meses após o plantio, o processo de inibição foi favorecido, implicando aumento da mortalidade, tanto de espécies pioneiras quanto de não pioneiras, principalmente nos tratamentos em que a densidade da leguminosa era maior. As principais vantagens das plantas de cobertura em relação ao cultivo isolado consistem no maior rendimento de matéria seca, no acúmulo de nutrientes e na fixação biológica de N_2 pelas leguminosas (HEINRICHS et al., 2001). Dessa forma, a ervilhaca poderia levar a resultados positivos se manejada no experimento, através de corte, e incorporada ao solo antes do plantio.

Essa elevada mortalidade deve ser prevista e compensada pelo plantio de maior número de mudas na área. Além disso, como alternativa é possível intensificar os cuidados, desde o planejamento criterioso do período do plantio (mesmo em áreas que a princípio não apresentam forte incidência de geadas, secas, enchentes e outros fatores desfavoráveis) até o aumento da intensidade de irrigação inicial e das capinas e roçadas de gramíneas exóticas que impedem o desenvolvimento das mudas e a regeneração natural.

Enterolobium contortiliquum (timbaúva) mostrou-se com elevado potencial como espécie de preenchimento (Tabela III.2), tendo em vista que, juntamente com *Schinus terebinthifolius* (pimenteira) e *Parapiptadenia rigida* (angico-vermelho), cresce rapidamente em altura (Figura III.3), tendo a capacidade de superar a mato-competição; enquanto que, se cultivada juntamente com *Inga vera* (ingá-banana), apresenta maior diâmetro do coleto e copa, o que sugere a formação de um sistema radicular mais amplo, capaz de explorar os recursos do solo (GONÇALVES, 2002). Essas espécies, além de sua capacidade de cobrir a área mais rapidamente, podem ser destacadas por sua funcionalidade, considerando a atração de polinizadores e dispersores à área (BACKES; IRGANG, 2002; CARVALHO, 2003), a fixação de nitrogênio (BAGGIO; VILCAHUAMAN; CORREA, 2008) e a tolerância a solos com altos teores de cobre (SILVA et al., 2011). Outros autores obtiveram resultados semelhantes em relação ao diâmetro e à altura com timbaúva (FERREIRA et al., 2007) e pimenteira (SOUZA et al., 2001) em estudos sobre desenvolvimento de espécies nativas em áreas degradadas.

Com base nos valores médios do diâmetro de copa e do percentual de mortalidade das espécies de preenchimento (Tabela III.2), observou-se que após dois anos de implantação, nas circunstâncias do experimento, somente cerca de 20% do solo estava coberto, reduzindo as chances de desenvolvimento das espécies de diversidade. As condições de qualidade de sítio, principalmente no que se refere às características de solo, podem ser as responsáveis pelas diferenças nos índices de cobertura para reflorestamentos com idades semelhantes (MELO; DURIGAN, 2007).

Entre as espécies de preenchimento estudadas, *Psidium cattleianum* (araçá), apesar de ter apresentado crescimento inferior em relação às demais (Tabela III.2), é considerada uma espécie com funcionalidade importante devido à sua síndrome de polinização (entomofilia) e dispersão (ornitocoria), ou seja, é uma espécie que atrai a fauna e contribui para o ingresso de outras espécies. No entanto, sua utilização no grupo de preenchimento deve ser avaliada, pois, caso se busque uma rápida cobertura vegetal, não seria interessante incluí-la nesse grupo, mas sim no grupo de diversidade.

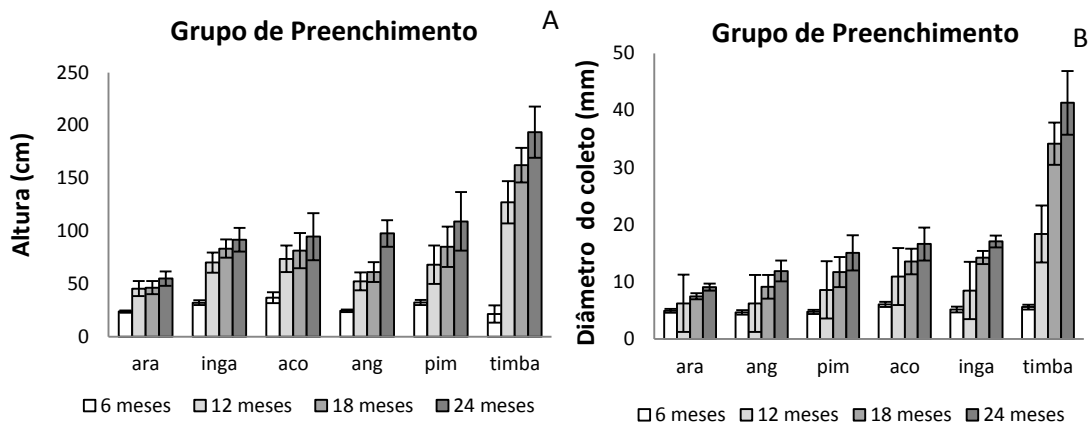


Figura III.3 - Desenvolvimento no tempo em altura (cm) (A) e diâmetro (mm) (B) da média dos indivíduos do grupo de preenchimento. Onde: ara=*Psidium cattleianum*; inga=*Inga vera*; aco=*Luehea divaricata*; ang=*Parapiptadenia rigida*; pim=*Schinus terebinthifolius*; timba=*Enterolobium contortisiliquum*.

Figure III.3 - Development in time in height (cm) (A) and diameter (mm) (B) of the average guys fill group. Where: ara=*Psidium cattleianum*; inga=*Inga vera*; aco=*Luehea divaricata*; ang=*Parapiptadenia rigida*; pim=*Schinus terebinthifolius*; timba=*Enterolobium contortisiliquum*.

O grupo de diversidade apresentou menor desempenho em todas variáveis estudadas e um percentual maior de mortalidade comparado ao grupo de preenchimento. Esses resultados mostram as diferenças ecofisiológicas das espécies consideradas pioneiras e secundárias iniciais e tardias (BUDOWSKI, 1965), e a influência do dossel no estabelecimento das espécies mais tardias no processo sucessional, uma vez que a cobertura de copa na área não foi suficiente para criar condições favoráveis de temperatura, umidade e fertilidade do solo.

As espécies que apresentaram melhor tolerância às condições da área no período considerado são *Eugenia uniflora* (pitangueira) e *Allophylus edulis* (chal-chal), com menor percentual de mortalidade e significativo crescimento em altura (Tabela III.3). Isso, provavelmente, ocorreu devido às condições de umidade do solo mais favoráveis, pois, conforme Backes e Irgang (2002), essas espécies são indicadas para plantios no entorno de fontes, rios e reservatórios.

Adicionalmente, a *Cedrela fissilis* (cedro), embora com alto percentual de mortalidade, apresentou os maiores valores em diâmetro de coleto (Figura III.2) e copa, embora sem diferença significativa em relação às outras espécies desse grupo. Resultado semelhante foi encontrado por Melotto et al. (2009), para quem o cedro foi a segunda espécie

com maior crescimento em diâmetro do coleto em sistemas silvipastoris. Em plantios de restauração de 2,5 anos, em Ribeirão Grande, SP, Nave e Rodrigues (2007) encontraram indivíduos de cedro com 50 cm de cobertura de copa.

Tabela III.3 - Mortalidade (Mor), comparação do posto médio pelo Teste de Dunn (Pm) e valores de parâmetros morfológicos médios (H - altura; D - diâmetro do coleto; Dp – diâmetro de copa) de espécies de diversidade utilizadas na recuperação de área degradada, Parque Estadual Quarta Colônia, RS.

Table III.3 - Mortality (Mor), comparison of average post by Dunn Test (Pm), and morphological parameters values (average H-height; D-diameter of collar; Dp – diameter of copa) diversity of species used in the recovery of degraded area, State Park Quarta Colônia, RS.

Grupo de Diversidade	Mor±sd (%)	Pm Mor	H (cm)	Pm H	D (mm)	Pm D	Dp (cm)	Pm Dp
<i>Eugenia uniflora</i> L.	32,2±23,0	a	48,7	a	4,4	ab	15	ab
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.Hil.et al) Hieron. ex Niederl.	35,0±16,4	a	47,7	a	6,2	bc	12	b
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	68,2±17,3	b	53,4	a	17,1	bc	26,5	a
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	86,7±3,98	b	68,5	a	8,8	b	10	b
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	80,0±11,5	bc	34,7	a	8,8	ab	0	c
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	76,7±37,6	bc	28,6	a	4,3	c	0	c
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	98,5±5,4	c	30,0	b	5,2	a	0	c

Sd: Desvio Padrão; método de Dunn; as médias seguidas de letras diferentes são significativamente diferentes em testes de Kruskal-wallis $P < 0,05$.

Prunus myrtifolia (pessegueiro-bravo) apresentou maior valor em altura (Figura III.4) e uma das maiores taxas de mortalidade, o que demonstra que essa espécie pode ser utilizada em uma fase posterior, quando houver uma maior cobertura de dossel. A mesma recomendação é indicada para *Cupania vernalis* (camboatá-vermelho), *Jacaranda micrantha* (caroba) e *Cabralea canjerana* (canjerana).

Entretanto, conforme Brancalion et al. (2010), a utilização inicial de espécies pioneiras e tardias de dossel e sub-dossel, dispostas em arranjo espacial favorável e com abundância adequada, pode favorecer a formação de um dossel predominante de pioneiras em apenas dois anos. Os resultados verificados no experimento apontam para um tempo maior de fechamento de dossel em condições de competição, pois não foram realizados tratamentos culturais nem

adubação após o plantio a fim de observar a potencialidade das espécies com baixo custo de implantação.

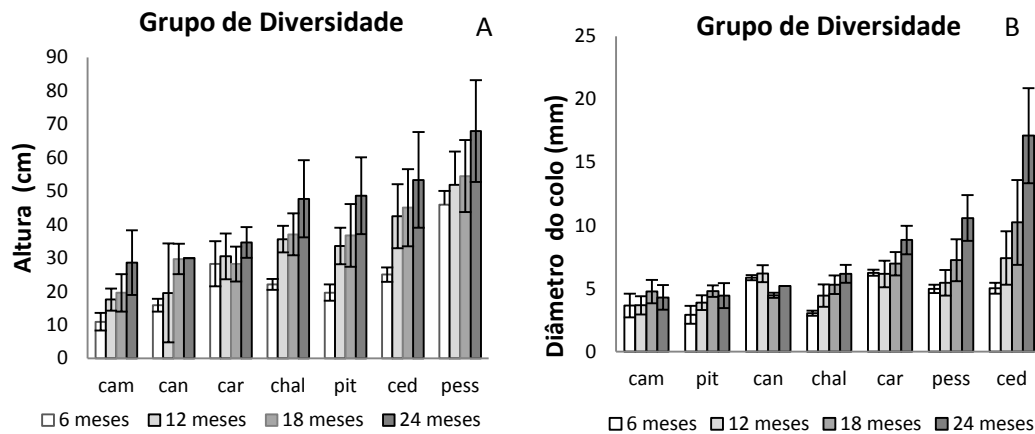


Figura III.4 - Desenvolvimento no tempo em altura (cm) (A) e diâmetro (mm) (B) da média dos indivíduos do grupo de diversidade. Onde: cam=*Cupania vernalis*; can=*Cabralea canjerana*; car=*Jacaranda micrantha*; chal=*Allophylus edulis*; pit=*Eugenia uniflora*; ced=*Cedrela fissilis*; pess=*Prunus myrtifolia*.

Figure III.4. Development in time in height (cm) (A) and diameter (mm) (B) of the average of the individuals in the Group of diversity. Where: cam=*Cupania vernalis*; can=*Cabralea canjerana*; car=*Jacaranda micrantha*; chal=*Allophylus edulis*; pit=*Eugenia uniflora*; ced=*Cedrela fissilis*; pess=*Prunus myrtifolia*.

Dessa forma, as estratégias de restauração ecológica devem garantir que espécies pioneiras, secundárias e clímax estejam presentes em abundância e distribuição adequadas, mas a implantação do grupo de diversidade deverá ocorrer com o dossel formado. Para áreas degradadas em Florestas Estacionais Subtropicais no sul do Brasil, devido às condições de baixas temperaturas em determinado período do ano, o desenvolvimento da vegetação é mais lento, sugerindo-se, dessa forma, que o grupo de diversidade seja plantado, no mínimo, a partir de dois anos. Ferreira (2009), após estudar 18 áreas em processo de restauração em Minas Gerais, verificou que o fechamento de dossel ocorreu entre três a quatro anos.

4 CONCLUSÃO

- a) A subsolagem é um método de preparo do solo eficiente para o rápido crescimento em diâmetro de espécies florestais nativas;
- b) O uso da leguminosa *Vicia sativa* na implantação de mudas, em área de restauração, não é indicada, tendo em vista sua competitividade, principalmente, em relação às mudas do grupo de diversidade;
- c) *Enterolobium contortisiliquum*, *Schinus terebinthifolius* e *Inga vera* apresentaram características funcionais que as confirmam como espécies indicadas para compor o grupo de preenchimento;
- d) As espécies do grupo de diversidade, como evidenciado nas circunstâncias do experimento, devem ser introduzidas após cobertura parcial do dossel.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M. Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2505-2516, 2008.
- ANDREAZZA, R. et al. Ocorrência de associação micorrizica em seis essências florestais nativas do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18. n. 3, p. 339-346, 2008.
- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul: guia de identificação e interesse ecológico**. Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz, 2002. 325 p.
- BAGGIO, A.; VILCAHUAMÁN, M.; CORREA, G. **Arborização da cultura da erva-mate: aspectos gerais, resultados experimentais e perspectivas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008, 24 p. (Documento 161)
- BAPTISTA, J.; LEVIEN, R. Métodos de preparo de solo e sua influência na erosão hídrica e no acúmulo de biomassa da parte aérea de *Eucalyptus saligna* em um cambissolo háplico da depressão central do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, p. 567-575, 2010.
- BARBOSA, L. M. Considerações gerais e modelos de recuperação de formações ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas Ciliares Conservação e Recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2004. p. 235-247.
- BELTRAME, P. T.; RODRIGUES, E. Comparação de diferentes densidades de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na restauração florestal de uma área de reserva legal no Pontal do Paranapanema, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 80, p. 317-327, 2008.
- BRANCALION, H. P. et al. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais diversas. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n. 3, p. 455-470, 2010.
- BRENA, D.; LONGHI, S. J. Inventário Florestal. In: ITAQUI, J. (Org.) **Quarta Colônia: inventários técnicos**. Santa Maria: Condesus Quarta Colônia. 2002. 256 p.
- BRITEZ, M. R. et al. Manejo do Entorno. In: **Fragmentação de ecossistemas, causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA, 2003, p.348-365.
- BUDOWSKI, G. N. Distribution of Tropical American rain forest species in the light of succession processes. **Turrialba**, Costa Rica, v. 15, n. 2, p. 40-52, 1965.
- CALLEGARI-JACQUES, S. M. **Bioestatística: Princípios e Aplicações**. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2003. 255 p.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas; Colombo: Embrapa Floresta, v.1, 2003. 1039 p.

_____. Competição entre espécies florestais nativas em Irati-PR, cinco anos após o plantio. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 2, p. 41-56, 1981.

CHADA, S. S.; CAMPELO, E. F. C.; FARIA, S. M. Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, RJ. **Revista Árvore**, v. 28, n. 6, p. 801-809, 2004.

CORTINES, E.; VALCARCEL, R. Influência da combinação de espécies pioneiras na restauração de ecossistema perturbado da Mata Atlântica, Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 33, n. 5, p. 927-936, 2009.

CURCIO, G. R. et al. A floresta fluvial em dois compartimentos do rio Iguaçu, Paraná, Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 2, p. 125-147, 2007.

DIAS, P.F. et al. Estabelecimento de leguminosas arbóreas em pastos de capim-marandu e tanzânia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 10, p. 1413-1419, 2008.

DURIGAN, G.; SILVEIRA, E. R. Recomposição de mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 15-28, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006.

FARIA, S. M.; LIMA, H. C. **Levantamento de nodulação em leguminosas arbóreas e arbustivas em áreas de influência da mineração Rio do Norte – Porto Trombetas / PA**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002. 32 p. (Documentos 159).

FERREIRA, C. W.; BOTELHO, A. S.; DAVIDE, C. A.; FARIA, R. M. J. Avaliação do crescimento do estrato arbóreo de área degradada revegetada à margem do Rio Grande, na usina hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 177-185, 2007.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**. Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, R. A. et al. Restauração florestal: estudo da regeneração natural em área implantada por meio de semeadura direta. In: V SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 2002, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SOBRADE, 2002. p. 475-477.

FERREIRA, W. C. **Estoque de biomassa e carbono e parâmetros indicadores de recuperação de mata ciliar**. Lavras: UFLA, 2009. 163 p.

GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V. Theoretical bases of the Forest ecological restoration. In: RODRIGUES, R. R.; MARTINS S. V.; GANDOLFI, S. (Ed.). **High diversity Forest restoration in degraded áreas**. New York: Nova Science Publishers, 2007.

- GIACOMINI, S. J. et al. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 9, Brasília, p. 1097-1104, 2003.
- GONÇALVES, J. L. M. Conservação do solo. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. (Ed.) **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 47-129.
- HEINRICH, R. et al. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 331-340, 2001.
- HIGA, R. A.; SILVA, D. L. Certificação da produção de sementes e mudas de espécies florestais nativas. In: HIGA, A. R.; SILVA, L. D. (Coord.). **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF, 2006. 264 p.
- KILCA, V. R.; LONGHI, J. S. A composição florística e a estrutura das florestas secundárias no rebordo do Planalto Meridional. In: SCHUMACHER, V. M. et al. **A Floresta Estacional Subtropical: caracterização e ecologia no rebordo do Planalto Meridional**. Santa Maria: [s.n], 2011.
- LORENZI, H. **Plantas daninhas no Brasil**. Editora Plantarum, 2000. 386 p.
- MELOTTO, A. et al. Sobrevivência e crescimento inicial em campo de espécies florestais nativas do Brasil central indicadas para sistemas silvipastoris. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 33, n. 3, p. 425-432, 2009.
- METZGER, J. P. Conservation issues in the Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1138-1140, 2009.
- MORAES, D. F. L. et al. Características do solo na restauração de áreas degradadas na Reserva Biológica de Poço das Antas, RJ. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 193-206, 2008.
- NAVE, A. G.; RODRIGUES, R. R. Combination of species into filling and diversity groups as forest restoration methodology. In: RODRIGUES, R. R.; MARTINS S. V. **High diversity Forest restoration in degraded áreas**. New York: Nova Science Publishers, 2007. p. 103-126.
- NIMER, E. Clima. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. p.151-187.
- NOBREGA, F. M. A. et al. Regeneração natural em remanescentes florestais e áreas reflorestadas da várzea do rio Mogi-Guaçú, Luis Antônio, SP. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 5, p. 909-920, 2008.
- RODRIGUES, R. R.; BRANCALION; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009. 256 p.

SANTANA, C. G.; MANN, S. R.; FERREIRA, A. R. Diversidade genética de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong. no baixo rio São Francisco por meio de marcadores RAPD. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 3, p. 427-433, 2008.

SASAKI, C. M.; GONÇALVES, J. L. M. Desempenho operacional de um subsolador em função da estrutura, do teor de argila e de água em três latossolos. **Scientia Forestalis**, n. 69, p. 115-124, 2005.

SILVA, F. R. et al. Comportamento de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan e *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong cultivadas em solo contaminado com cobre. **Ciência Florestal**, v. 21, n. 1, 2011.

SILVA, R. C. L.; CORREA, S. R. Sobrevivência e crescimento de seis espécies arbóreas submetidas a quatro tratamentos em área minerada no cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 4, p. 731-740, 2008.

SOUZA, A. P. et al. Estabelecimento de espécies arbóreas em recuperação de área degradada pela extração de areia. **Revista Cerne**, v. 7, n. 2, p. 43-52, 2001.

STAPE, J. L. et al. Definições de métodos de preparo do solo para silvicultura em solos coesos do litoral norte da Bahia. In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. (Ed.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. p. 259-296.

UHLMANN, A. et al. Restauração de Florestas Fluviais na Bacia do Itajaí: avaliação do estabelecimento e desempenho inicial de nove espécies florestais em Neossolo Flúvico. In: VIII CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 2007, Caxambú. **Anais...** Caxambú: 2007.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo encontrou na área de referência parâmetros de riqueza, diversidade, composição florística e estrutural similares a outros estudos de floresta secundária realizados na Floresta Estacional Subtropical na região central do Rio Grande do Sul. Nesse caso, o trecho estudado indica que a floresta encontra-se em estágio médio à avançado de sucessão, devido à presença anterior de interferência antrópica do uso da terra para cultivo.

Entretanto, a análise do estágio sucessional em que se encontra determinada área permite indicar espécies para compor o grupo de diversidade a serem implantadas em áreas degradadas, isto é, espécies que dependem de cobertura do dossel para ter condições de sobrevivência e desenvolvimento. Por outro lado, a análise do estágio sucessional é pouco indicativa no que se refere ao grupo de preenchimento.

Dessa forma, é necessário buscar outras fontes de informações, que subsidiem a identificação de espécies do grupo de preenchimento. Nesse sentido, além do estudo de florestas naturais na região, deve-se investigar a ecologia, a silvicultura e a morfologia de espécies de ocorrência natural em áreas em estágio inicial de sucessão, o que permitirá selecionar adequadamente as espécies que devem compor o grupo de preenchimento, que deve apresentar na área um rápido crescimento, com destaque à formação de copa densa, frutos atrativos à fauna e amplo sistema radicular.

Além disso, o entendimento de fatores ambientais, capazes de dar pistas sobre a qualidade do sítio, permite inferir sobre a necessidade de tratamentos adicionais, capazes de acelerar o processo. As características químicas e bioquímicas mostraram-se adequadas como indicadores de qualidade de restauração, uma vez que demonstraram a diferença entre as áreas em processo de restauração e a floresta secundária (área de referência), a qual apresentou os maiores valores desses atributos, revelando sua superioridade na ciclagem de nutrientes, proporcionada pela densa camada de serapilheira, que foi inexpressiva nas áreas em processo de restauração avaliadas.

Com base nos resultados das variáveis florística, estrutural e ambiental das áreas em processo de restauração, foi possível avaliar as falhas desse processo, pois, segundo Davide (2011), ecossistemas florestais restaurados com idades a partir de sete anos devem apresentar fechamento de dossel, acúmulo de serrapilheira e regeneração considerável. Ainda, conforme a SER (2004), o ecossistema restaurado é adequadamente integrado na paisagem ou matriz ecológica que interage através de trocas e fluxos bióticos e abióticos. Referente às afirmativas,

é possível observar que A1 e A2 apresentam em parte essas características, o que indica que não são restauradas completamente.

Considerando que as ameaças potenciais da paisagem circundante à integridade do ecossistema restaurado devem ser eliminadas ou reduzidas ao máximo, é possível identificar o maior entrave à evolução das áreas em processo de restauração no Parque, que consiste: no considerável número de exóticas invasoras presentes na áreas sendo também observadas na regeneração; e na presença de algumas espécies alóctones selecionados para os modelos de restauração, como *Ateleia glazioviana* e *Peltophorum dubium*, pertencentes à outra região fitogeográfica do estado. Adicionalmente, a presença de gramíneas agressivas nas áreas, dificulta e, até mesmo, impossibilita a regeneração natural e, conseqüentemente, a trajetória sucessional. O manejo dessas áreas, pela eliminação dos indivíduos exóticos, é imprescindível para que o ecossistema restaurado seja autossustentável no mesmo grau que o ecossistema de referência e para que tenha o potencial de persistir sob qualquer condição ambiental.

Entretanto, é necessário um planejamento da paisagem em âmbito regional, sustentado por políticas públicas, através de leis e normativas baseadas em pesquisas locais para orientar as compensações de danos ambientais, compensações essas que empreendedores ou mesmo proprietários rurais possam seguir, atuando como restauradores do ecossistema.

Os modelos de restauração de áreas degradadas, baseados em grupos de preenchimento e grupos de diversidade, apresentam diversas possibilidades para seleção de espécies. A princípio, espécies de preenchimento devem ser rústicas, adaptando-se rapidamente ao ambiente adverso, além de apresentar interação com dispersores e polinizadores, intensa deposição de serapilheira e ciclagem de nutrientes, associação com micorrizas e fixação de nitrogênio no solo, visando à modificação do ambiente para posterior introdução das espécies do grupo de diversidade. Além disso, é necessário que sejam realizados tratamentos culturais para que se possam alcançar respostas mais rapidamente.

Finalmente, as estratégias de conservação da biodiversidade devem se estender para além dos limites das áreas protegidas, atuando de forma integrada com a paisagem do entorno para se obter uma maior efetividade das ações.

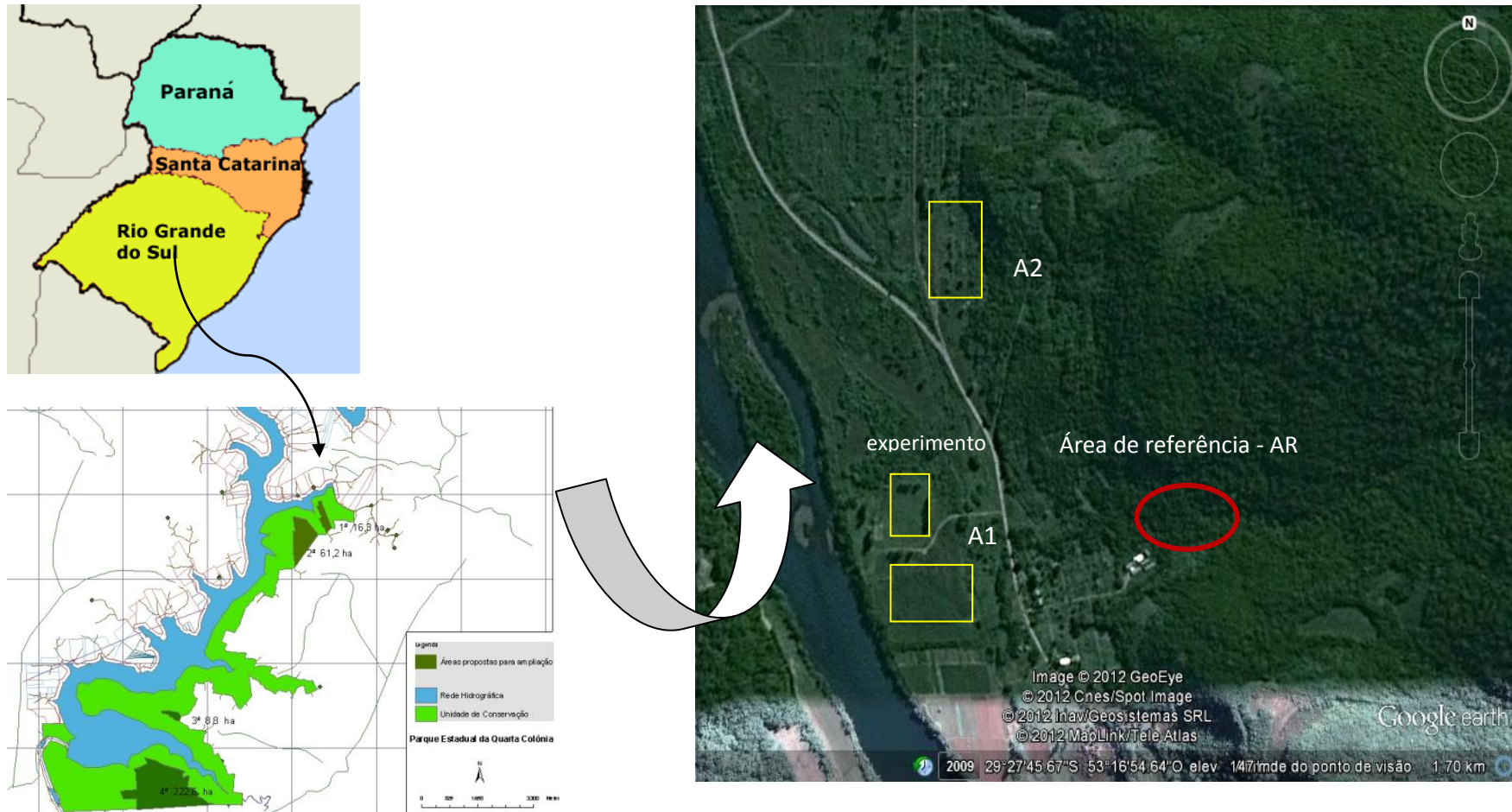
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DAVIDE, C. A. Experiência em restauração ecológica na Bacia do São Francisco. In: IV SIMPÓSIO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA: Desafios Atuais e Futuros, 2001, São Paulo. **Anais...** São Paulo: CERAD – Instituto de Botânica de São Paulo, 2011, p. 295.

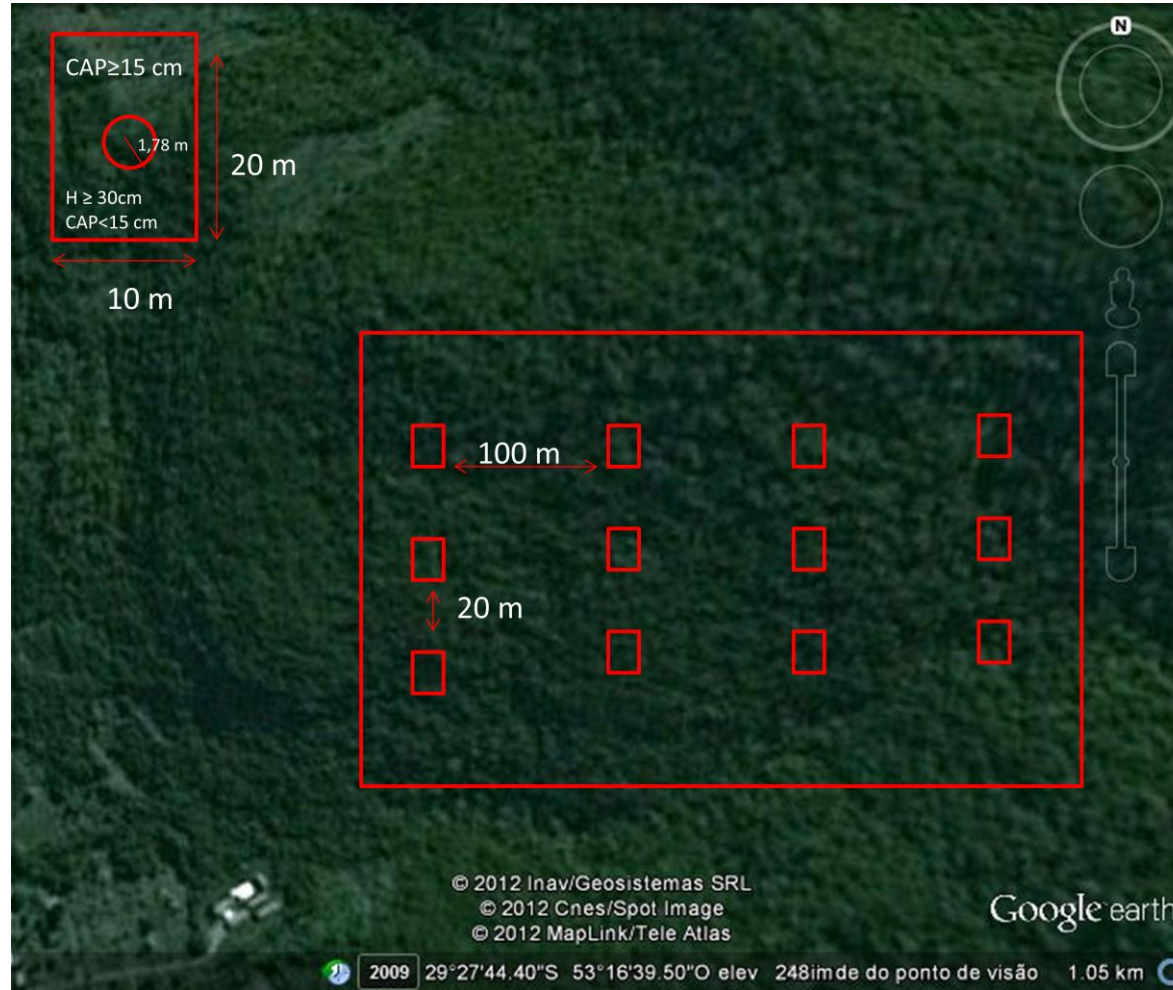
SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL E POLICY WORKING GROUP (SER). **The SER International Primer on Ecological Restoration International**. Disponível em: <<http://www.ser.org/pdf/primer3.pdf>>. Acesso em: 4 dez. 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Localização da área de estudo no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.



APÊNDICE B - Croqui da amostragem dos dados de vegetação e de solos da área de floresta secundária (área de referência) no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.



APÊNDICE C - Estrutura horizontal e grupo sucessional das espécies arbóreas encontradas no trecho de Floresta Estacional Subtropical no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.

(continua)

NOME CIENTÍFICO	G.S	GRUPO 1				GRUPO 2							
		Componente arbóreo				Sub-bosque		Componente arbóreo				Sub-bosque	
		DA	FA	DoA	VI%	DA	FA	DA	FA	DoA	VI%	DA	FA
<i>Actinostemon concolor</i> Spreng.	St ³	391,67	83,333	1,693	12,57	10083	41,67	25	50	0,047	1,605	1917	41,667
<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil., Cambess. & A. Juss.) Radlk.	Si ²	150	66,667	2,831	8,422			91,67	50	0,783	3,564	916,7	41,667
<i>Allophylus guaraniticus</i> (A. St.-Hil.) Radlk.	Si ²					83,333	8,333					583,3	25
<i>Annona rugulosa</i> (Schltdl.) H.Rainer	Si ³	83,33	50	0,881	4,202								
<i>Aspidosperma australe</i> Müll.Arg.	St ³											83,33	8,3333
<i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engl.) Engl.	St ³	33,33	50	0,471	2,657	83,333	8,333						
<i>Banara tomentosa</i> Clos.	St ¹	16,67	16,667	0,954	1,967	83,333	8,333	16,67	33,33	0,077	1,12	83,33	8,3333
<i>Bauhinia microstachya</i> (Raddi) Macbride.	Si ³	8,33	16,667	0,086	0,742								
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Si ¹	8,33	16,667	0,424	1,152			8,333	16,67	0,064	0,588	166,7	16,667
<i>Campomanesia guazumifolia</i> (Cambess.) O.Berg.	Si ²							66,67	50	0,213	2,504	500	16,667
<i>Campomanesia xanthocarpa</i> O.Berg	St ³							8,333	16,67	0,032	0,553	83,33	8,3333
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Si ¹							8,333	16,67	0,096	0,624	83,33	8,3333
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Si ¹	50	50	0,709	3,295			183,3	83,33	0,922	6,041	333,3	16,667
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Si ¹	16,67	16,667	0,457	1,365			41,67	33,33	0,788	2,336		
<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler) Engl.	St ³	16,67	33,333	0,422	1,786	166,67	16,67				0,733	166,7	16,667
<i>Chrysophyllum marginatum</i> (Hook. & Arn.) Radlk.	St ³	25	16,667	0,562	1,667	83,333	8,333	16,67	16,67	0,065		83,33	8,3333
<i>Citronella paniculata</i> (Mart.) Howard	St ³					0,565	2,5						
<i>Citrus</i> sp.	Pi ³					166,67	8,333	50	50	0,25	2,258		
<i>Cordia americana</i> (L.) Gottshling & J.E.Mill.	Si ¹	25	50	2,635	5,104	166,67	16,67	158,3	83,33	1,269	5,995	333,3	25
<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	Si ¹	8,33	16,667	0,035	0,68								
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex Steud.	Si ¹	8,33	16,667	0,091	0,747	83,333	8,333	16,67	33,33	0,472	1,558	166,7	16,667
<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Si ³	75	50	1,067	4,252	583,33	25	266,7	100	2,288	9,357	4917	58,333
<i>Dalbergia frutescens</i> (Vell.) Britton	St ³	8,33	16,667	0,019	0,661			41,67	50	0,102	1,952	166,7	16,667
<i>Erythrina falcata</i> Benth.	St ³	8,33	16,667	1,173	2,058								
<i>Eugenia involucrata</i> DC	St ³	8,33	16,667	0,325	1,031								
<i>Hybanthus bigibbosus</i> (A. St.-Hil.) Hassl.	Si ³					333,33	16,67					1583	41,667
<i>Hovenia dulcis</i> Thunberg.	Pi ³							33,33	16,67	0,486	1,485		

APÊNDICE C - Estrutura horizontal e grupo sucessional das espécies arbóreas encontradas no trecho de Floresta Estacional Subtropical no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.

(continuação)

NOME CIENTÍFICO	G.S	GRUPO 1				GRUPO 2							
		Componente arbóreo				Sub-bosque		Componente arbóreo				Sub-bosque	
		DA	FA	DoA	VI%	DA	FA	DA	FA	DoA	VI%	DA	FA
<i>Inga marginata</i> Willd.	Pi ³	25	16,667	0,31	1,362	166,67	16,67					666,7	16,667
<i>Lonchocarpus nitidus</i> (Vogel) Benth.	Pi ¹	16,67	16,667	0,927	1,935			50	33,33	0,202	1,831	166,7	16,667
<i>Machaerium paraguayensis</i> Hassl.	Si ¹	8,33	16,667	0,072	0,725			25	33,33	0,387	1,606	583,3	33,333
<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Si ³					83,333	8,333	133,3	66,67	1,313	5,24	666,7	16,667
<i>Morus nigra</i> L.	Pi ³							8,333	16,67	0,074	0,6	83,33	8,3333
<i>Myrcianthes pungens</i> (O.Berg) D. Legrand	St ³	8,33	16,667	0,019	0,661								
<i>Myrocarpus frondosus</i> Allemão.	St ³	8,33	16,667	0,179	0,855	83,333	8,333	8,333	16,67	0,186	0,724	166,7	16,667
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Si ³	8,33	16,667	0,091	0,747			66,67	50	0,945	3,314	583,3	25
<i>Nectandra lanceolata</i> Nees.	St ³							66,67	66,67	6,155	9,453		
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng) Mez	Si ³	83,33	66,667	2,681	6,845	166,67	8,333	166,7	100	5,224	10,89	250	16,667
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	Pi ³	8,33	16,667	0,574	1,332	166,67	8,333	91,67	83,33	3,873	7,732	83,33	8,3333
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	Pi ³	41,67	33,333	1,101	3,133	83,333	8,333	41,67	50	1,012	2,958	416,7	25
<i>Picrasma crenata</i> (Vell.) Engl.	St ³											83,33	8,3333
<i>Phytolacca dioica</i> L.	Pi ³	16,67	33,333	2,813	4,683			25	16,67	0,898	1,797		
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Si ³											416,7	33,333
<i>Randia armata</i> (Sw.)DC.	Pi ³	8,33	16,667	0,128	0,793								
<i>Rudgea parquiioides</i> (Cham.) Müll.Arg.	St					83,333	8,333				1,302	83,33	8,3333
<i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisn.	Si ³	33,33	33,333	0,955	2,781			25	33,33	0,112	0,737		
<i>Schaefferia argentinensis</i> Speg.	St ³	8,33	16,667	0,015	0,656							166,7	8,3333
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	St ³	75	50	0,79	3,916			16,67	16,67	0,069	0,624	166,7	16,667
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. Sm. & Downs	Si ³					250	16,67	8,333	16,67	0,096	0,534		
<i>Sequiaria aculeata</i> L.	Si ³	33,33	50	0,168	2,29	583,33	25	8,333	16,67	0,015	3,428	166,7	8,3333
<i>Solanum pseudoquinna</i>	Pi ³											83,33	8,3333
<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C. Burger, Lanjouw & Boer	St ³	8,33	16,667	0,021	0,664	500	33,33	91,67	66,67	0,322	1,011	83,33	8,3333
<i>Strychnos brasiliensis</i> (Spreng.) Mart.	St ³	8,33	16,667	0,032	0,676							250	25

APÊNDICE C - Estrutura horizontal e grupo sucessional das espécies arbóreas encontradas no trecho de Floresta Estacional Subtropical no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.

(conclusão)

NOME CIENTÍFICO	G.S	GRUPO 1				GRUPO 2							
		Componente arbóreo		Sub-bosque		Componente arbóreo		Sub-bosque					
		DA	FA	DoA	VI%	DA	FA	DA	FA				
<i>Trichilia clausenii</i> C.DC.	St ³	216,67	100	1,553	9,196	8,333	16,67	0,019	0,536	1833	25		
<i>Trichilia elegans</i> A. Juss.	St ³	25	33,333	0,061	1,523	666,67	25	8,333	16,67	0,017	0,534	1500	50
<i>Vasconcella quercifolia</i> A. St.-Hil.	Si ³					8,333	16,67	0,015	0,502				

APÊNDICE D - Características químicas e físicas do solo e faixas, de interpretação de acordo com a Comissão de Fertilidade do Solo/ Sociedade Brasileira de Ciência do Solo em trecho de Floresta Estacional Subtropical no Parque Estadual Quarta Colônia, RS.

Parc.	Ph agua	Ca	Mg	HAI	CTCefet	Saturação (%) m/v				Tex	PMeh.	cmol/dm ³			Relações molares		
						Al	Bases	MO	Arg			K	CTC ph7	K	CaM g	CaMg K	KCaMg
1	6,2 al	27 al	6,1 al	2,5	34,3 al	0	93,3 al	6,4 al	9	4	12,6 bx	1,238	36,8 al	484 al	4,4	26,7	0,215
2	6,5 al	27,8 al	7,2 al	2	36,2 al	0	94,9 al	6 al	15	4	14,4md	1,248	38,2 al	488 al	3,9	28	0,211
3	6,3 al	14,9 al	4 al	2	19,7 al	0	90,7 al	4,7md	10	4	7,6 bx	0,788	21,7 al	308 al	3,7	24	0,181
4	6,6 al	11,8 al	2,7 al	1,7	15,2 al	0	90 al	3,2md	15	4	6,8 mb	0,716	16,9 al	280 al	4,4	20,3	0,188
5	6,6 al	21,2 al	4,9 al	2	27,1 al	0	93,2 al	5,1al	13	4	6,8 mb	1,032	29,1 al	400 al	4,3	25,5	0,2
6	6,3 al	19,2 al	5 al	2,5	24,7 al	0	90,9 al	4,7md	13	4	11,8 bx	0,512	27,2 al	200 al	3,8	47,3	0,104
7	6,3 al	22,5 al	7 al	2,2	29,9 al	0	93,2 al	5,2al	19	4	13,5 bx	0,419	32,1 al	164 al	3,2	70,4	0,077
8	6,2 al	32,6 al	8,9 al	2,8	42,3 al	0	93,8 al	7 al	14	4	11,8 bx	0,808	45,1 al	316 al	3,7	51,4	0,125
9	6,4 al	30,9 al	8,2 al	2,2	39,8	0	94,8 al	5,5 al	10	4	7,6 bx	0,716	42 al	280 al	3,8	54,6	0,115
11	6,2 al	23,3 al	3,9 al	2,5	27,7	0	91,9 al	5,2 al	13	4	33,4 al	0,542	30,2 al	212 al	6	50,2	0,104
12	6,3 al	20 al	6 al	2	26,9	0	93,2 al	4,8md	14	4	7,6 bx	0,921	28,9 al	360 al	3,3	28,2	0,181
13	6,3 al	6,5 al	1,7 al	1,6	8,5	0	84,4 al	2,5 bx	8	4	11,8 bx	0,327	10,1 md	128 al	3,8	25,1	0,114

Onde Parc.: parcelas; pH: potencial de hidrogênio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; HAI: acidez potencial; CTCefet.: capacidade de troca catiônica; Al: saturação por alumínio; Bases: saturação por base; MO: percentual de matéria orgânica; argila: percentagem de argila; tex.: textura arenosa; PMehl.: fósforo; K: potássio; CTCpH7: capacidade de troca catiônica em pH7; relações molares: cátions no complexo de troca. As letras ao lado de cada elemento correspondem às faixas de interpretação para os conteúdos de nutrientes, com base no laudo de análise de solos: al: alto; bx: baixo; MB: muito baixo; md: médio.

APÊNDICE E - Parâmetros fitossociológicos e diâmetro de copa das espécies arbóreas plantadas na área em restauração A1 no Parque Estadual Quarta Colônia.

Espécie	DA	FA	DoA	DR	FR	DoR	VI	VI%	H'	Diam. copa
<i>Ateleia glazioviana</i> Baill.	261.11	83.33	1.29	14.99	10.42	34.03	59.44	19.81	0.28	198.24
<i>Psidium cattleianum</i> L.	408.33	100.00	0.32	23.44	12.50	8.34	44.29	14.76	0.34	102.95
<i>Inga vera</i> Willd.	152.78	66.67	0.97	8.77	8.33	25.66	42.77	14.26	0.21	197.76
<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	233.33	72.22	0.55	13.40	9.03	14.56	36.98	12.33	0.27	161.44
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	211.11	61.11	0.07	12.12	7.64	1.87	21.63	7.21	0.26	23.06
<i>Parapiptadenia rigida</i> (Benth.) Brenan	141.67	72.22	0.16	8.13	9.03	4.31	21.48	7.16	0.20	43.08
<i>Pinus elliotti</i> Engelm	47.22	38.89	0.20	2.71	4.86	5.38	12.95	4.32	0.10	20.60
<i>Ficus luschnathiana</i> (Miq.) Miq.	58.33	50.00	0.02	3.35	6.25	0.46	10.06	3.35	0.11	2.41
<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	50.00	50.00	0.02	2.87	6.25	0.60	9.72	3.24	0.10	9.31
<i>Pelthoforum dubium</i> Sprengel.	50.00	50.00	0.01	2.87	6.25	0.36	9.48	3.16	0.10	3.05
<i>Escallonia bifida</i> Link & Otto	27.78	22.22	0.13	1.59	2.78	3.49	7.86	2.62	0.07	11.51
<i>Vitex megapotamica</i> (Sreng.) Moldenke	25.00	38.89	0.01	1.44	4.86	0.20	6.49	2.16	0.06	2.19
<i>Pittosporum undulatum</i> Vent.	30.56	33.33	0.01	1.75	4.17	0.30	6.22	2.07	0.07	4.05
<i>Psidium guajava</i> L.	16.67	16.67	0.00	0.96	2.08	0.11	3.15	1.05	0.04	2.08
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	11.11	16.67	0.00	0.64	2.08	0.04	2.76	0.92	0.03	0.77
<i>Ocotea puberula</i> (Rich.)	8.33	11.11	0.00	0.48	1.39	0.07	1.94	0.65	0.03	2.64
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	2.78	5.56	0.01	0.16	0.69	0.17	1.02	0.34	0.01	0.94
<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	2.78	5.56	0.00	0.16	0.69	0.03	0.88	0.29	0.01	0.95
<i>Eugenia uniflora</i> L.	2.78	5.56	0.00	0.16	0.69	0.02	0.87	0.29	0.01	0.04
Total	1741.67	800.00	3.79	100.00	100.00	100.00	300.00	100.00	2.31	787.08

DA= densidade absoluta; FA= frequência absoluta; DoA= dominância absoluta; DR= densidade relativa; FR=frequência relativa; DoR= dominância relativa; VI= valor de importância; VI%=valor de importância percentual; H'=diversidade de Shannon; Diam=diâmetro de copa.

APÊNDICE F - Parâmetros fitossociológicos e diâmetro de copa das espécies arbóreas plantadas na área em restauração A2 no Parque Estadual Quarta Colônia.

(continua)

Espécies	DA	FA	DoA	FR	DR	DoR	IV	IV%	H'	diam copa
<i>Allophylus edulis</i>	5.555556	5.555556	0.008842	1.5625	1.869159	0.207023	3.638682	1.212894	0.074387	0.621402
<i>Annona rugulosa</i>	2.777778	5.555556	0.004974	1.5625	0.93458	0.11645	2.61353	0.871177	0.043671	0.373919
<i>Araucaria angustifolia</i>	2.777778	5.555556	0.027079	1.5625	0.93458	0.634007	3.131087	1.043696	0.043671	0.456624
<i>Baccharis sp</i>	2.777778	5.555556	0.141475	1.5625	0.93458	3.312366	5.809445	1.936482	0.043671	1.25182
<i>Butia eriospatha</i>	2.777778	5.555556	0.840558	1.5625	0.93458	19.68011	22.17719	7.392396	0.043671	1.130946
<i>Cabralea canjerana</i>	8.333333	5.555556	0.15812	1.5625	2.803739	3.702086	8.068324	2.689441	0.100212	9.901666
<i>Caliandra brevipes</i>	11.11111	22.22222	0.014452	6.249999	3.738318	0.338367	10.32668	3.442228	0.122861	4.814
<i>Campomanesia guazumifolia</i>	2.777778	5.555556	0.002675	1.5625	0.93458	0.062624	2.559704	0.853235	0.043671	0.608197
<i>Citrus sp</i>	8.333333	5.555556	0.11402	1.5625	2.803739	2.66956	7.035798	2.345266	0.100212	7.21567
<i>Cordia americana</i>	2.777778	5.555556	0.001083	1.5625	0.93458	0.02536	2.52244	0.840813	0.043671	0.177201
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	38.88889	50	1.038804	14.0625	13.08411	24.32169	51.4683	17.1561	0.266101	89.32611
<i>Eriobotrya japonica</i>	2.777778	5.555556	0.050931	1.5625	0.93458	1.192452	3.689531	1.229844	0.043671	1.539343
<i>Ficus Luschnathiana</i>	2.777778	5.555556	0.713565	1.5625	0.93458	16.7068	19.20388	6.401294	0.043671	17.34902
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	2.777778	5.555556	0.044763	1.5625	0.93458	1.048053	3.545132	1.181711	0.043671	6.650668
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	2.777778	5.555556	0.001415	1.5625	0.93458	0.033124	2.530203	0.843401	0.043671	0.636157
<i>Inga vera</i>	11.11111	5.555556	0.032407	1.5625	3.738318	0.758739	6.059557	2.019852	0.122861	10.6938
<i>Ligustrum lucidum</i>	16.66667	16.66667	0.114926	4.687499	5.607477	2.690779	12.98576	4.328585	0.161555	14.50415
<i>Luehea divaricata</i>	8.333333	11.11111	0.00761	3.125	2.803739	0.178169	6.106907	2.035636	0.100212	1.073274
<i>Parapaipadenia rigida</i>	55.55556	38.88889	0.078762	10.9375	18.69159	1.844056	31.47314	10.49105	0.313476	25.58009
<i>Peltophorum dubium</i>	13.88889	27.77778	0.020094	7.812499	4.672898	0.470459	12.95586	4.318619	0.143149	1.150624
<i>Pinus elliottii</i>	36.11111	22.22222	0.233588	6.249999	12.14953	5.469026	23.86856	7.956186	0.256098	10.87445
<i>Prunus myrtifolia</i>	2.777778	5.555556	0.007162	1.5625	0.93458	0.167689	2.664768	0.888256	0.043671	2.138194
<i>Psidium cattleyanum</i>	11.11111	16.66667	0.07182	4.687499	3.738318	1.681543	10.10736	3.36912	0.122861	13.46415
<i>Salix umboldtianna</i>	2.777778	5.555556	0.074363	1.5625	0.93458	1.741062	4.238141	1.412714	0.043671	7.917111

APÊNDICE G - Parâmetros fitossociológicos e diâmetro de copa das espécies arbóreas plantadas na área em restauração A2 no Parque Estadual Quarta Colônia.

(conclusão)

Espécies	DA	FA	DoA	FR	DR	DoR	IV	IV%	H'	diam copa
<i>Schinus terebinthifolius</i>	13.88889	22.22222	0.012423	6.249999	4.672898	0.290867	11.21376	3.737921	0.143149	2.946418
<i>Solanum maritimum</i>	5.555556	5.555556	0.009572	1.5625	1.869159	0.224102	3.655761	1.218587	0.074387	2.705915
<i>Strychnus brasiliensis</i>	2.777778	5.555556	0.003183	1.5625	0.93458	0.074528	2.571608	0.857203	0.043671	0.577494
<i>Syzygium cumini</i>	8.333333	11.11111	0.422346	3.125	2.803739	9.888446	15.81718	5.272395	0.100212	17.04575
<i>Trema micrantha</i>	8.333333	16.66667	0.020094	4.687499	2.803739	0.470459	7.961697	2.653899	0.100212	0.177201
Total geral	297.2222	355.5556	4.271102	99.99999	100	100	300	100	2.86967	252.9014

DA= densidade absoluta; FA= frequência absoluta; DoA= dominância absoluta; DR= densidade relativa; FR=frequência relativa; DoR= dominância relativa; VI= valor de importância; VI%=valor de importância percentual; H'=diversidade de Shannon; Diam=diâmetro de copa.

APÊNDICE H - Parâmetros fitossociológicos da regeneração da área em restauração A1 no Parque Estadual Quarta Colônia.

Espécies	DA	FA	DR	FR	H'
<i>Allophylus edulis</i>	1250	33.33333	5.357144	9.374999	0.15679
<i>Casearia sylvestris</i>	555.5556	22.22222	2.380953	6.249999	0.088992
<i>Cedrela fissilis</i>	277.7778	11.11111	1.190476	3.125	0.052748
<i>Cupania vernalis</i>	833.3333	16.66667	3.571429	4.687499	0.119007
<i>Escallonia bifida</i>	277.7778	11.11111	1.190476	3.125	0.052748
<i>Eugenia uniflora</i>	138.8889	5.555556	0.595238	1.5625	0.0305
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	138.8889	5.555556	0.595238	1.5625	0.0305
<i>Hovenia dulcis</i>	2916.667	16.66667	12.5	4.687499	0.25993
<i>Inga vera</i>	1805.556	27.77778	7.738096	7.812499	0.198019
<i>Ligustrum lucidum</i>	277.7778	5.555556	1.190476	1.5625	0.052748
<i>Luehea divaricata</i>	138.8889	5.555556	0.595238	1.5625	0.0305
<i>Morus nigra</i>	138.8889	5.555556	0.595238	1.5625	0.0305
<i>Myrsine umbellata</i>	972.2222	16.66667	4.166667	4.687499	0.132419
<i>Nectandra lanceolata</i>	138.8889	5.555556	0.595238	1.5625	0.0305
<i>Ocotea puberula</i>	1527.778	33.33333	6.54762	9.374999	0.178493
<i>Parapiptadenia rigida</i>	138.8889	5.555556	0.595238	1.5625	0.0305
<i>Peltophorum dubium</i>	138.8889	5.555556	0.595238	1.5625	0.0305
<i>Pittosporum undulatum</i>	277.7778	5.555556	1.190476	1.5625	0.052748
<i>Psidium guajava</i>	1944.444	38.88889	8.333335	10.9375	0.207076
<i>Schinus terebinthifolius</i>	8750	61.11111	37.50001	17.1875	0.367811
<i>Tecoma stans</i>	694.4444	16.66667	2.976191	4.687499	0.104599
Total	23333.33	355.5556	100	99.99999	2.237625

DA= densidade absoluta; FA= frequência absoluta; DR= densidade relativa; FR=frequência relativa; H'=diversidade de Shannon.

APÊNDICE I - Parâmetros fitossociológicos da regeneração da área em restauração A2 no Parque Estadual Quarta Colônia.

Espécies	DA	FA	DR	FR	H'
<i>Allophylus edulis</i>	694.444	11.1111	6.09756	5.71429	0.17057
<i>Caliandra brevipes</i>	1805.56	33.3333	15.8537	17.1429	0.29199
<i>Cordia ecalyculata</i>	833.333	5.55556	7.31707	2.85714	0.19134
<i>Cupania vernalis</i>	416.667	5.55556	3.65854	2.85714	0.12103
<i>Eugenia uniflora</i>	277.778	11.1111	2.43902	5.71429	0.09057
<i>Ligustrum lucidum</i>	277.778	11.1111	2.43902	5.71429	0.09057
<i>Luehea divaricata</i>	277.778	11.1111	2.43902	5.71429	0.09057
<i>Myrcianthes pungens</i>	138.889	5.55556	1.21951	2.85714	0.05374
<i>Myrsine umbellata</i>	416.667	5.55556	3.65854	2.85714	0.12103
<i>Peltophorum dubium</i>	277.778	11.1111	2.43902	5.71429	0.09057
<i>Pinus elliottii</i>	694.444	11.1111	6.09756	5.71429	0.17057
<i>Psidium guajava</i>	3333.33	44.4444	29.2683	22.8571	0.35961
<i>Schinus terebinthifolius</i>	138.889	5.55556	1.21951	2.85714	0.05374
<i>Syzygium cumini</i>	1388.89	11.1111	12.1951	5.71429	0.2566
<i>Tecoma stans</i>	138.889	5.55556	1.21951	2.85714	0.05374
<i>Trichilia claussoni</i>	277.778	5.55556	2.43902	2.85714	0.09057
Total	11388.9	194.444	100	100	2.29682

DA= densidade absoluta; FA= frequência absoluta; DR= densidade relativa; FR=frequência relativa; H'=diversidade de Shannon.

APÊNDICE J - Valores das atividades enzimáticas de amidase, urease, fosfatase, arilsulfatase nas áreas em processo de restauração (A1 e A2) e área de referência (floresta) em diferentes profundidades 0-5 cm e 5-20 cm.

	Amidase	Urease	Fosfatase	Arilsulfatase
0-5 cm				
Floresta	764,34 ^{a*}	127,59 ^{a*}	564,80 ^{a*}	154,16 ^{a*}
A1	252,29 ^{bc}	44,97 ^b	289,52 ^{bc}	42,61 ^c
A2	213,00 ^c	79,98 ^{bc}	206,82 ^c	58,77 ^{bc}
CV (%)	19.16	29.24	24.73	34.13
5-20 cm				
Floresta	542,46 ^{a*}	49,21 ^{ab}	349,08 ^a	74,91 ^a
A1	215,91 ^{bc}	15,85 ^b	195,24 ^{ab}	25,30 ^b
A2	108,01 ^c	41,39 ^{ab}	99,34 ^b	34,65 ^{ab}
CV (%)	16.8	51.59	33.58	41.56

* Tukey ($p \leq 0,05$)

ANEXOS

ANEXO A - Vistas do Parque Estadual Quarta Colônia, RS.



ANEXO B - Vistas parciais do trecho de Floresta Estacional Subtropical amostrado no Parque Estadual Quarta Colônia, RS, Brasil.



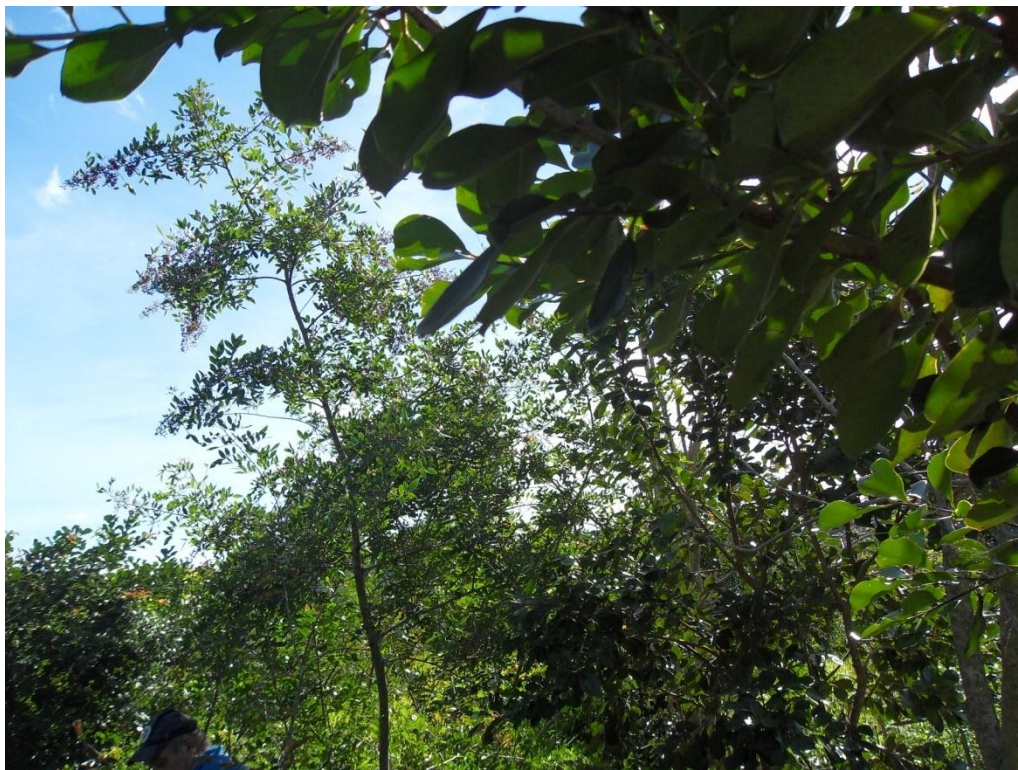
ANEXO C - Vista da A1, área em processo de restauração, aos sete anos de implantação.



ANEXO D - Vistas da área degradada A1, com presença de espécies exóticas, como *Pinus* sp. e gramíneas invasoras.



ANEXO E - Vista da A1 em processo de restauração, com a copa das árvores fechadas em grande parte da área.



ANEXO F - Fenologia de floração e frutificação das espécies presentes na A1, *Escallonia bifida* Link & Otto e *Schinus terebinthifolius* Raddi, respectivamente.



ANEXO G - Vistas da área em processo de restauração A2.



ANEXO H - Presença de espécies invasoras na A2, gramíneas e arbóreas exóticas, respectivamente.



ANEXO I - Vista da área de implantação do experimento de restauração.



ANEXO J - Preparo da área para os tratamentos do experimento de restauração, escarificação.



ANEXO K - Plantio de mudas de trezes espécies florestais conforme experimento.



ANEXO L - Estaqueamento das mudas nos respectivos tratamentos do experimento.

