

**INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE**  
**Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação**  
**Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente**



**Dissertação**

**DESEMPENHO INICIAL DE MODELOS DE RECUPERAÇÃO FLORESTAL EM ÁREAS DE  
PRESERVAÇÃO PERMANENTES DE CURSOS D'ÁGUA**

**Karine Rosilene Holler**

**Araquari, 2023**

**Karine Rosilene Holler**

**DESEMPENHO INICIAL DE MODELOS DE RECUPERAÇÃO FLORESTAL EM ÁREAS DE  
PRESERVAÇÃO PERMANENTES DE CURSOS D'ÁGUA**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Tecnologia e Ambiente do Instituto Federal Catarinense, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área de concentração: Ciências Ambientais).

**Orientador: Fabrício Moreira Sobreira**

**Araquari, 2023**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática do ICMC/USP, cedido ao IFC e  
adaptado pela CTI - Araquari e pelas bibliotecas do Campus de Araquari e Concórdia.

H722d Holler, Karine Rosilene  
Desempenho inicial de modelos de recuperação  
florestal em Áreas de Preservação Permanentes de  
cursos d'água / Karine Rosilene Holler; orientador  
Fabrício Moreira Sobreira. -- Araquari, 2023.  
72 p.

Dissertação (mestrado) - Instituto Federal  
Catarinense, campus Araquari, , Araquari, 2023.

Inclui referências.

1. fertilizante de liberação lenta. 2. recuperação  
florestal. 3. técnicas de restauração. 4. crescimento  
inicial. I. Sobreira, Fabrício Moreira. II. Instituto  
Federal Catarinense. . III. Título.

**Karine Rosilene Holler**

**DESEMPENHO INICIAL DE MODELOS DE RECUPERAÇÃO FLORESTAL EM ÁREAS DE  
PRESERVAÇÃO PERMANENTES DE CURSOS D'ÁGUA**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense.

**Data da Defesa: 04/05/2023**

**Banca examinadora:**

**Prof. Dr. Fabrício Moreira Sobreira (Orientador)**

Doutor em Fitotecnia pela Universidade Federal de Viçosa  
Instituto Federal Catarinense

**Prof. Dr. Fernando Prates Bisso**

Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria  
Instituto Federal Catarinense

**Dr. Stephan Hörbinger**

Doutor em Recursos Naturais e Ciências da Vida  
*University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna - Institute of Soil Bioengineering  
and Landscape Construction (IBLB)*



**DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS - CAMPUS ARAQUARI Nº 14/2023 - CCPGTA (11.01.02.31)**

**(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)**

**(Assinado digitalmente em 02/04/2024 14:20)**

**DANIEL DA ROSA FARIAS**  
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO  
CPGTAM/ARA (11.01.02.37)  
Matricula: ###560#2

**(Assinado digitalmente em 28/03/2024 14:46)**

**FABRÍCIO MOREIRA SOBREIRA**  
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO  
CGES/ARA (11.01.02.39)  
Matricula: ###774#6

Visualize o documento original em <https://sig.ifc.edu.br/documentos/> informando seu número: **14**, ano: **2023**, tipo:  
**DOCUMENTOS COMPROBATÓRIOS - CAMPUS ARAQUARI**, data de emissão: **28/03/2024** e o código de  
verificação: **833f63f5f3**

**Dedico à todas e todos que trabalham, lutam e se dedicam incansavelmente pela  
conservação e restauração da nossa Mata Atlântica.**

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e do amor pela natureza e nas forças pela busca de um mundo melhor.

Ao meu pai que sempre me incentivou nos estudos e me auxiliou demais na implantação do experimento.

Aos meus amigos e colegas que me auxiliaram bastante em todo o trabalho: Djeniffer, Felipe, Everton, Lineu, Sérgio, Tainá, Anderson. Aos colegas da Amvali pelo apoio na realização do mestrado e ao tio Renato que cedeu parte do seu terreno para a pesquisa.

Ao Prof. Uberson pelo meu aceite no mestrado e toda a sua orientação.

Ao Prof. Fabrício, que me acolheu na orientação de uma forma tão generosa, com toda sua paciência e dedicação.

À toda equipe do PGTA do IFC, docentes e secretaria pelo aprendizado adquirido e trocado e na confiança depositada.

E por fim, a todos e todas que me auxiliaram de alguma forma nessa caminhada, minha eterna gratidão!

*A Natureza fez tudo a nosso favor, nós, porém pouco ou nada temos feito a favor da Natureza (José Bonifácio de Andrada e Silva, 1825).*

## Resumo

HOLLER, Karine Rosilene. **Desempenho inicial de modelos de recuperação florestal em Áreas de Preservação Permanentes de cursos d'água**. 2023. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense, Araquari, 2023.

Este trabalho teve como objetivo analisar o desempenho inicial de modelos de recuperação florestal em Áreas de Preservação Permanentes de cursos d'água de uma pequena propriedade rural em São Bento do Sul-SC, considerando ainda o efeito de doses de Fertilizante de Liberação Lenta (FLL) NPK 15-8-12 (+2) em espécies nativas. O delineamento experimental dos modelos de recuperação foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e três repetições. Os cinco tratamentos foram: (RE-PAS) restauração passiva (controle); (PL+POL) plantio de mudas de árvores nativas sem fertilizantes e implantação de um poleiro; (PL+SER) plantio de mudas de árvores nativas com 40g FLL.cova<sup>-1</sup> e transposição de serrapilheira advindos de um remanescente florestal próximo; (PL+GAL) plantio de mudas de árvores nativas com 80g FLL.cova<sup>-1</sup> e transposição de galharias e (PL-MUD) plantio de mudas de árvores nativas com 120g FLL.cova<sup>-1</sup>. O efeito das doses de FLL foi estudado em esquema de parcela subdividida, com o fator doses na parcela e as espécies na subparcela. As espécies arbóreas foram: *Alchornea glandulosa* (tanheiro), *Inga marginata* (ingá-feijão), *Handroanthus albus* (ipê amarelo), *Campomanesia xanthocarpa* (guabiroba), *Allophylus edulis* (chal-chal) e *Ocotea puberula* (canela-guaicá). Após 24 meses de implantação do experimento foram avaliadas as variáveis biométricas e alguns parâmetros fitossociológicos. Nas condições do estudo, o desenvolvimento das espécies plantadas foi semelhante com ou sem o uso do Fertilizante de Liberação Lenta. Foram registrados 445 indivíduos lenhosos, pertencentes a 31 espécies, 29 gêneros e 18 famílias botânicas. Destas espécies, 29 são arbóreas e 2 são arbustivas, resultando em 80,64% das espécies se estabeleceram a partir da regeneração natural. O abandono da área (RE-PAS) não foi ecologicamente eficiente, visto que diferiu dos demais tratamentos apresentando uma baixa riqueza, determinado pela dominância em campo das plantas daninhas, dificultando o estabelecimento de espécies florestais. A utilização do modelo conjugado de técnicas de nucleação (poleiros, transposição de solo) com o plantio de mudas de árvores nativas é eficiente, proporcionando alta diversidade de espécies, maior riqueza, formação de fina camada de serrapilheira (matéria orgânica e folhas secas).

**Palavras-chave:** fertilizante de liberação lenta; crescimento inicial; recuperação florestal; matas ciliares; técnicas de restauração.

**Objetivos do Desenvolvimento Sustentável alcançados (ODS):** ODS 4; ODS 13; ODS 15

## Abstract

HOLLER, Karine Rosilene. **Initial performance of models of forest recovery in hydric areas of permanent preservation.** 2023. 72 f. Dissertation (Master degree in Science) - Curso de Pós-Graduação em Tecnologia e Ambiente, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Instituto Federal Catarinense, Araquari, 2023.

This work aimed to analyze the initial performance of forest restoration models in hydric areas of permanent preservation of a small rural property in São Bento do Sul-SC, also considering the effect of slow release fertilizer (FLL) NPK 15-8-12 (+2) doses on native species. The experimental design of the restoration models was in randomized blocks with five treatments and three replications. The five treatments were: (RE-PAS). Passive restoration (control); (PL+POL) Planting seedlings of native trees without fertilizers and implantation of a perch; (PL+SER) Planting of native tree seedlings with 40g FLL/hole and transposition of litter from a nearby forest remnant; (PL+GAL) Planting of native tree seedlings with 80g FLL/hole and transposition of branches and (PL-MUD) Planting of native tree seedlings with 120g FLL/hole. The effect of FLL doses was studied in a split-plot scheme, with the dose factor in the plot and the species in the subplot. The tree species were: *Alchornea glandulosa* (tanheiro), *Inga marginata* (inga), *Handroanthus albus* (yellow ipe), *Campomanesia xanthocarpa* (guabiroba), *Allophylus edulis* (chal-chal) and *Ocotea puberula* (cinnamon-guaica). After 24 months of implementation of the experiment, the biometric variables and some phytosociological parameters were evaluated. Under the conditions of the study, the FLL fertilizer did not provide superior development of the native species implanted by seedlings. A total of 445 woody individuals were registered, belonging to 31 species, 29 genera and 18 botanical families. Of these species, 29 are arboreal and 2 are shrubby, resulting in 80.64% of the species being established from natural regeneration. The abandonment of the area (RE-PAS) was not ecologically efficient, since it differed from the other treatments presenting a low richness, determined by the dominance of weeds in the field, making it difficult to establish forest species. The use of the combined model of nucleation techniques (perches, soil transposition) with the planting of tree seedlings is very efficient, providing high diversity of species, greater richness, formation of a thin layer of litter (organic matter and dry leaves).

**Keywords** slow release fertilizer; initial growth; forest recovery; riparian forests; tropical forest restoration

**Sustainable Development Goals achieved:** SDG 4; SDG 13; SDG 15

### Lista de Figuras

Figura 1 – Mapa da localização da propriedade do estudo.	16
Figura 2 - Plantio das mudas e aplicação do FLL em quatro pontos ao redor da muda.	19
Figura 3 – Climograma de temperatura e precipitação mensal na região entre 2019 e 2021.	20
Figura 4 – Gráfico da altura de planta das espécies sob efeito das doses de FLL.	23
Figura 5 – Gráfico do diâmetro do colo das espécies sob efeito das doses de FLL.	24
Figura 6 – Gráfico do diâmetro de copa das espécies sob efeito das doses de FLL aos 24 meses do plantio.	25
Figura 7 – Gráfico da altura das espécies dentro de cada dose de FLL.	26
Figura 8 – Gráfico do diâmetro de colo das espécies dentro de cada dose de FLL aos 24 meses após o plantio.	27
Figura 9 – Gráfico do diâmetro de copa das espécies dentro de cada dose de FLL.	27
Figura 10 – Mapa da localização da área de pesquisa.	32
Figura 11 – Climograma de temperatura e precipitação mensal na região de nov. de 2019 a nov. de 2021.	34
Figura 12 - Implantação das UAs: (a) corte das bananeiras; (b) recuperação passiva-controle; (c) plantio das mudas florestais; (d) poleiro; (e) enleiramento e; (f) transição da serrapilheira.	38
Figura 13 - Recuperação passiva (controle) aos 24 meses de pesquisa (RE-PAS).	43
Figura 14 - Plantio das mudas florestais e resultados do poleiro (PL+POL).	43
Figura 15 – Plantio das mudas florestais e transposição de serrapilheira (PL+SER).	43
Figura 16 - Plantio das mudas florestais e enleiramento (PL+GAL).	44
Figura 17 - Plantio das mudas florestais (PL-MUD).	44
Figura 18 - Gráfico da análise estatística da Riqueza	46
Figura 19 – Gráfico da Estatística do Índice de Shannon	47
Figura 20 – Gráfico dos Resultados da Abundância	49
Figura 21 – Gráfico dos resultados do Índice de Equabilidade de Pielou	50
Figura 22 - Palmitreiro adjacente à UA (A) e regeneração no solo (B)	51

Figura 23. Ortofotos do processo em recuperação da área 1	52
Figura 24. Ortofotos do processo em recuperação da área 1	52
Figura 25 – Ninhos de pássaros na canela-guaicá e no tanheiro.	53
Figura 26 – Calango papa-vento encontrado na UA.	53

### Lista de Tabelas

Tabela 1 - Espécies arbóreas nativas plantadas	18
Tabela 2 - Taxa de sobrevivência das mudas plantadas	20
Tabela 3 - Quadrado médio e significância pelo teste F das fontes de variação	22
Tabela 4 - Composição dos diferentes tratamentos	35
Tabela 5 - Espécies plantadas	36
Tabela 6 - Resumo dos grupos ecológicos e síndrome de dispersão	41
Tabela 7 - RE-PAS	61
Tabela 8 - PL+POL	62
Tabela 9 - PL+SER	63
Tabela 10 - PL+GAL	64
Tabela 11 - PL-MUD	65

### Lista de Abreviaturas e Siglas

APP	Área de Preservação Permanente
CV	Coefficiente de variação
DA	Densidade Absoluta
DR	Densidade Relativa
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
FA	Frequência Absoluta
FR	Frequência Relativa
FLL	Fertilizante de Liberação Lenta
ha	Hectares
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Industrial
IVI	Índice de Valor de Importância
m	Metros
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
mm	Milímetros
n	Número de indivíduos
SC	Santa Catarina
UA	Unidade amostral
VI	Valor de Importância

## SUMÁRIO

1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E ESTADO DA ARTE	9
2	OBJETIVOS	13
2.1	Geral	13
2.2	Específicos	13
3	DESENVOLVIMENTO INICIAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS EM ÁREA DE MATA CILIAR SOB DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO LENTA NA ADUBAÇÃO DE PLANTIO	14
3.1	Introdução	14
3.2	Material e Métodos	16
3.2.1	Caracterização da área experimental	16
3.2.2	Contextualização da área de recuperação	17
3.2.3	Desenho experimental e análise estatística	17
3.3	Resultados e Discussão	19
3.3.1	Monitoramento meteorológico	19
3.3.2	Sobrevivência das mudas	20
3.3.3	Avaliação das dosagens de FLL nas espécies florestais nativas	22
3.4	Conclusão	28
4	DESEMPENHO ECOLÓGICO INICIAL DE MODELOS DE RECUPERAÇÃO FLORESTAL EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES DE CURSO D'ÁGUA NA REGIÃO NORDESTE DE SANTA CATARINA	29
4.1	Introdução	29
4.2	Materiais e Métodos	31
4.2.1	Caracterização da área experimental	31
4.2.2	Contextualização da área de recuperação	32
4.2.3	Precipitação e temperatura média	33
4.2.4	Desenho experimental e análise estatística	34
4.2.5	Parâmetros fitossociológicos avaliados	39
4.3	Resultados e Discussão	40
4.3.1	Análise da composição florística	40

4.3.2	Avaliação fitossociológica e ecológica	44
4.3.3	Conclusões	53
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
6	REFERÊNCIAS	56
7	APÊNDICE E ANEXOS	60
7.1	Análise do solo da área do experimento	60
7.2	Resumo por tratamento dos parâmetros fitossociológicos	61

## 1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E ESTADO DA ARTE

O desmatamento e a degradação dos recursos naturais são uma realidade global que iniciou nos países há séculos conforme seu nível de escala, tempo, colonização e principalmente relacionados com as revoluções industriais (MARQUES, 2022). O Brasil e seu território com suas dimensões continentais e seus diferentes biomas e ecossistemas, como a Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado, Pantanal, Caatinga e o Pampa, abundantes de recursos naturais e sua rica biodiversidade, como a Mata Atlântica, sofrem pela degradação e diminuição da cobertura vegetal desde a época da colonização do país.

A falta de planejamento e principalmente a falta de compromisso e cuidado com a terra e os recursos naturais era uma característica do período colonial brasileiro. O contexto de abundância e a aparente inesgotabilidade das fontes naturais e a ignorância científica aliados com a motivação de ganho imediato, caracterizavam a expansão agrícola colonial. As práticas rudimentares e degradadoras como o uso do fogo, já eram questionáveis por alguns pois já havia indícios de problemas ambientais na época (MORAES, 2014).

A degradação do solo e o desmatamento se deu principalmente pela utilização do solo na agricultura, pastagem, mineração, exploração madeireira e expansão urbana das cidades, e ainda os incêndios contribuem com a redução dos tamanhos das florestas em todo o mundo (ARRAES *et al.*, 2012).

Regiões de Santa Catarina como o Vale do Itapocu e o Vale do Itajaí, localizados na Vertente Atlântica, em que sua colonização europeia em meados do século 19 se deu através dos rios, ocupando inicialmente as terras mais baixas, as áreas de várzeas nas margens dos rios onde havia água e terras férteis para a agricultura assim ocasionando uma grande pressão nos recursos naturais, como a supressão da vegetação natural nas margens dos cursos d'água e nascentes (STEINBACH; TOMASELLI, 2014).

Porém as florestas foram constatadas como um “bem de interesse comum a todos os habitantes do país” em 23 de janeiro de 1934 com a aprovação do primeiro Código Florestal Brasileiro, através do Decreto nº 23.793/34 que classificou pela primeira vez

o país as florestas naturais como protetoras com o fim de conservar o regime das águas (BRASIL, 1934).

Entre as décadas de 50 e 60, faltava conhecimento sobre os solos tropicais, escassez de tecnologia e pouca pesquisa na agricultura, o que resultava em baixo rendimento e pouca produção de alimentos no país, ocasionando extensas áreas desmatadas e muitos impactos ambientais pela falta de práticas adequadas e as áreas naturais precisavam dar lugar às lavouras e pastagens. O abastecimento interno de alimentos provinha principalmente de importações (EMBRAPA, 2018).

A baixa produção e produtividade aliada aos processos de industrialização, urbanização e as políticas da ditadura (MARQUES, 2022) no país a partir da década de 70, fizeram com o que governo instituísse políticas de expansão agrícola com o intuito de garantir segurança alimentar no país e reduzir os preços dos alimentos (EMBRAPA, 2018). Atualmente, além de prover parte expressiva do abastecimento interno, o Brasil está entre os maiores exportadores de alimentos do mundo, exportando principalmente para a Ásia e União Europeia produtos como soja, milho, carnes e produtos florestais, como a celulose (CONAB, 2022). Contudo, este aumento expressivo de produção e produtividade traz em consequência maior pressão sobre os recursos naturais, incluindo a degradação das florestas nativas. Programas com incentivos de migração para a região Amazônica, concessão de crédito com taxas de juros negativas e benefícios fiscais atraentes para empresários são exemplos das políticas de expansão agrícola (ARRAES *et al.*, 2012).

Ao mesmo tempo em que ocorriam as políticas de expansão agrícola, em 1965 houve a aprovação do chamado “Novo Código Florestal Brasileiro”, a Lei nº 4.771, que considerava as florestas bens de interesse comum e limitava o uso da propriedade rural, com a premissa que a proteção ambiental acarretaria a manutenção das atividades agropecuárias e garantiria melhor produção (RORIZ; FEARNSSIDE, 2015). Esta Lei trouxe a definição das Áreas de Preservação Permanentes, as quais as definiram como as “florestas e demais formas de vegetação natural situadas nas margens ao longo dos rios ou de outro qualquer curso d’água em diferentes metragens; ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d’água naturais ou artificiais; nas nascentes; no topo de morros, montes, montanhas e serras; nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive; nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues; nas bordas dos

tabuleiros ou chapadas; em altitudes superiores a 1.800 metros, nos campos naturais ou artificiais” (BRASIL, 1965).

Outro dispositivo que a Lei trouxe para preservação da vegetação nativa nas propriedades rurais foi a Reserva Legal, com diferentes porcentagens mínimas de preservação conforme o bioma. Roriz e Fearnside (2015) citam que a lei foi de suma importância para manutenção e integridade dos biomas, porém apresentou-se ineficiente o seu cumprimento principalmente pela falta de incentivo econômico, a pouca fiscalização, fragilidade institucional e a morosidade da justiça.

Após os problemas e danos causados pelas grandes enchentes de 1983 e 1984 que devastaram o Vale do Itajaí em Santa Catarina e segundo Bohn (1990), pela preocupação do legislador em estabelecer parâmetros mais rígidos em razão do agravamento da problemática ambiental advinda do desmatamento das Áreas de Preservação Permanentes, como erosão do solo, diminuição do abastecimento do lençol freático, rápido escoamento superficial da precipitação, favorecendo a ocorrência de enchentes e trombas d'água, foi aprovada a Lei nº 7.803 em 1989 com a extensão das faixas marginais das larguras mínimas das APPs em cursos d'água, com as atualmente em vigor pelo Art. 4º da Lei nº 12.651/2012: 30 metros para os cursos d'água de menos de dez metros de largura; 50 metros para os cursos d'água que tenham de dez a cinquenta metros de largura; 100 metros para os cursos d'água que tenham de cinquenta a duzentos metros de largura; 200 metros para os cursos d'água que tenham de duzentos a seiscentos metros de largura; e 500 metros para os cursos d'água que tenham largura superior a seiscentos metros.

Com a aprovação do Novo Código Florestal em 2012, houve também uma série de discussões acerca da aplicabilidade dos dispositivos da lei nos diferentes estados, biomas, regiões e principalmente nos tamanhos das propriedades, como é o caso de Santa Catarina que a maior parte das atividades rurais é realizada em pequenas propriedades de agricultura familiar, que correspondem a 87% dos estabelecimentos agropecuários no Estado (NITA, 2017). Segundo Kluck *et al.* (2011) a implementação do Código Florestal através da adequação das APPs utilizando os mínimos 30 metros de largura nas margens dos cursos d'água, principalmente nos córregos, haveria um grande impacto econômico nas pequenas propriedades rurais de bananicultura com uma perda de pelo menos 1/3 de sua área produtiva e 40% da renda líquida.

Por isso se trouxe um novo elemento na legislação federal, a área rural consolidada definida com ocupação antrópica pré-existente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris e que nas pequenas propriedades rurais possuem diferentes faixas marginais obrigatórias de recomposição das matas ciliares, que variam de 5, 8 ou 15 metros conforme o tamanho do módulo fiscal no imóvel.

As estratégias de recomposição e recuperação ambiental devem ser em curto, médio e longo prazo e dependem de diversos fatores, como o grau de degradação do local e os objetivos com a recuperação. Em curto prazo tem-se a recuperação dos solos, através da correção química e orgânica para a recomposição da fertilidade, utilização de espécies leguminosas e forrageiras. A médio prazo, Paixão (2017) cita a utilização da integração lavoura-pecuária-floresta e os sistemas agroflorestais e de longo prazo, o processo de sucessão da floresta através do abandono das áreas degradadas, que pode variar de 5 a 15 anos ou mais, até que haja a fertilidade do solo e a recomposição da floresta secundária. Assim como ocorre na restauração e recuperação das matas ciliares.

A maioria dos estudos publicados de 1993 a 2003 em recuperação de áreas degradadas, segundo o *Restoration Ecology*, são realizados na América do Norte (principalmente Estados Unidos), Austrália e Europa. Mas não são necessariamente nesses locais que possuem as áreas mais degradadas, mas sim que esses países possuem leis ambientais que são frequentemente aplicadas e recursos financeiros para conduzir pesquisas neste fim (RUIZ-JAEN; AIDE, 2005).

Dentro deste contexto se insere a problemática desta pesquisa, na qual o Brasil, incluindo a região em estudo em Santa Catarina, assume papel preponderante na produção de alimentos e conservação dos recursos naturais. O desafio está em manter ou incrementar a produção de alimentos face à demanda crescente da população mundial, num cenário que se faz necessário a recuperação das áreas já degradadas, considerando ainda o contexto das mudanças climáticas em curso e a busca pela sustentabilidade.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Analisar o desempenho de modelos de recuperação florestal em Áreas de Preservação Permanentes de cursos d'água em pequena propriedade rural anteriormente utilizadas na bananicultura, considerando ainda a aplicação de fertilizantes de liberação lenta em diferentes dosagens em espécies arbóreas nativas.

### **2.2 Específicos**

Avaliar o desenvolvimento inicial em campo de espécies arbóreas nativas com a adubação de Fertilizante de Liberação Lenta (FLL);

Analisar o estabelecimento inicial de diferentes modelos de recuperação florestal em Áreas de Preservação Permanentes de cursos d'água;

Identificar os melhores modelos de recuperação florestal passíveis de novos estudos e futuras recomendações.

### **3 DESENVOLVIMENTO INICIAL DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS EM ÁREA DE MATA CILIAR SOB DOSES DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO LENTA NA ADUBAÇÃO DE PLANTIO**

#### **3.1 Introdução**

O sucesso da recuperação das áreas degradadas está atrelado principalmente à escolha da técnica empregada e a boa execução do projeto de recuperação. O bioma Mata Atlântica e sua rica biodiversidade com inúmeras espécies florestais arbóreas nativas, como as 848 catalogadas em Santa Catarina pelo Inventário Florístico Florestal (SFB, 2018), demonstra a importância na escolha da espécie adequada para o tipo de ambiente a ser introduzida e ainda na qualidade e quantidade adequada dos insumos para um pleno crescimento, como o fertilizante mineral, evitando assim mortalidade das mudas plantadas e desperdício de recursos.

O surgimento dos Fertilizantes de Liberação Lenta (FLL) e Controlada tem sido considerado uma estratégia promissora para fertilizar as culturas e as plantas de forma mais ecológica e eficaz, principalmente pela redução da lixiviação dos nutrientes e da volatilização da amônia, melhorando o aproveitamento dos micronutrientes (GIROTO *et al.*, 2017). Os FLLs são aqueles que fornecem nutrientes para as plantas de forma gradual e contínua ao longo de um período prolongado, em vez de liberar todos os nutrientes de uma vez, permitindo um crescimento mais saudável e sustentável das plantas.

Esses fertilizantes podem ser especialmente úteis para espécies arbóreas, que requerem um suprimento constante de nutrientes para seu crescimento saudável. São projetados para se decompor lentamente, liberando os nutrientes necessários às plantas por um período de vários meses a vários anos, dependendo da formulação e do clima. Hoje em dia, existem cada vez mais variedades de fertilizantes de liberação lenta e controlada (CHEN *et al.*, 2022).

O uso do FLL na execução de projetos de recuperação ambiental ou Planos de Recuperação de Áreas Degradadas com o plantio de mudas de árvores nativas pode ser vantajoso em relação aos fertilizantes de liberação rápida na sua eficiência. Podem reduzir a

frequência de aplicação, substituindo, por exemplo, a adubação de cobertura, reduzindo assim os custos e o trabalho envolvido com o aumento do crescimento inicial das árvores, reduzindo a competição com as plantas daninhas e consequentemente manutenção com as roçadas (SILVA *et al.*, 2015). Eles também podem reduzir a probabilidade de sobrecarregar as plantas com excesso de nutrientes, o que pode levar a problemas de saúde e crescimento insuficiente. Finalmente, os FLL podem ajudar a melhorar a qualidade do solo, promovendo o crescimento de microrganismos benéficos no solo (CUNHA *et al.*, 202).

Apesar de os estudos com o uso do FLL na fase de produção de mudas de árvores já estarem consolidados, nos plantios florestais principalmente com espécies nativas, ainda são escassos. São necessários investimentos financeiros para pesquisas na determinação das melhores práticas silviculturais com diferentes formulações de FLL em uso de espécies florestais em campo (CUNHA *et al.*, 2021).

No entanto, nem todas as espécies arbóreas requerem ou se beneficiam de fertilizantes de liberação lenta, por isso é importante entender as necessidades específicas da espécie e do solo em que ela cresce. Além disso, a aplicação excessiva de qualquer tipo de fertilizante pode ter efeitos negativos para a saúde das plantas e do meio ambiente (SILVA *et al.*, 2015).

O crescimento e desenvolvimento das árvores são afetados por diferentes fatores, incluindo as características das espécies, o ambiente em que estão localizadas e sua genética. As influências ambientais englobam fatores meteorológicos, pedológicos, características topográficas e competição com outras espécies. Portanto, é desejável introduzir espécies que apresentem alta taxa de crescimento, grande capacidade de resistência, produção elevada de matéria orgânica e rápida cobertura do solo. Essas características facilitam o estabelecimento de outras espécies vegetais durante o processo sucessional (ZANGALLI *et al.*, 2022).

Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial de espécies florestais nativas em área de mata ciliar com o uso de Fertilizante de Liberação Lenta (FLL) em diferentes dosagens na adubação de plantio.

## 3.2 Material e Métodos

### 3.2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em uma pequena propriedade rural no município de São Bento do Sul – SC, divisa com Corupá (26°23'35.37S e 49°14'03.26W, alt. 100 m). O clima da região é do tipo Cfa, subtropical sempre úmido na classificação de Köppen, com médias anuais de temperatura, precipitação e U.R. de 21°C, 1.900 mm e 87,5%, respectivamente. O Bioma é a Mata Atlântica e a região fitoecológica da vegetação é a Floresta Ombrófila Densa Submontana (IBGE, 2012), com relevo plano.

O solo é do tipo cambissolo háplico, de classe textural franco argiloso e franco argiloso-arenoso, não apresentando compactação. O pH em água é de 5,3 apresentando um solo com média acidez e com altos teores de matéria orgânica, além dos macronutrientes como fósforo, potássio e magnésio e os micronutrientes zinco, ferro, enxofre, manganês e cobre conforme a análise química do solo nas áreas de estudo, apresentando, portanto, um solo quimicamente fértil (MANUAL, 2016).

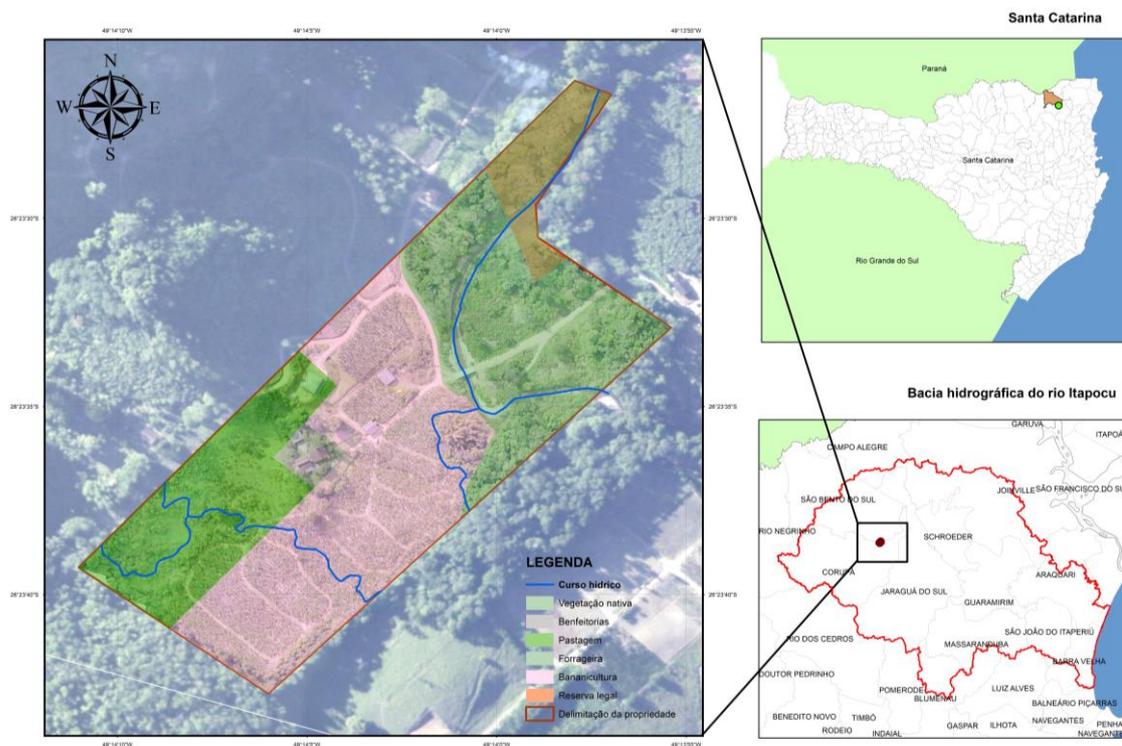


Figura 1 – Mapa da localização da propriedade do estudo.

Fonte: Elaborado pela autora

### **3.2.2 Contextualização da área de recuperação**

O desmatamento da vegetação nativa na propriedade ocorreu há aproximadamente 60 anos para a implantação de benfeitorias e lavouras de arroz sequeiro, milho e pastagem para a produção de carne e leite para fins de subsistência da família. Atualmente o uso do solo é destinado à bananicultura e pastagem e adjacente à propriedade há remanescentes de floresta secundária. A região faz parte do Selo de Indicação Geográfica da banana mais doce do Brasil, reconhecido pelo INPI em 2018.

A propriedade está inserida no extremo sul da Área de Proteção Ambiental (APA) Municipal do rio Vermelho, instituída pela Lei Municipal nº 246, de 14 de agosto de 1998, da Prefeitura Municipal de São Bento do Sul - SC. Trata-se de uma Unidade de Conservação (UC) de Uso Sustentável que visa a preservação e conservação dos recursos naturais inseridos na área e paralelamente a qualidade de vida e bem-estar da população, assim como disciplinar o processo de ocupação e buscar a sustentabilidade no uso de recursos locais. A APA abrange uma área de 23.000 ha, englobando a sub-bacia hidrográfica do rio Vermelho (SÃO BENTO DO SUL, 2011).

### **3.2.3 Desenho experimental e análise estatística**

O delineamento experimental foi em blocos casualizados sob esquema de parcela subdividida. Na parcela foram alocados os tratamentos com as diferentes doses de FLL (0, 40, 80 e 120 g de FLL por cova) e na subparcela as espécies arbóreas nativas (conforme Tabela 1). Utilizou-se dois indivíduos por espécie na subparcela, os quais também foram utilizados como subparcela útil, com três repetições.

As espécies utilizadas são nativas da região e indicadas para florestas com solos mais úmidos de matas ciliares (CARVALHO, 2003) com distintos grupos ecológicos para sucessão ecológica e de forma que tivessem espécies frutíferas e de beleza cênica.

Tabela 1 - Espécies arbóreas nativas plantadas

<b>Família</b>	<b>Espécie</b>	<b>Nome popular</b>	<b>Grupo Ecológico</b>
Bignoniaceae	<i>Handroanthus albus</i>	Ipê-amarelo	Secundária inicial
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i>	Tanheiro	Pioneira
Fabaceae	<i>Inga marginata</i>	Ingá-feijão	Pioneira
Lauraceae	<i>Ocotea puberula</i>	Canela-guaicá	Secundária inicial
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	Guabiroba	Secundária inicial
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i>	Chal-chal	Pioneira

O Fertilizante de Liberação Lenta utilizado foi o Basacote® Plus 12, de composição NPK 15-8-12 (+2), com recobrimento completo dos grânulos homogêneos por polímero elástico Poligen®. Formado por 15% nitrogênio total, 8% citrato de amônio neutro e fosfato hidrossolúvel, 12% óxido de potássio solúvel em água, 2% óxido de magnésio total, 5% enxofre total. A liberação de seus nutrientes ocorre por processo de difusão o que garante uma disponibilização de forma adequada, minimizando as perdas por lixiviação e os efeitos nocivos de salinidade. A liberação dos nutrientes é de até 12 meses.

As parcelas foram alocadas na margem esquerda de um córrego afluente do rio Braço Esquerdo, na Área de Preservação Permanente, separadas em duas áreas que distam aproximadamente 122 metros, sendo que nove parcelas ficaram na área 1 e seis na área 2. Deixou-se uma bordadura de 1 metro a partir da calha do leito normal e 1 metro e meio entre as parcelas para fins de evitar os efeitos de borda. Previamente ao plantio, as espécies exóticas invasoras (braquiária e capim-elefante) foram roçadas e as touceiras remanescentes das bananeiras removidas. Práticas silviculturais usuais foram realizadas, como controle de formiga cortadeira, roçadas e coroamento das mudas de árvores, aos 5, 9, 16 meses após a implantação. As mudas foram plantadas manualmente em espaçamento de 1,20 x 1,20 metros, as covas com 40 cm de profundidade e o coroamento de 80 cm. Com auxílio de trena e paquímetro digital foram coletadas as variáveis altura, diâmetro do colo e de copa para avaliação após 24 meses de implantação do experimento. As condições meteorológicas durante o desenvolvimento das espécies (2019 a 2021) foram monitoradas para auxiliar na discussão da pesquisa, com dados disponibilizados pela Epagri (2020) da estação meteorológica mais próxima da área da pesquisa, localizada no Guarajuva, em Corupá-SC (Estação 2399: -26,41; -49,3119).

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2019) e Statistica (HILL e LEWICKI, 2007).



Figura 2 - Plantio das mudas e aplicação do FLL em quatro pontos ao redor da muda.

### **3.3 Resultados e Discussão**

#### **3.3.1 Monitoramento meteorológico**

Na avaliação das condições meteorológicas durante o período experimental (outubro de 2019 a dezembro de 2021), a temperatura média foi de 20,18°C, sendo que a maior temperatura média mensal registrada foi de 24,23° C no mês de fevereiro de 2021 e a menor em julho do mesmo ano com 15,02°C (Figura 3). A umidade relativa para o período foi de 85%. A precipitação média anual no período foi de 1460 mm, inferior à média histórica da região (1900 mm). O ano de 2020 apresentou o mês com o maior volume de chuva no período, com 300 mm registrados apenas em dezembro. Já o mês mais seco foi em maio do mesmo ano, com apenas 17,60 mm de chuva. Tais dados são importantes para compreensão do desenvolvimento das espécies no período e comparações futuras com outros estudos que utilizem as mesmas.

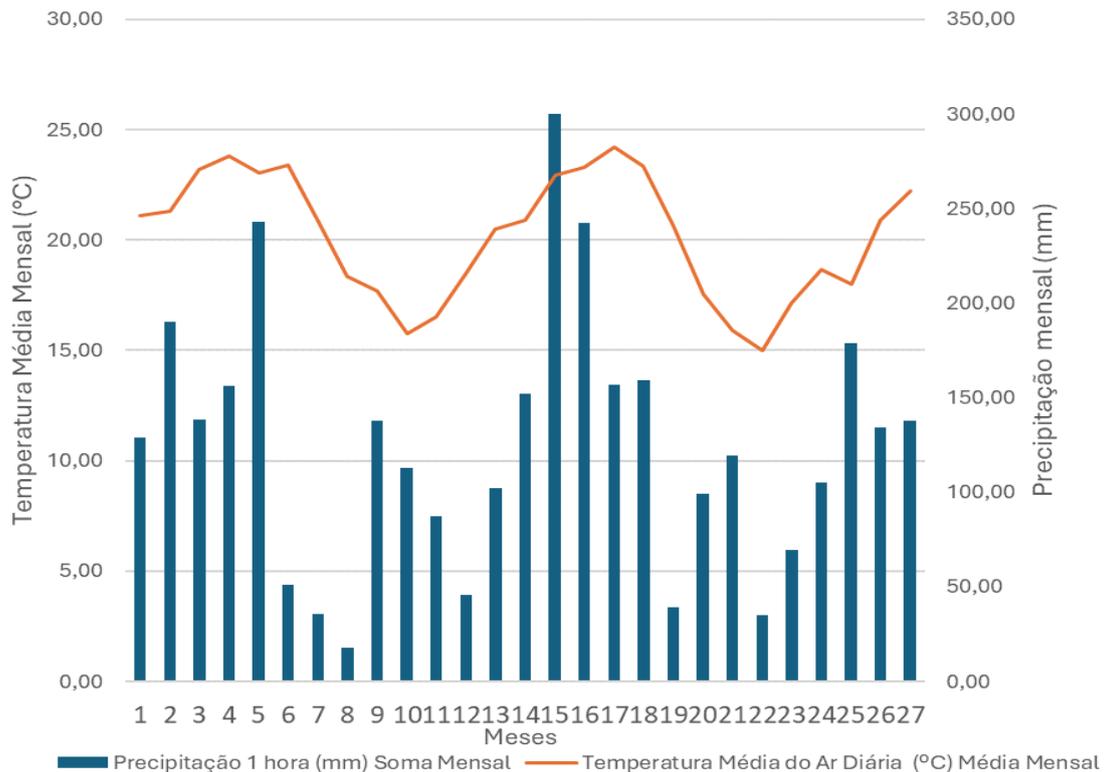


Figura 3 – Climograma de temperatura e precipitação mensal na região entre 2019 e 2021.

Fonte: Elaborado pela autora com dados da Epagri (2020).

### 3.3.2 Sobrevivência das mudas

Após 24 meses de pesquisa, o tratamento com 80 g de FLL.cova<sup>-1</sup> apresentou a maior sobrevivência das mudas com 94,45%, um elevado índice visto que em projetos de recuperação ambiental comumente é aceitável entre 5 a 10% de mortalidade das mudas em campo.

Tabela 2 - Taxa de sobrevivência das mudas plantadas

Espécies	0g	40g	80g	120g	Média/esp.
<i>Handroanthus albus</i>	100	66,67	100	100	91,67%
<i>Inga marginata</i>	100	100	100	100	100,00%
<i>Alchornea glandulosa</i>	66,67	100	100	83,33	87,50%
<i>Allophylus edulis</i>	100	83,33	100	100	95,83%
<i>Ocotea puberula</i>	83,33	50	66,67	66,67	66,67%
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	83,33	83,33	100	83,33	87,50%
Média/tratamento	88,89%	80,56%	94,45%	88,89%	

Dentre os grupos ecológicos, 70,59% das mudas mortas eram secundárias e 29,41% pioneiras, demonstrando a melhor adaptabilidade das espécies pioneiras para povoamento inicial em ambiente ciliar.

Quatro meses após o plantio das mudas em campo houve 5% de mortalidade das mudas, destas apenas a *Ocotea puberula* (canela) foi de 71,43%. Este elevado índice pode estar atrelado à elevada intensidade de luz nas áreas de recuperação, por se tratar de uma espécie semi-heliófila, ou seja, tolerante à sombra quando jovem. Outro fator observado que pode estar atrelado ao menor desenvolvimento da espécie é o baixo teor de alumínio conforme a análise química do solo, visto que a frequente ocorrência da canela é em solos com altos teores de alumínio (CARVALHO, 2003).

Analisando os dados meteorológicos, as médias mensais de chuvas nos primeiros três meses (92 dias) foi de 161 mm, porém de forma relativamente irregular quando se observa apenas os dados diários. Em 51 dias (um pouco mais da metade do período) não houve registro de precipitação e tiveram períodos secos de até 10 dias seguidos, o que pode explicar também as taxas de mortalidade. Os menores índices de precipitação iniciaram a partir do sexto mês, com média mensais de 51,40 mm, 35,60 mm e 17,60mm nos meses de março, abril de maio de 2020, respectivamente.

Fontana e Bündchen (2015) tiveram resultados parecidos com 94,15% de sobrevivência, porém após 30 dias do plantio de espécies nativas em APP de um córrego em Erval Velho - SC em Floresta Ombrófila Mista, mesmo sem adubação, porém com as práticas silviculturais usuais de coroamento, combate a formigas cortadeiras, atribuindo este elevado resultado à escolha adequada das espécies e ao curto período de monitoramento.

No primeiro ano pós plantio em campo a mortalidade das mudas foi de 9% e no segundo ano foi de 2,77%. A espécie pioneira ingá teve 100% de sobrevivência de suas mudas, resultando em uma ótima espécie indicada para recuperação de matas ciliares. A alta mortalidade da canela demonstra a importância do plantio das espécies secundárias tardiamente em projetos de recuperação florestal, quando as espécies pioneiras já se estabeleceram oferecendo sombra às secundárias. Estudos que avaliam a sobrevivência inicial são importantes para ajudar na escolha do método de recuperação a ser utilizado. Se o estabelecimento for baixo, será necessário replantar mudas, o que aumenta significativamente os custos da recuperação (FONTANA e BÜNDCHEN, 2015).

### 3.3.3 Avaliação das dosagens de FLL nas espécies florestais nativas

Na análise de variância dos dados, observou-se diferenças significativas entre as espécies e entre as doses para altura e diâmetro de copa (Tabela 3).

Tabela 3 - Quadrado médio e significância pelo teste F das fontes de variação

FV	GL	QM Altura	QM Diâm. de Colo	QM Diâm. de Copa
Bloco	2	0,3544 ns	387,67	0,96
Doses	3	6,53 *	726,02ns	2,33*
Resíduo 1	6	0,78	753,39	0,44
Espécies	5	12,46 **	9192,85 **	7,09**
Doses x Espécies	15	1,23 ns P>0.16	613,22ns	0,55 ns
Resíduo 2	40	0,83	723,47	0,43
CV 1 (%)		24,69	47,31	30,94
CV 2 (%)		25,42	46,36	30,5

\*\*, \* Significativo pelo teste F a 1 e a 5% de probabilidade, respectivamente

Ns Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade

A interação entre os fatores Doses x Espécies ocorreu apenas ao nível de 84% de confiança na variável altura. Para diâmetro de colo e diâmetro de copa ficou evidenciada a não ocorrência de interação. Contudo, em função do possível erro que se corre ao analisar de forma isolada os fatores (efeitos podem estar se anulando) e considerando a diversidade genética entre as espécies, optou-se pelo desdobramento dos mesmos. Assim, estudou-se por meio de regressão o efeito das doses em cada espécie e comparou-se pela análise de *least squares means*, o desenvolvimento das espécies em cada dose. O coeficiente de variação acima de 24% pode ser considerado alto para experimentos com espécies nativas florestais, portanto com baixa precisão. Martins (2013) adotou um CV de até 20% para análise de crescimento de espécies nativas como um valor limite de variabilidade de dados. Em áreas estudadas que o CV superou os 20% provavelmente aconteceu pela variabilidade de traços funcionais, o valor do coeficiente de variação pode variar amplamente entre diferentes espécies e entre diferentes populações da mesma espécie. A variação dos dados entre repetições dificulta a detecção de diferenças estatísticas e sugere que um maior número de repetições e plantas por parcela sejam utilizados nos próximos trabalhos.

Na análise do efeito das doses de FLL sobre o desenvolvimento de cada espécie, em geral, não foram observados efeitos significativos, indicando um comportamento neutro da aplicação do FLL nas doses em estudo. Na espécie *Inga marginata* a altura de plantas diferiu, contudo, o modelo ajustado pouco explicou ( $R^2 = 23\%$ ) a variação observada nas médias (Figura 4).

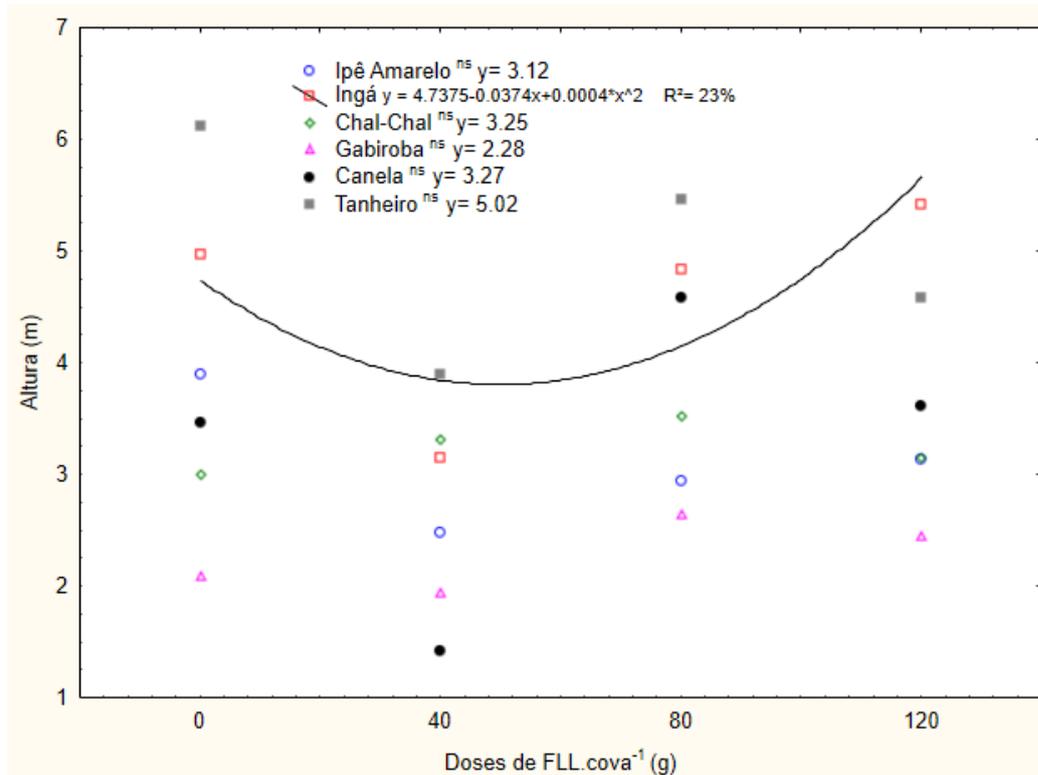


Figura 4 – Gráfico da altura de planta das espécies sob efeito das doses de FLL.

Em estudos com espécie exótica utilizada para fins comerciais com plantio de mudas clonais de um híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* no município de Botucatu-SP, também não houve diferença significativa na altura das plantas nos diferentes tratamentos de fertilização convencional com aplicação parcelada e em dose única aos três meses, fertilizante de liberação lenta no plantio e aos três meses, com doses que variam de 395, 162, 168, 138 e 132 g.pl<sup>-1</sup>, após 6, 12 e 18 meses do plantio (SILVA *et al.*, 2015).

Para o diâmetro do colo, de forma semelhante à altura, as espécies não apresentaram variações significativas em função das doses aplicadas. As espécies inseridas em áreas de recuperação podem com o passar do tempo entrar em condições de competição por recursos do ambiente, como a radiação solar e provocar o estiolamento do

caule. Esta situação poderia refletir em plantas mais altas e de menor diâmetro do colo. A semelhança de comportamento observada em relação a altura reitera que nas condições do experimento, aos 24 meses pós-plantio, as doses tiveram efeitos nulos sobre o desenvolvimento das espécies nativas implantadas, não justificando seu emprego considerando as espécies alvo. Em outras palavras, a área de APP como um todo possa eventualmente ser beneficiada, sobretudo em ambientes de baixa fertilidade do solo.

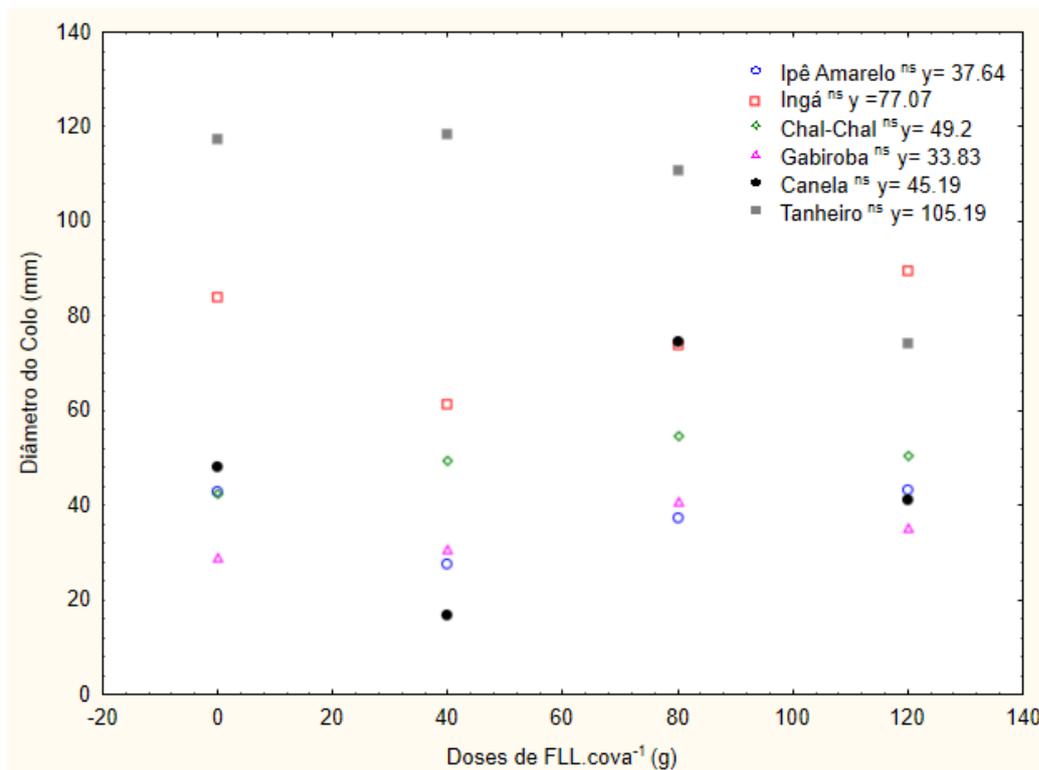


Figura 5 – Gráfico do diâmetro do colo das espécies sob efeito das doses de FLL.

Quanto ao diâmetro de copa, apenas a espécie ingá apresentou variações significativas em função das doses (Figura 6). O modelo quadrático teve melhor ajuste ( $R^2 = 96\%$ ), contudo, o comportamento observado indica um efeito inicial negativo (40 e 80 g de FLL.cova<sup>-1</sup>) das doses e um incremento no diâmetro de copa entre as duas doses superiores.

Em experimento para produção de mudas da espécie nativa *Anadenanthera colubrina* (angico-branco), em diferentes dosagens de FLL Osmocote® semeadas em tubetes, ao longo de 95 dias de cultivo em casa de vegetação de vidro, a dose de 5000 mg dm<sup>-3</sup> ocorreu efeito negativo, tanto para altura como para o número de folhas por muda. Os autores também constataram, por análise visual, princípio de clorose em algumas folhas, o que talvez indique sintomas de toxidez (BRONDANI *et al.*, 2008).

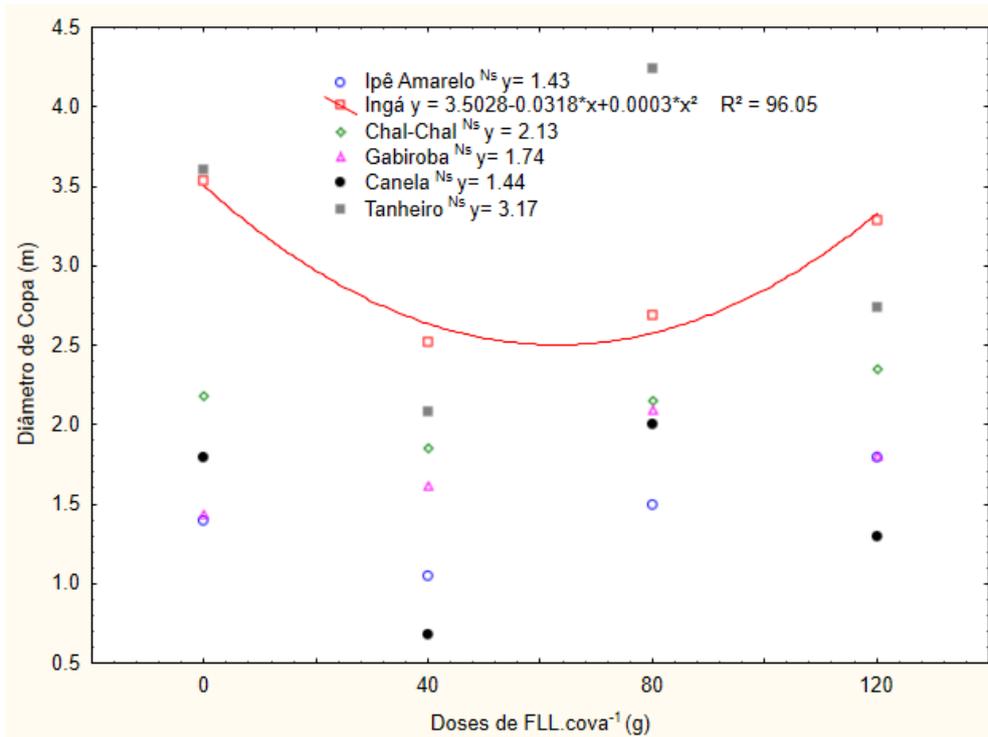


Figura 6 – Gráfico do diâmetro de copa das espécies sob efeito das doses de FLL aos 24 meses do plantio.

A análise do crescimento das espécies dentro de cada dose auxilia na identificação de possíveis interações específicas entre uma dada espécie e as doses de FLL. Tais interações podem não ser detectadas na análise de variância primária. Naturalmente, como as espécies são geneticamente distintas, é de esperar diferenças significativas entre essas. Contudo o objetivo neste caso é verificar se em determinada dose houve alteração no comportamento relativo das espécies em função da presença ou não do fertilizante.

Considerando a altura das espécies na dose de controle, sem aplicação de FLL, a espécie tanheiro apresentou altura superior as demais espécies, com exceção do Ingá, com a qual se assemelhou (Figura 7). Na dose inicial do fertilizante (40 g.cova<sup>-1</sup> de FLL) o tanheiro apresentou crescimento semelhante as demais espécies, superior apenas a canela. Esse comportamento indica a presença de interação entre a dose e o desenvolvimento das espécies. Assim como na dose de controle, as demais espécies foram semelhantes. Na dose de 80 g.cova<sup>-1</sup> de FLL, o tanheiro diferiu da gabiroba e do ipê-amarelo apresentando maior altura que essas espécies. Na maior dose, a espécie ingá assemelhou-se a canela e ao tanheiro e houve crescimento superior as demais.

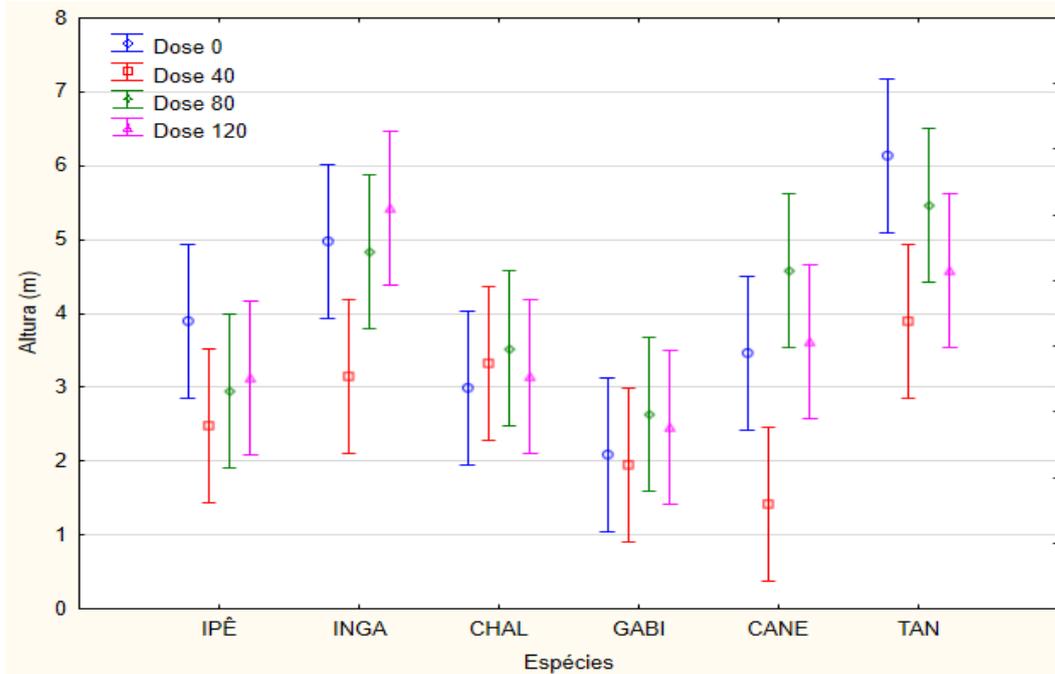


Figura 7 – Gráfico da altura das espécies dentro de cada dose de FLL.

Para o diâmetro de colo na dose de controle o comportamento foi semelhante ao observado para altura e as espécies tanheiro e Ingá foram semelhantes (Figura 8). Entretanto, na dose de 40 g.cova<sup>-1</sup> de FLL, o crescimento de diâmetro do tanheiro foi superior a maioria das espécies, assemelhando-se apenas ao ingá. Nas duas maiores doses as espécies se assemelharam quanto ao diâmetro do colo, podendo-se inferir que houve ligeira elevação na média de desenvolvimento das espécies (ingá, ipê-amarelo, cha-chal, canela) e decréscimo no tanheiro, sinalizando um efeito negativo ao seu desenvolvimento.

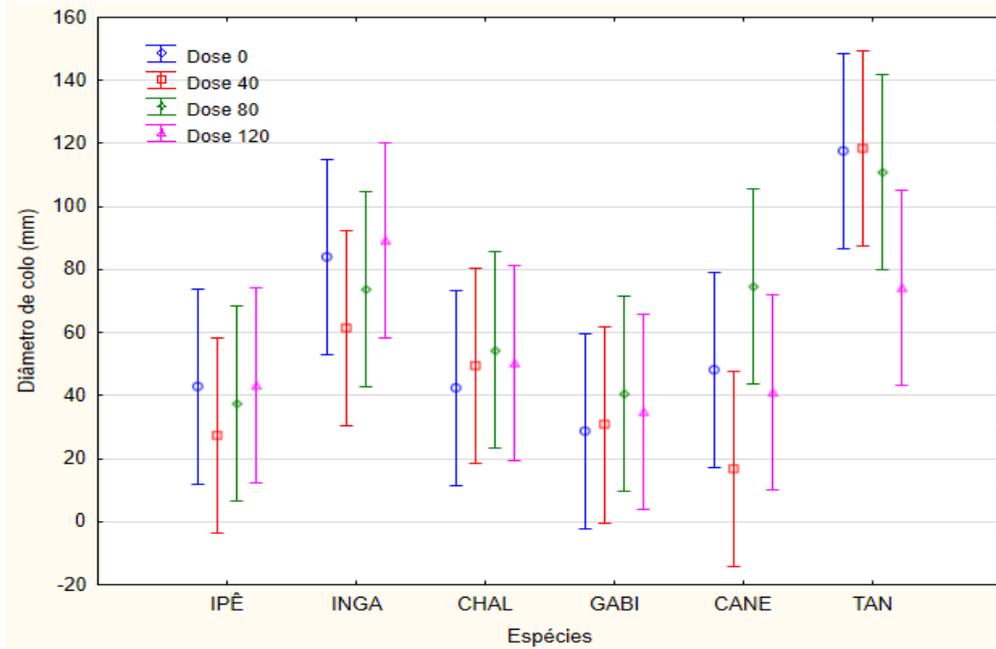


Figura 8 – Gráfico do diâmetro de colo das espécies dentro de cada dose de FLL aos 24 meses após o plantio.

O diâmetro de copa sem o uso do fertilizante foi semelhante para o ipê-amarelo, chal-chal, gabirola e canela. O tanheiro apresentou diâmetro superior ao ipê-amarelo, gabirola e canela. A introdução do fertilizante na dose de 40 g.cova<sup>-1</sup> de FLL proporcionou semelhança de copa entre as espécies, enquanto na dose de 80 g o tanheiro apresentou a maior copa. Entretanto, na maior dose as espécies apresentaram diâmetro semelhante em suas copas.

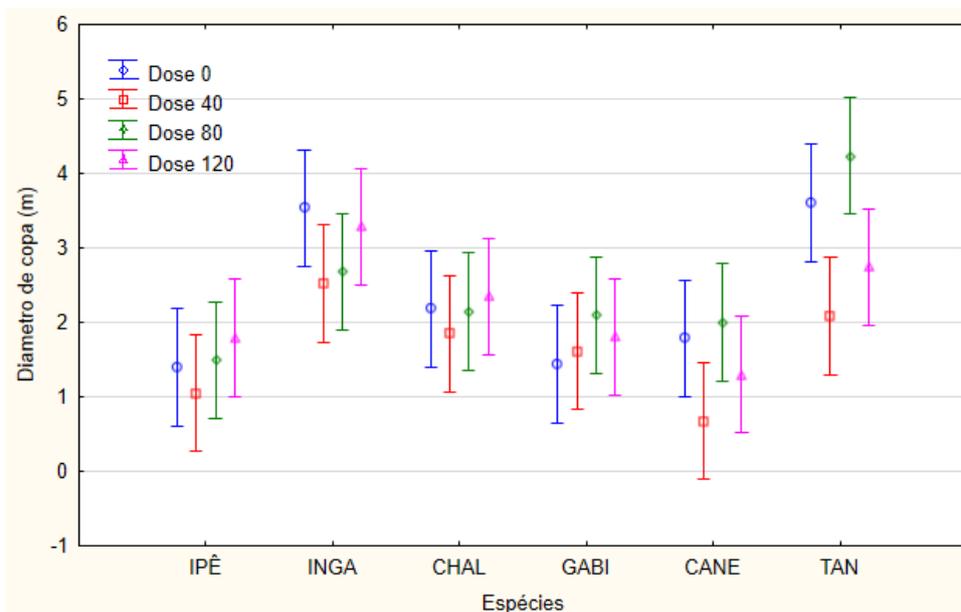


Figura 9 – Gráfico do diâmetro de copa das espécies dentro de cada dose de FLL.

As variáveis altura de planta, diâmetro de colo e de copa são comumente utilizados em estudos para avaliar o efeito de tratamentos sobre o desenvolvimento inicial das plantas (BRONDANI *et al.*, 2008; LANG *et al.*, 2011; ROSSA *et al.*, 2014) contudo, como neste estudo as espécies nativas foram inseridas em áreas de recuperação de APPs de matas ciliares visando a recomposição da biodiversidade de espécies, pode-se inferir que outras espécies que emergiram no ambiente de recuperação tenham também utilizado do fertilizante ou mesmo que tais espécies tenham entrado em competição com as espécies implantadas, reduzindo o acesso destas a recursos do ambiente como a radiação solar.

Por outro lado, a falta de incremento no desenvolvimento inicial das espécies sob efeito das doses pode se justificar considerando os teores médios de fertilidade do solo observados na área de APP em recuperação e que espécies nativas tendem a não ser responsivas a adubação quando comparadas a culturas geneticamente melhoradas (ex. milho, soja, arroz).

Lang *et al.* (2011) analisaram o estabelecimento inicial de mudas das espécies ipê-roxo e angico-branco em área de domínio ciliar com dose de 55g de fertilizante de liberação lenta de 3, 9 e 12 meses com fertilizante convencional e constaram que o diâmetro do coleto não foram influenciados, apenas do angico com FLL de 3 meses. Porém houve maiores incrementos em altura, diâmetro e número de folhas com uso de FLL quando comparados com o fertilizante convencional NPK 16-8-12.

### **3.4 Conclusão**

O desenvolvimento vegetativo inicial das espécies (ingá, ipê-amarelo, cha-chal, canela, gabioba e tanheiro), em APP de curso d'água em recuperação, foi semelhante com ou sem o uso do Fertilizante de Liberação Lenta (fórmula 15N-5P-12K) no plantio. A ausência de respostas significativas das espécies estudadas na adubação pode ser atribuída as condições pré-existent de fertilidade do solo, cujo histórico de uso agrícola promoveu ou manteve a fertilidade do solo em níveis medianos que tendem a ser satisfatórios para as espécies nativas da Mata Atlântica. Acredita-se que a aplicação em cova do FLL, com foco no desenvolvimento de espécies nativas, se justifique apenas na recuperação de APPs de mata ciliar cujos solos estejam degradados, com alta acidez e de baixa fertilidade em geral.

## **4 DESEMPENHO ECOLÓGICO INICIAL DE MODELOS DE RECUPERAÇÃO FLORESTAL EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTES DE CURSO D'ÁGUA NA REGIÃO NORDESTE DE SANTA CATARINA**

### **4.1 Introdução**

Os atuais efeitos, impactos e as preocupações globais com as mudanças climáticas e a degradação dos ecossistemas, tornou indispensável a conciliação das áreas produtivas com as áreas de preservação e conservação dos recursos naturais (REIS *et al.*, 2010).

O desmatamento, a urbanização, o alto uso e indiscriminado da água e má utilização da terra e das práticas agrícolas aceleraram os efeitos das mudanças climáticas nos extremos de vazão e do ciclo hidrológico das bacias hidrográficas brasileiras nas últimas quatro décadas, amplificando os eventos extremos de inundações e de seca no país (CHAGAS; CHAFFE; BLÖSCHL, 2022). Conseqüentemente, a restauração ambiental resultou em uma atividade essencial e crescente a cada ano, principalmente pela integração da restauração ecológica às principais políticas internacionais relacionadas à biodiversidade (CAVA *et al.*, 2016).

No Brasil, a restauração e a recuperação de áreas degradadas iniciaram no desenfreado desmatamento e utilização de recursos naturais e minerais, principalmente na década de 70 (ARRAES; MARIANO; SIMONASSI, 2012). Há diversas técnicas que podem ser utilizadas para a recuperação e restauração de áreas degradadas, e para a escolha da mais adequada, deve-se primeiramente analisar o nível de degradação da área, os recursos financeiros disponíveis e o grau da celeridade da restauração. Muitas vezes, o grau de resiliência da área é elevado e não há a necessidade de utilização de técnicas de restauração ativa, como o plantio de mudas, resultando apenas em desperdício de recursos financeiros.

Em outros casos, para o cumprimento de leis e condicionantes ambientais, remediação de danos ambientais ou em processos de licenciamento ambiental, há a necessidade de utilização de técnicas de restauração ativas, mas utilizar apenas o plantio de árvores nativas pode estabilizar o processo sucessional por um longo período de tempo

em que apenas os indivíduos plantados crescem, indicando a importância de agregar mais técnicas facilitadoras como a transposição de solo, implantação de poleiros, transposição de galharia, chuva de sementes (REIS *et al.*, 2010).

A *Society of Ecological Restoration International* (SER) sugere que um ecossistema restaurado deve ter os seguintes atributos: diversidade similar e estrutura da comunidade em comparação com os locais de referência, presença de espécies indígenas, presença de grupos funcionais necessários para estabilidade a longo prazo, capacidade do ambiente físico para sustentar a reprodução das populações, integração com a paisagem, eliminação de ameaças potenciais; resiliência a distúrbios naturais; autossustentabilidade (RUIZ-JAEN; AIDE, 2005). Mas esses autores destacam que o sucesso da restauração dos ecossistemas está baseado principalmente na análise das seguintes características: estrutura da vegetação e na diversidade de espécies ou processos ecológicos.

Conforme Aumond (2019) os *insights* da natureza são os melhores modelos a serem aplicados na recuperação e restauração de áreas degradadas. Apesar que não há unanimidade entre os autores na conceituação destes, a restauração seria o mais indicado para as Áreas de Preservação Permanentes, pois as ações devem ser pautadas em sua estrutura e função para uma condição próxima da condição original. Aqui, utiliza-se a recuperação por se tratar de uma pesquisa inicial em um prazo mais curto, almejando que em longo prazo a área se restaure.

Segundo Reis *et al.* (2010) quanto maior a diversidade de formas e funções de núcleos com técnicas de recuperação florestal, maior a eficácia destas. A implementação conjunta das técnicas utilizadas pela própria natureza acelera a sucessão natural e ainda o desenvolvimento de tecnologias de restauração de áreas degradadas viabilizando fluxos ecológicos tão essenciais para conciliar as necessidades da espécie humana e a conservação dos ecossistemas.

Para a diversidade da área em restauração é analisada a riqueza e abundância dos organismos em diferentes níveis tróficos e ainda se determina a diversidade de espécies nos diferentes grupos funcionais. Tais informações podem fornecer aspectos da capacidade de resiliência do ecossistema (REIS *et al.*, 2010).

Na estrutura da vegetação, Ruiz-Jaen e Aide (2005) concluíram que a maioria dos estudos de restauração de áreas degradadas para florestas tropicais utilizam um ou dois

parâmetros para análises, como a cobertura vegetal, densidade de plantas, biomassa, altura, cobertura de copa, área basal das árvores, altura do dossel, profundidade da serrapilheira.

Nas últimas duas décadas muitos estudos sobre as técnicas de recuperação de áreas degradadas estão sendo realizados (RODRIGUES, LIMA, GANDOLFI e NAVE, 2009; REIS, BECHARA e TRES, 2010; RECH *et al.*, 2015), mas desde a aprovação da Lei Federal nº 12.651/2012 que trouxe a flexibilização da obrigatoriedade de recomposição das matas ciliares nas pequenas propriedades rurais, reduzindo as faixas marginais para 5, 8 ou 15 metros nas margens dos cursos d'água, por exemplo, a falta de informações e desconhecimento sobre as técnicas simples e suas possibilidades para as pequenas propriedades rurais, pode estar atrasando a iniciativa de restauração das matas ciliares (FONTANA; BÜNDCHEN, 2015).

Diante disso, o objetivo geral foi analisar a eficiência da fase inicial de implantação de diferentes modelos integrados de recuperação florestal de Áreas de Preservação Permanentes em uma pequena propriedade rural, assim como a utilização de FLL para acelerar o processo de recuperação biológica da área.

## **4.2 Materiais e Métodos**

### **4.2.1 Caracterização da área experimental**

O experimento foi realizado em uma pequena propriedade rural de oito hectares, localizada no município de São Bento do Sul - SC, divisa com o município de Corupá, na localidade de Ano Bom Fundos (26°23'35.37S e 49°14'03.26W, alt. 100 m).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, subtropical sempre úmido, com verões quentes e temperatura média variando entre 20,52°C e 21,26°C. A precipitação média anual para a bacia hidrográfica é de 1.900 mm e a umidade relativa varia entre 87,18% e 88,13%. A propriedade localiza-se na bacia hidrográfica do rio Braço Esquerdo, afluente do rio Vermelho, pertencente à bacia hidrográfica do rio Itapocu. O Bioma é a Mata Atlântica e a região fitoecológica da vegetação é a Floresta Ombrófila Densa Submontana (IBGE, 2012).

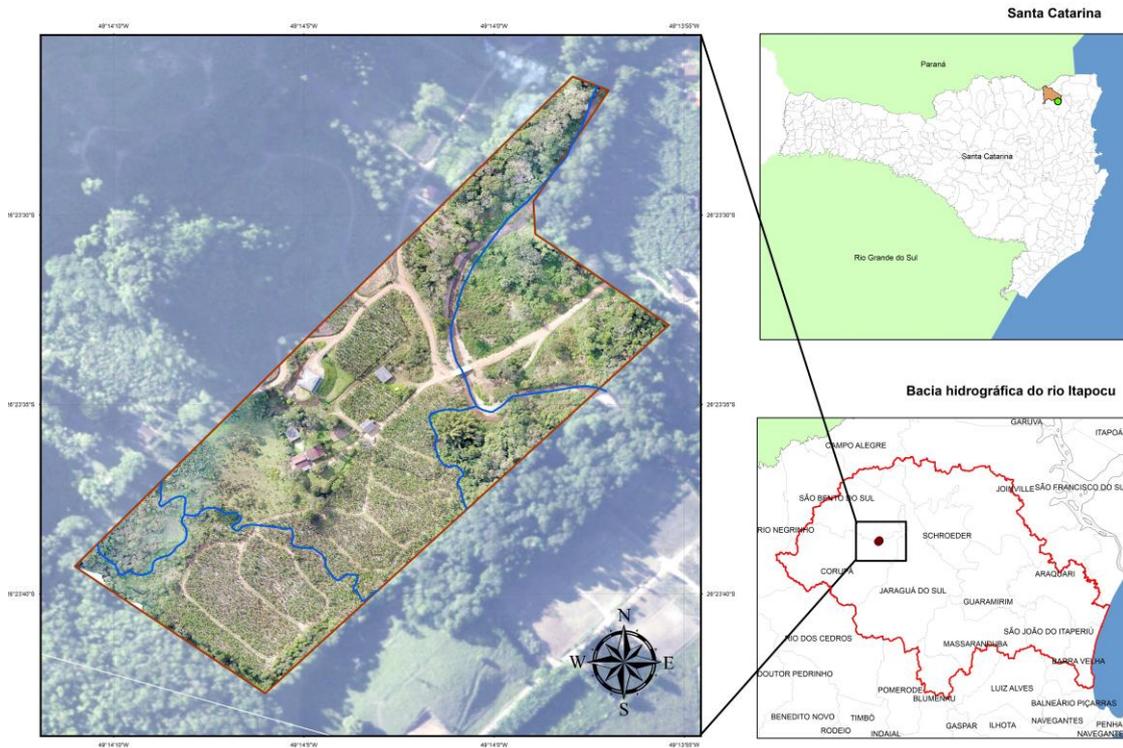


Figura 10 – Mapa da localização da área de pesquisa.

Fonte: Elaborado pela autora

O solo é do tipo cambissolo háplico, de classe textural franco argiloso e franco argiloso-arenoso, não apresentando compactação, com relevo plano. O pH em água é de 5,3 apresentando um solo com média acidez e com altos teores de matéria orgânica, além dos macronutrientes como fósforo, potássio e magnésio e os micronutrientes zinco, ferro, enxofre, manganês e cobre conforme a análise química do solo nas áreas de estudo, apresentando, portanto, um solo quimicamente fértil (MANUAL, 2016).

#### 4.2.2 Contextualização da área de recuperação

O desmatamento da vegetação nativa na propriedade ocorreu há aproximadamente 60 anos para a implantação de benfeitorias e lavouras de arroz sequeiro, milho e pastagem para a produção de carne e leite para fins de subsistência da família. Atualmente o uso do solo é destinado à bananicultura e pastagem e adjacente a propriedade há remanescentes de floresta secundária. A região faz parte do Selo de Indicação Geográfica da banana mais doce do Brasil, reconhecido pelo INPI em 2018.

A propriedade está inserida no extremo sul da Área de Proteção Ambiental (APA) Municipal do rio Vermelho, instituída pela Lei Municipal nº 246, de 14 de agosto de 1998, da Prefeitura Municipal de São Bento do Sul - SC. Trata-se de uma Unidade de Conservação (UC) de Uso Sustentável que visa a preservação e conservação dos recursos naturais inseridos na área e paralelamente a qualidade de vida e bem-estar da população, assim como disciplinar o processo de ocupação e buscar a sustentabilidade no uso de recursos locais. A APA abrange uma área de 23.000 ha, englobando a sub-bacia hidrográfica do rio Vermelho (SÃO BENTO DO SUL, 2011).

#### **4.2.3 Precipitação e temperatura média**

Durante os 24 meses que abrangem o período da pesquisa, de novembro de 2019 a novembro de 2021, a temperatura média foi de 20,06° C, sendo que a maior temperatura média mensal registrada foi de 24,23° C no mês de fevereiro de 2021 e a menor em julho do mesmo ano com 15,02°C. A umidade relativa média para o período foi de 85% segundo dados da estação meteorológica da EPAGRI mais próxima da área da pesquisa, localizada no Guarajuva, em Corupá-SC (Estação 2399: -26,41; -49,3119).

Referente a precipitação, a média anual acumulada no período foi de 1460 mm, inferior aos dados de 1900 mm da bibliografia para a região. O ano de 2020 apresentou o mês com o maior volume de chuva no período, com 300 mm registrados apenas em dezembro. Já o mês mais seco, também registrado no mesmo ano de 2020, acumulou apenas 17,60 mm de chuva no mês de maio.

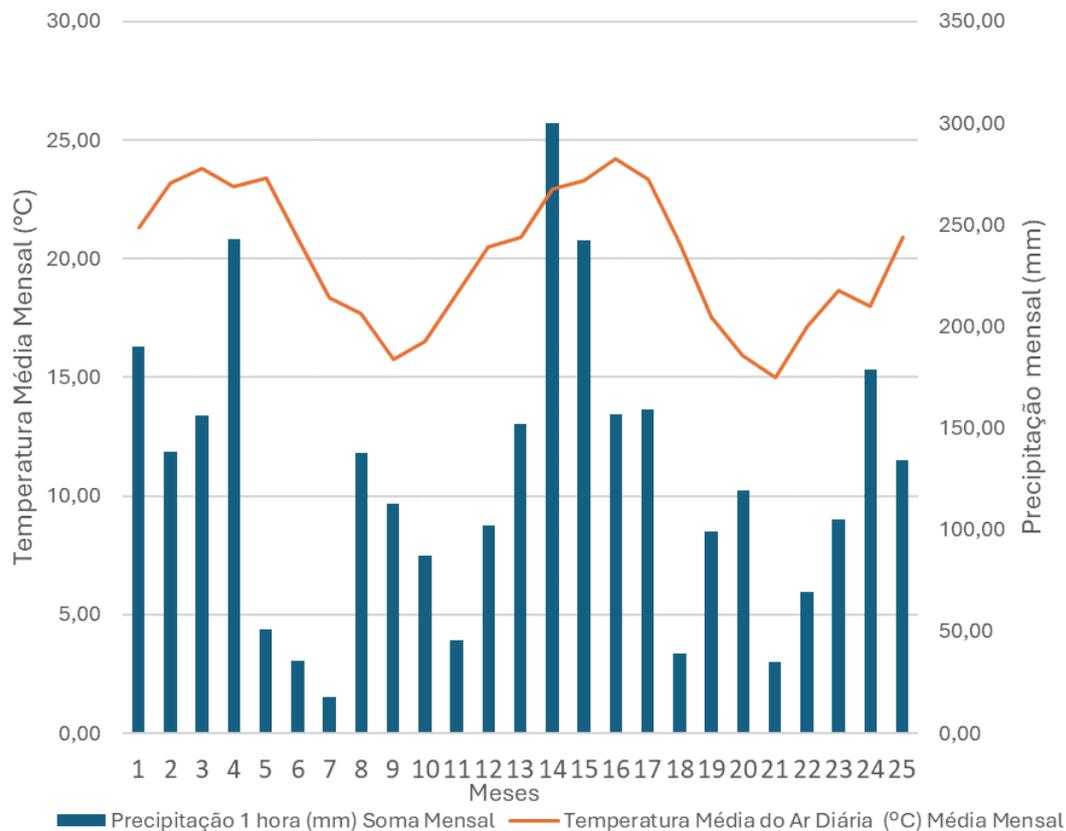


Figura 11 – Climograma de temperatura e precipitação mensal na região de nov. de 2019 a nov. de 2021.

Fonte: Elaborado pela autora com dados da Epagri (2020)

#### 4.2.4 Desenho experimental e análise estatística

Para a definição da área das Unidades Amostrais (UAs) foi utilizado como base o preconizado pela Lei Federal nº 12.651/2012, Art. 61 que estabelece as larguras mínimas de obrigatoriedade de recomposição das Áreas de Preservação Permanentes em área rural consolidada, conforme o tamanho da propriedade. Como a propriedade rural utilizada no estudo possui uma área total de 80.000 m<sup>2</sup>, portanto a faixa marginal estabelecida é de cinco metros de largura a partir da calha do leito normal do curso d'água. Além disso, deixou-se uma bordadura de um metro a partir da calha do leito normal e um metro e meio entre as UAs para fins de evitar os efeitos de borda.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com cinco tratamentos e três repetições, formando 15 unidades amostrais de 7 x 5 metros (35 m<sup>2</sup> cada). Estas foram

distribuídas na área considerando os blocos previamente estabelecidos. As UAs foram alocadas na margem esquerda de um córrego afluente do rio Braço Esquerdo, na Área de Preservação Permanente, separadas em duas áreas que distam aproximadamente 122 metros, sendo que nove parcelas ficaram na área 1 e seis na área 2.

Os cinco diferentes tratamentos foram adaptados através da composição de diferentes técnicas de recuperação florestal indicadas por Reis, Bechara, Tres (2010); Aumond (2019); Rodrigues *et al.*, (2009), conforme tabela abaixo.

Tabela 4 - Composição dos diferentes tratamentos

<b>Tratamento</b>	<b>Técnicas</b>
RE-PAS (T1)	Recuperação passiva - controle
PL+POL (T2)	Plantio de mudas de árvores nativas pioneiras e secundárias sem fertilizantes Instalação de poleiro
PL+SER (T3)	Plantio de mudas de árvores nativas pioneiras e secundárias com 40g FLL/cova Transposição de serrapilheira
PL+GAL (T4)	Plantio de mudas de árvores nativas pioneiras e secundárias com 80g FLL/cova Transposição de galharia
PL-MUD (T5)	Plantio de mudas de árvores nativas pioneiras e secundárias com 120g FLL/cova

No início de implantação do experimento em outubro de 2019, primeiramente as 15 unidades amostrais foram alocadas com estacas de madeira e fibra zebreada. No preparo da área foi realizada a limpeza através da roçada das espécies exóticas invasoras de capim elefante, mata pasto, braquiária e a eliminação das bananeiras. As touças e as folhas foram deixadas na área para aproveitamento como cobertura verde e incremento de matéria orgânica na área.

No tratamento controle (RE-PAS) não houve intervenções, deixando a área abandonada.

Os poleiros artificiais foram confeccionados com madeira em forma de caibro, com uma base e o topo em forma de X com aproximadamente 3 metros de altura, instalados no centro das UAs do tratamento PL+POL, estes auxiliam como locais atrativos de pouso para aves e morcegos, que pela regurgitação e defecação de sementes se tornam grandes

dispersores entre fragmentos florestais, propiciando também a manutenção da diversidade genética das espécies colonizadoras.

Foi coletado em um remanescente florestal adjacente, porções de 1 m<sup>3</sup> de solo e serrapilheira (*topsoil*) sendo transferidas duas porções por repetição no tratamento PL+SER, ao total 2 m<sup>3</sup>/UA. Isso facilita a recuperação do banco de sementes regional e da biota da serrapilheira e do solo (REIS *et al.*, 2010).

Na transposição de galharia do tratamento PL+GAL foram aproveitados restos de bambus e galhos de árvores da própria propriedade que foram enleirados entre as mudas de árvores plantadas. Essa galharia funciona como abrigo natural para animais e com o tempo são decompostas incorporando matéria orgânica, restaurando a biota do solo e potencial rebrotação e germinação (REIS *et al.*, 2010).

As mudas de árvores nativas da região foram adquiridas de um Viveiro Florestal do município de Timbó-SC, com no mínimo 0,70 m e no plantio se intercalou entre espécies pioneiras e secundárias. As espécies selecionadas são nativas da região e indicadas para solos mais úmidos de matas de galeria (CARVALHO, 2003) com distintos grupos ecológicos para sucessão ecológica e de forma que tivessem espécies frutíferas e de beleza cênica, conforme o anseio do proprietário do imóvel da pesquisa.

Tabela 5 - Espécies plantadas

<b>Família</b>	<b>Espécie</b>	<b>Nome popular</b>	<b>Grupo Ecológico</b>
Bignoniaceae	<i>Handroanthus albus</i>	Ipê-amarelo	Secundária inicial
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i>	Tanheiro	Pioneira
Fabaceae	<i>Inga marginata</i>	Ingá-feijão	Pioneira
Lauraceae	<i>Ocotea puberula</i>	Canela-guaicá	Secundária inicial
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	Guabioba	Secundária inicial
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i>	Chal-chal	Pioneira

Práticas silviculturais usuais como adubação, controle de formiga cortadeira e roçadas e coroamentos foram realizadas nas parcelas, exceto na RE-PAS, tanto na implementação como na manutenção. O controle da formiga cortadeira consistiu no caminhamento pela área na busca dos olheiros e aplicação de iscas formicidas granuladas na composição de Fipronil 0,01%, longe dos cursos d'água.

Nos tratamentos em que houve o plantio das mudas nativas, foram plantadas manualmente com a utilização de enxada e pá, em um espaçamento de 1,20 x 1,20 metros, coroamento de aproximadamente 80 cm e abertura das covas de 40 cm de profundidade. No manejo pós plantio, o controle de gramíneas exóticas foi intenso nos 16 primeiros meses, sendo realizadas três roçadas, coroamentos e combate a formigas cortadeiras, exceto nas parcelas controle.

Após 24 meses de implantação do experimento, foram identificadas, quantificadas e categorizadas todas as plantas arbóreas e arbustivas regenerantes, exceto as gramíneas. As espécies foram identificadas e classificadas para determinação da composição florística (nome científico, espécie, família, número de indivíduos das plântulas), quanto ao hábito (herbácea e lenhosa), grupos sucessionais (pioneiras, secundárias iniciais e secundárias tardias, clímax), síndrome de dispersão (anemocórica, autocórica e zoocórica) segundo (CARVALHO, 2003; BARBOSA, 2017). Nas mudas plantadas houve a coleta de dados de altura, diâmetro do colo e diâmetro da copa e mortalidade.

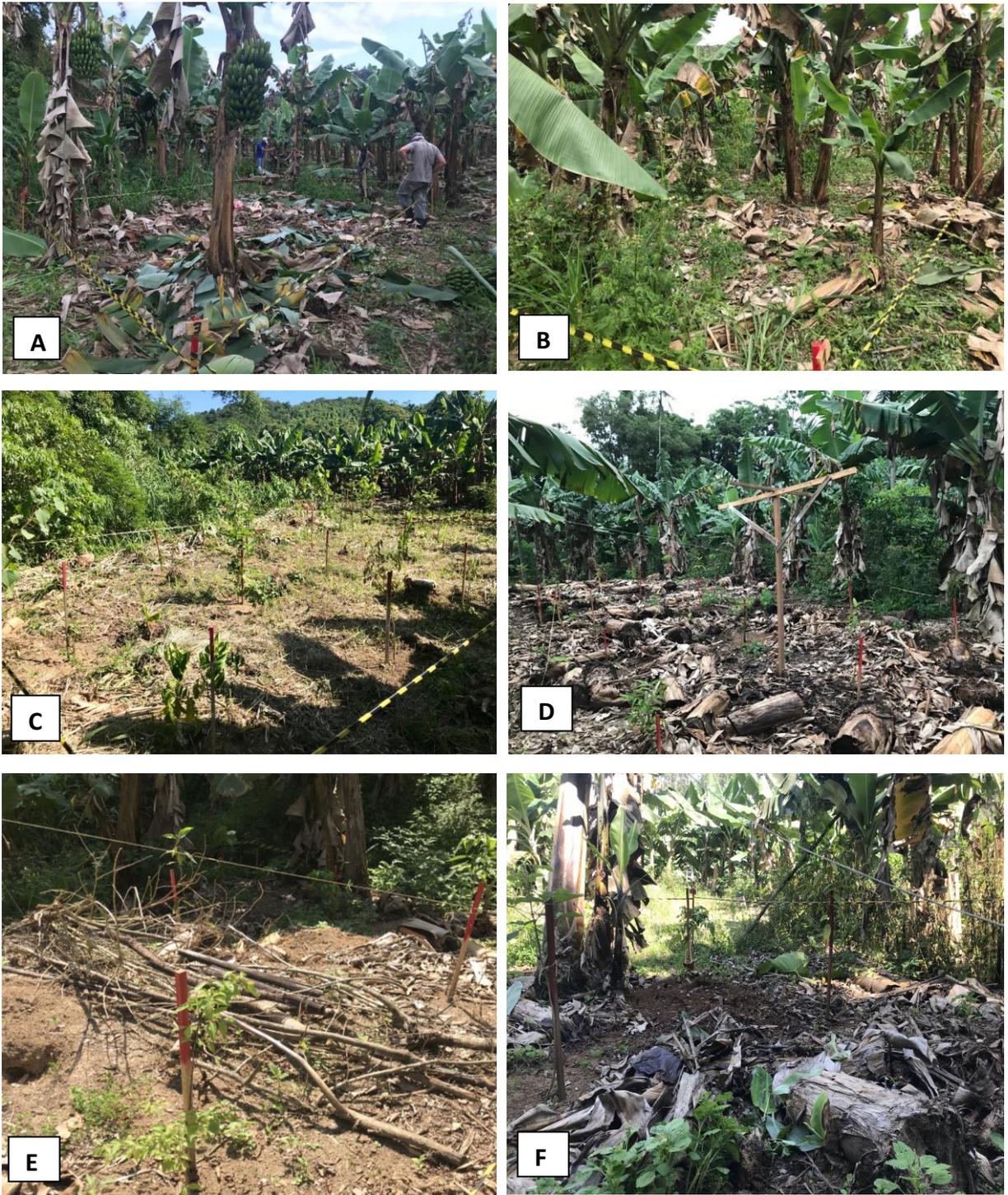


Figura 12 - Implantação das UAs: (a) corte das bananeiras; (b) recuperação passiva-controle; (c) plantio das mudas florestais; (d) poleiro; (e) enleiramento e; (f) transição da serrapilheira.

#### 4.2.5 Parâmetros fitossociológicos avaliados

Foram calculados alguns parâmetros fitossociológicos usualmente utilizados para análises de comunidades florestais: Riqueza específica média, Frequência Absoluta (FA), Densidade Absoluta (DA), Frequência Relativa (FR), Densidade Relativa (DR), Valor de Importância (VI), Índice de Diversidade de Shannon e Índice de Equabilidade de Pielou. A Dominância Absoluta (DoA) e a Relativa (DoR), apesar de comumente utilizadas, não foram utilizados nesta pesquisa pelo fato do desenvolvimento inicial das espécies.

A Densidade média é o número de indivíduos por unidade de área ( $\text{ind.ha}^{-1}$ ). Densidade absoluta (DA) é o número de indivíduos ( $n$ ) de uma determinada espécie na área  $DA = n/\text{área}$  ( $\text{ind.ha}^{-1}$ ); Densidade relativa (DR): é a relação do número de indivíduos de uma espécie ( $n$ ) e o número total de indivíduos amostrados ( $N$ )  $DR = (n/N) \times 100$  (%). A Frequência (F) é o número de parcelas em que determinada espécie ocorre e indica a dispersão média de cada espécie; Frequência absoluta (FA) é relação entre o número de parcelas em que certa espécie ocorre e o número total de parcelas amostradas. Frequência relativa (FR): relação entre FA de certa espécie com a soma das FAs de todas as espécies amostradas.

O Índice de Valor de Importância (IVI) fornece uma ideia da densidade, dispersão espacial e a dimensão alcançada por uma espécie, refletindo a importância ecológica desta.

A heterogeneidade florística dos tratamentos foi calculada pelo Índice de Diversidade de Shannon (PIELOU, 1984). É uma das medidas mais amplamente utilizadas de diversidade biológica e é frequentemente usada para comparar a diversidade de diferentes habitats, áreas geográficas ou comunidades ao longo do tempo.

O Índice de Equabilidade de Pielou (também conhecido como Índice de Equitabilidade de Pielou ou  $J$ ) é uma medida de equitabilidade ou uniformidade na distribuição de abundância de espécies em uma determinada comunidade ou neste caso nos diferentes tratamentos. Este enfatiza a uniformidade na distribuição de indivíduos entre as espécies. O índice de equabilidade de Pielou varia de 0 a 1, onde 0 representa uma distribuição completamente desigual (uma espécie domina a comunidade) e 1 representa uma distribuição perfeitamente uniforme (todas as espécies têm a mesma abundância).

Para identificar diferenças na eficácia entre as técnicas de recuperação, as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do programa SISVAR (FERREIRA, 2019) e Statistica (HILL e LEWICKI, 2007).

## 4.3 Resultados e Discussão

### 4.3.1 Análise da composição florística

Aos 24 meses de pesquisa foram registradas em toda a área amostral (525 m<sup>2</sup>) 445 indivíduos lenhosos, pertencentes a 31 espécies, 29 gêneros e 18 famílias botânicas. Destas espécies, 29 são arbóreas e duas são arbustivas. Entre as espécies amostradas, seis foram introduzidas através do plantio de mudas de árvores e as outras 25 ou 80,64% das espécies se estabeleceram a partir da regeneração natural, seja através da transposição de solo e do banco de sementes nele depositados, ou pela dispersão de sementes impulsionado pelos poleiros instalados e pela proximidade de remanescentes florestais, considerada uma fonte de propágulos.

A evidência sugere que a regeneração natural desempenhou um papel importante na formação da diversidade biológica da área em recuperação, assim como o estudo de Rech *et al.* (2015), apresentou que após seis anos de plantio de mudas e proteção da área de APP, foram identificadas 73 espécies arbóreas, sendo que destas apenas 34,2% correspondem as espécies plantadas. Chada *et al.* (2004) também encontrou em 800 m<sup>2</sup> do terço inferior de uma encosta da floresta ombrófila densa após sete anos reflorestada em Angra dos Reis-RJ, 32 espécies regenerantes pertencentes a 22 famílias e 351 indivíduos.

Referente a síndrome de dispersão de cada espécie estabelecida na área, 68,75% são zoocóricas, ou seja os frutos e as sementes são disseminados pelos diferentes grupos de animais, que pode ser pela avifauna (ornitocórica), pelos morcegos (quiropterocórica), mamíferos, insetos ou répteis; 15,63% das espécies possuem disseminação das sementes pelo vento (anemocórica) e 15,63% a dispersão ocorre pelas próprias plantas, pois os frutos se abrem por deiscência explosiva e lançam as sementes (autocórica), como a queda dos frutos e sementes em consequência do próprio peso (barocórica).

A família botânica com a maior riqueza foi a Fabaceae (6), seguida da Myrtaceae e Sapindaceae, ambas com três espécies cada, assemelhando-se com outras avaliações de recuperação de APPs em área de transição entre Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista após seis anos de plantio (RECH *et al.*, 2015).

As espécies identificadas foram separadas entre seus grupos ecológicos de sucessão natural (CARVALHO, 2003; BARBOSA, 2017). Como há na literatura diferentes identificações

dos grupos ecológicos para a mesma espécie, adotou-se a separação em espécies Pioneiras (de crescimento rápido, alta cobertura e recobrimento do solo, exigentes de luz) e as não-pioneiras, chamadas de secundárias (inicial ou tardia e clímax). No estudo foram identificadas que 59,38% das espécies são pioneiras e 40,63 % são secundárias.

Analisando a estrutura total da comunidade na pesquisa, obteve-se 0,85 indivíduos/m<sup>2</sup>, quase uma planta por metro quadrado. A espécie que teve a maior abundância, ou seja, maior número de indivíduos e conseqüentemente a maior densidade e Valor de Importância, índice que expressa numericamente a importância de uma determinada espécie dentre os indivíduos arbóreos, foi a *Myrsine coriacea* (capororoca), com 29,56%. Em relação a distribuição espacial das espécies, as que apresentaram 80% de frequência nas unidades amostrais foram as que se estabeleceram através do plantio de mudas, são elas: *Handroanthus albus* (ipê-amarelo), *Inga marginata* (ingá-feijão), *Campomanesia xanthocarpa* (guabiroba) e *Allophylus edulis* (chal-chal).

No tratamento RE-PAS (controle) foram identificadas também espécies herbáceas de rápido recobrimento como *Talinum paniculatum* (beldroegão), *Cyrtocymura scorpioides* (erva-preá), *Erechtites valerianifolius* (capiçova), *Vernonanthura tweedieana* (chimarrita). Ainda foram identificadas espécies não lenhosas como o mamoeiro e gramíneas exóticas como o capim-elefante e o chuchueiro.

Por mais que a área fosse utilizada na bananicultura, sofrendo frequentes correções de solo, adubações e na proximidade com remanescentes florestais, uma grande fonte de propágulos, a ocorrência do capim elefante é capaz de rapidamente cobrir o solo, em compensação, evita o estabelecimento de outras espécies, principalmente arbóreas.

Tabela 6 - Resumo dos grupos ecológicos e síndrome de dispersão

Trat.	PIO (%)	SEC (%)	ZOO (%)	AUT (%)	ANE (%)
RE-PAS	71,43	28,57	71,43	14,29	14,29
PL+POL	68,75	31,25	68,75	6,25	25
PL+SER	59,09	40,91	72,73	13,64	13,64
PL+GAL	55,56	53,85	83,33	0,00	16,67
PL-MUD	52,94	47,06	76,47	11,76	11,76

PIO= pioneiras. SEC=secundárias (inicial, tardia e clímax). ZOO= zoocóricas, AUT=autocóricas, ANE= anemocóricas. RE-PAS=recuperação passiva; PL+POL=plantio de árvores nativas e poleiros; PL+SER=plantio de árvores nativas e transposição de serrapilheira; PL+GAL=plantio de árvores nativas e enleiramento de galharias; PL-MUD=plantio de árvores nativas.

É possível identificar a importância de fomentar meios para o estabelecimento da regeneração natural e assim a estimulação da sucessão ecológica em função dos maiores índices de espécies pioneiras e possivelmente dispersas pelos variados meios, conforme a Tabela 6. Destaca-se que mais da metade (54,54%) das espécies com síndrome de dispersão zoocórica pertencem ao grupo ecológico das espécies secundárias (iniciais, tardias e clímax).

Em relação apenas as espécies regenerantes, o tratamento que houve o maior número de espécies regenerantes, com exceção do RE-PAS, foi o tratamento PL+SER com 17 espécies e 62 indivíduos, totalizando 77,27% das espécies identificadas. Porém o tratamento com o maior número de indivíduos regenerantes foi o tratamento PL+POL totalizando 104 indivíduos separados em apenas 10 espécies diferentes.

A ocorrência de certas espécies em alguns tratamentos ocorreu devido às suas características ecológicas e às condições específicas do local. Como é o caso do *Euterpe edulis* (palmitreiro), que só teve registro nas unidades amostrais as quais tinham indivíduos de palmiteiros adultos adjacentes, conforme registrado no tratamento PL-MUD.

A espécie *Trema micrantha* (grandiúva) regenerou em 80% dos tratamentos e visualmente em campo de forma vigorosa e agressiva. Outros estudos também evidenciaram sua presença, como de Oliveira (2014) na recuperação de matas ciliares do rio Paraíba do Sul na fase inicial, também testando a nucleação com transposição do banco de sementes do solo com outras técnicas como o isolamento, plantio de árvores nativas, agrofloresta e ainda cita que é comum observar maior número de espécies herbáceas, no início do povoamento de áreas degradadas, porém algumas espécies como a *Trema micrantha* reflete o potencial que é a utilização da transposição do conjunto solo e serrapilheira para promover a recuperação de áreas degradadas.

Abaixo, as figuras 13 a 17 ilustram o processo de recuperação da APP com os resultados dos diferentes tratamentos após 24 meses da implantação dos mesmos.



Figura 13 - Recuperação passiva (controle) aos 24 meses de pesquisa (RE-PAS).



Figura 14 - Plantio das mudas florestais e resultados do poleiro (PL+POL).



Figura 15 – Plantio das mudas florestais e transposição de serrapilheira (PL+SER).



Figura 16 - Plantio das mudas florestais e enleiramento (PL+GAL).



Figura 17 - Plantio das mudas florestais (PL-MUD).

#### 4.3.2 Avaliação fitossociológica e ecológica

Através do levantamento fitossociológico, para a análise de indicadores ecológicos, foi possível avaliar a estrutura da vegetação das unidades amostrais e a análise da composição florística dos tratamentos. Segundo Ruiz-Jaen e Aide (2005) o sucesso da restauração ecológica está baseado na avaliação dos indicadores da estrutura e composição da vegetação, nos regenerantes, na diversidade de espécies ou nos processos ecológicos. A análise de riqueza, abundância e a diversidade de espécies nos diferentes grupos funcionais podem fornecer aspectos da capacidade de resiliência do ecossistema, além da frequência, Índice de Diversidade de Shannon, Índice de Valor de Importância (IVI) e Índice de Equabilidade de Pielou.

As espécies tiveram diferentes comportamentos nos tratamentos, porém a espécie *Myrsine coriacea* (capororoca) apresentou as maiores densidades relativas e consequente seus Valores de Importância, nos tratamentos PL+POL (68,43%) e PL-MUD (32,11%), confirmando o estudo de Patricio (2018), que a espécie possui uma fatura de aves que consomem seus frutos, logo são grandes dispersores de suas sementes. Fonseca *et al.* (2017) também apresentou maiores densidades e VI com essa mesma espécie, entre espécies não plantadas, no estudo que avaliou a regeneração natural do estrato inferior em uma área de mata ciliar em restauração (com plantio de mudas nativas há 10 anos) em Cachoeirinha-RS, região de Floresta Estacional Semidecidual em uma região de transição com a região costeira.

Vale destacar que este mesmo estudo de Fonseca *et al.* (2017) encontrou na composição florística do estrato superior da mata ciliar as espécies *Allophylus edulis*, *Inga marginata* e *Handroanthus umbellatus*, espécies as quais foram plantadas nos tratamentos desta pesquisa.

Ainda, as espécies mais importantes encontradas nos outros tratamentos foi a arbustiva *Boehmeria caudata* (urtiga-mansa - 70,83%) no RE-PAS, *Trema micrantha* (25,08%) no PL+SER e *Piptadenia gonoacantha* (pau-jacaré - 20,33%) no PL+GAL, inclusive essa espécie brotou entre a galharia nas UAs, caracterizando a distribuição dessas espécies no ambiente ciliar. Fonseca *et al.* (2017) cita em seu estudo a *Trema micrantha* como uma espécie pioneira que compõem o dossel em uma mata ciliar em recuperação.

Na análise de variância dos dados fitossociológicos, quando se comparam os tratamentos entre si através da análise estatística, a riqueza média específica e o Índice de Diversidade de Shannon não tiveram diferenças significativas entre os tratamentos, ou seja, estatisticamente são semelhantes entre si.

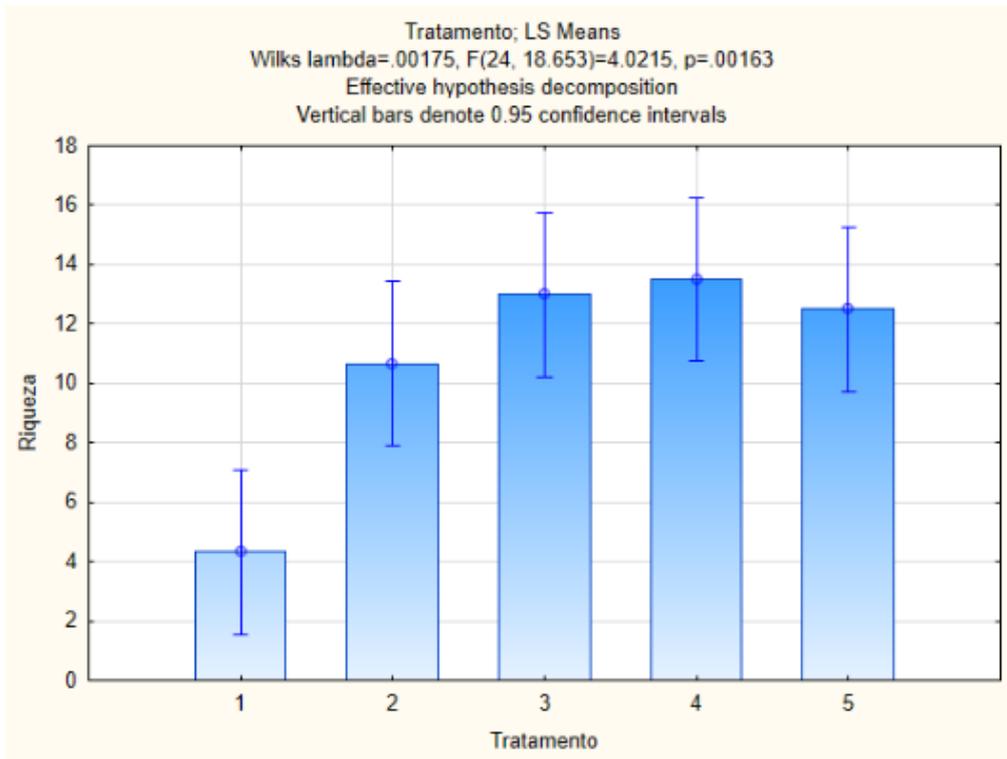


Figura 18 - Gráfico da análise estatística da Riqueza  
 (1) RE-PASS; (2) PL+POL, (3) PL+SER; (4) PL+GAL; (5) PL-MUD

A riqueza específica média identifica o número de diferentes espécies encontradas nos tratamentos. Apesar de estatisticamente semelhantes os tratamentos de 2 a 5, estes foram superiores que o tratamento RE-PAS (1) – controle que diferiu dos demais apresentando uma baixa riqueza, determinados pela dominância em campo das plantas daninhas, dificultando o estabelecimento de espécies florestais.

Considerando que os tratamentos 2 a 4 tiveram além do plantio de mudas de árvores, o conjugado com as técnicas de nucleação, pode-se concluir que estas auxiliaram na maior diversidade para a área, principalmente o 3 e 4 com a transposição da serrapilheira e da galharia, respectivamente.

Reis *et al.* (2010) enfatizam que a biodiversidade é restabelecida nas áreas em recuperação pelo fluxo ecológico existem nos remanescentes florestais próximos, melhorando o potencial de auto regeneração das espécies e ainda que propiciar um ambiente para que os pássaros e morcegos possam pousar constitui uma das formas mais eficientes de atrair sementes para a área em recuperação.

A utilização da transposição do banco de sementes é uma opção viável para incentivar a sucessão florestal em áreas degradadas. É possível obter melhores resultados

em relação à densidade e diversidade de espécies quando o solo superficial e a camada de serrapilheira são utilizados em conjunto. As espécies arbóreas pioneiras, que são abundantes no banco de sementes, apresentam uma germinação estimulada quando transferidas para áreas abertas e solos expostos, podendo assim colonizar essas áreas rapidamente (RODRIGUES *et al.*, 2010).

Apesar do abandono apresentar resultados insatisfatórios nessa área anteriormente ocupada pela bananicultura, Fontana e Bündchen (2015) apontam que o isolamento e abandono de áreas de pastagens em pequenas propriedades rurais são promissoras para recuperação das matas ciliares pois tem baixo custo, não requer habilidades técnicas avançadas e dispensa monitoramento constante.

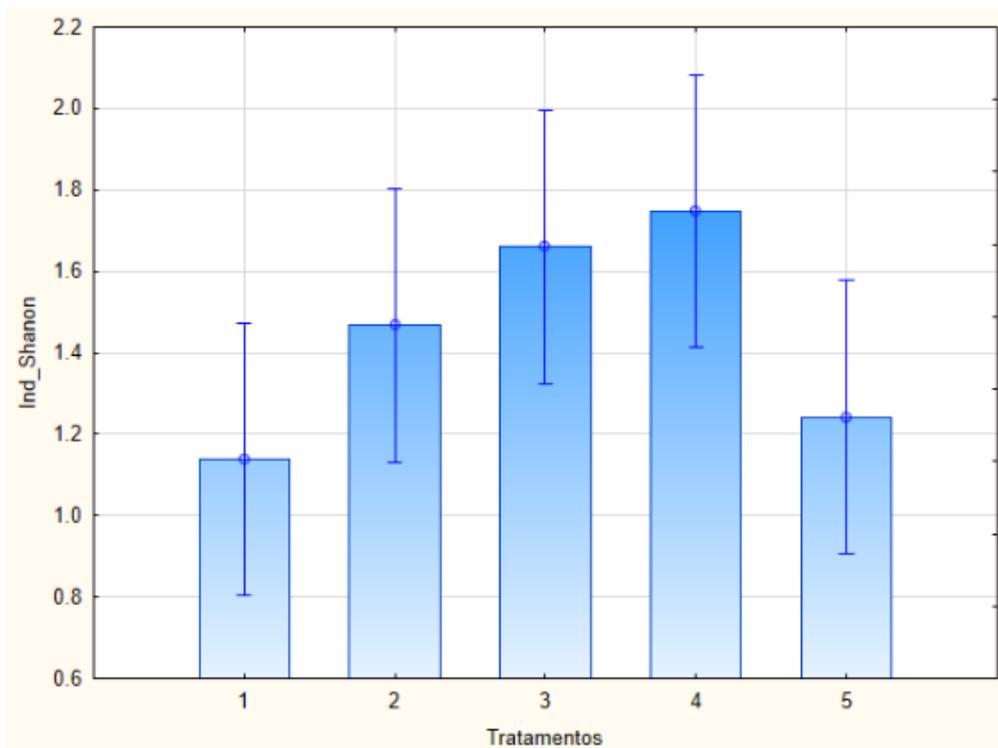


Figura 19 – Gráfico da Estatística do Índice de Shannon  
(1) RE-PASS; (2) PL+POL, (3) PL+SER; (4) PL+GAL; (5) PL-MUD

O Índice de Shannon mede a complexidade ou diversidade de uma comunidade, levando em consideração tanto a riqueza de espécies quanto a equitabilidade (uniformidade) de sua distribuição relativa. Quanto mais espécies e mais uniforme a distribuição, maior será o valor do índice de Shannon. Com uma média geral de 2,19 e índices que variaram entre 1,52 e 2,69, apesar de que todos os tratamentos foram

semelhantes entre si, não havendo diferenças estatísticas, esses resultados estão alinhados com outros estudos como de Chada *et al.* (2004) que indicou um Índice de Diversidade de Shannon de 1,90 em 800 m<sup>2</sup> do terço inferior de uma encosta da floresta ombrófila densa após sete anos reflorestada em Angra dos Reis-RJ.

Outros estudos também tiveram tratamentos semelhantes entre si, conforme identificado por Trentin *et al.* (2018) que comparou a regeneração natural através da recuperação passiva, conjunto de técnicas de nucleação e plantio de mudas através de linhas de recobrimento e diversidade em uma área em restauração de floresta subtropical em Dois Vizinhos-PR e não houve diferença significativa entre indivíduos plantados e regenerantes. Porém, analisando apenas as espécies regenerantes, esta mesma autora realizou manutenções de roçada até os três anos de idade, causando diferença significativa no tratamento de plantio, com um menor Índice de Diversidade que a nucleação (1,166).

Na Floresta Estacional Semidecidual da Mata Atlântica em Pontal do Paranapanema, 18 meses após plantio em área de 9.600 m<sup>2</sup> o Índice de Diversidade de Shannon foi de 2,716 para espécies (RODRIGUES *et al.*, 2010). Piña-Rodrigues *et al.* (1999) encontraram o valor de 1,64 e 1,04 em fragmentos de baixa diversidade e menores que 2 ha e 2,34 em um fragmento entre 3 e 5 ha, na região de Paty do Alferes, no Rio de Janeiro, estudos esses que apesar de realizados em áreas maiores, apresentaram resultados semelhantes.

Segundo Fonseca *et al.* (2017) é normal os estudos de recuperação florestal resultarem em maiores semelhanças, pois as áreas e os tratamentos estão na mesma fase sucessional, em processos de regeneração natural recentes, sem estratos definidos. Diferentemente dos estudos fitossociológicos em florestas maduras, com estratos mais definidos.

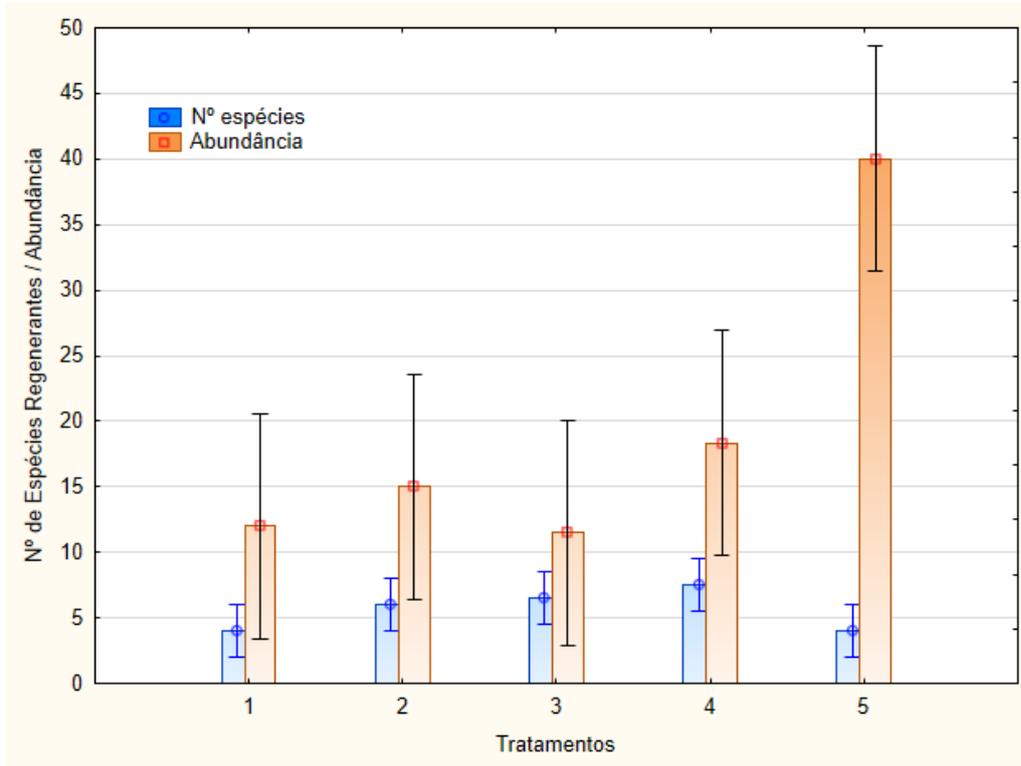


Figura 20 – Gráfico dos Resultados da Abundância  
(1) RE-PASS; (2) PL+POL, (3) PL+SER; (4) PL+GAL; (5) PL-MUD

A abundância reflete o número de indivíduos das espécies florestais que cresceram e se estabeleceram nos tratamentos. Este parâmetro foi semelhante em quase todos os tratamentos, diferindo apenas o tratamento PL-MUD (5) que se sobressaiu dos demais. Neste tratamento foram encontradas duas espécies com grande número de indivíduos em regeneração, o *Euterpe edulis* (palmeiro) e a *Myrsine coriacea* (caporororca), possivelmente causado pelas fontes de propágulos, como os indivíduos de palmeiros nas áreas adjacentes das UAs.

Em relação ao diferente número de espécies regenerantes também não houve diferença entre os tratamentos.

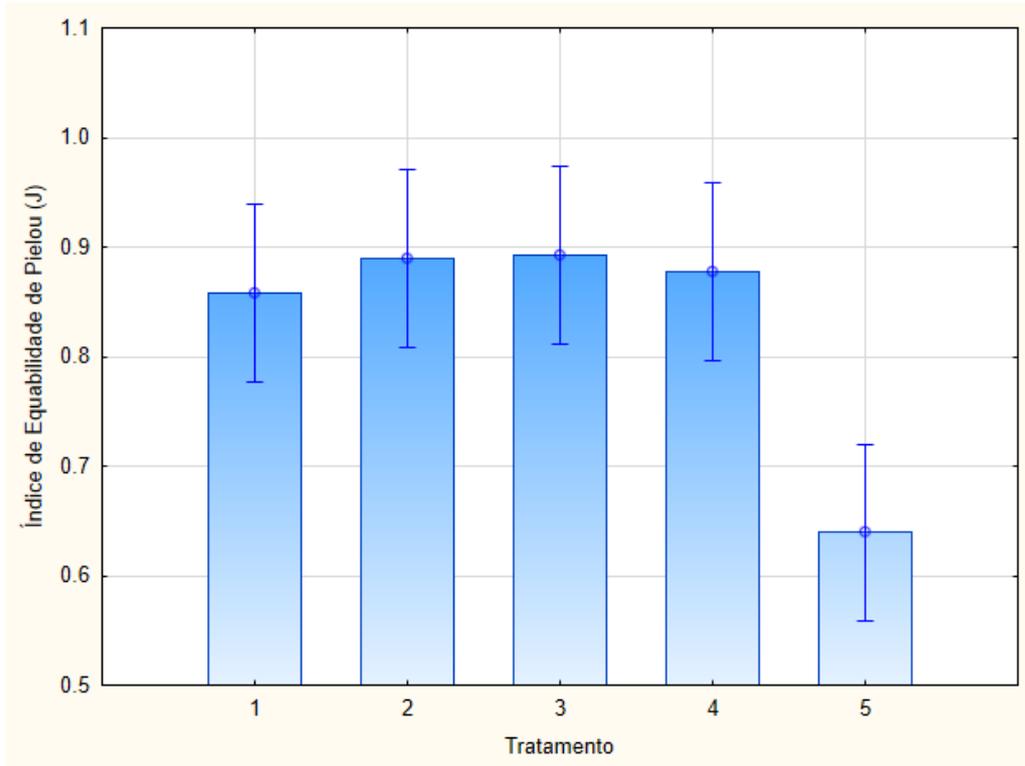


Figura 21 – Gráfico dos resultados do Índice de Equabilidade de Pielou (1) RE-PASS; (2) PL+POL, (3) PL+SER; (4) PL+GAL; (5) PL-MUD

O Índice de Equabilidade de Pielou (J) é uma medida de equitabilidade ou uniformidade na distribuição de abundância de espécies em uma determinada comunidade ou neste caso nos diferentes tratamentos. Este enfatiza a uniformidade na distribuição de indivíduos entre as espécies. O índice de equabilidade de Pielou varia de 0 a 1, onde 0 representa uma distribuição completamente desigual (uma espécie domina a comunidade) e 1 representa uma distribuição perfeitamente uniforme (todas as espécies têm a mesma abundância).

Na análise estatística do índice de Equabilidade de Pielou não houve diferença significativa entre os tratamentos 1 a 4 e resultaram próximos a 1, ou seja, todas as espécies possuem semelhança de abundância nos tratamentos, representando uma distribuição uniforme.

Já o tratamento PL-MUD (5) difere dos demais tratamentos, com resultado mais próximo a 0 que os demais, representando uma distribuição completamente desigual. Este valor está relacionado ao comportamento de uma espécie específica, o *Euterpe edulis*, que mostrou grande abundância em regeneração nestas unidades amostrais, causados pelos dois indivíduos adultos de palmeiros localizados próximos às unidades amostrais.

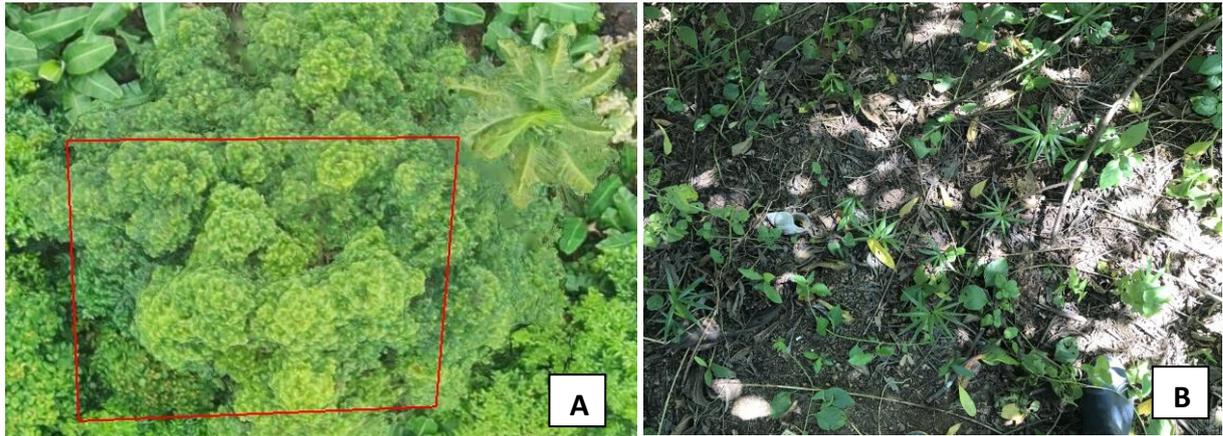


Figura 22 - Palmitreiro adjacente à UA (A) e regeneração no solo (B)

Fonseca *et al.* (2017) infere que na recuperação florestal com plantio de mudas de árvores nativas, as decisões tomadas em relação ao manejo e às intervenções, como a frequência dos tratos culturais nas mudas, a riqueza, abundância e a distribuição espacial das espécies plantadas, terão um impacto significativo na capacidade de regeneração natural na área.

Corroborando com a metodologia e os resultados do presente estudo, estes autores concluem que a utilização de um conjunto diverso de espécies nos plantios tende a aumentar também a riqueza de espécies na regeneração natural para a retomada da trajetória sucessional em áreas de recuperação florestal, uma vez que fornece uma variedade de nichos para zoocoria. Além disso, a densidade também desempenha um papel importante, pois uma maior proporção de sombreamento e poleiros pode fornecer condições propícias para o estabelecimento de um número maior de espécies nas áreas de plantio.

Com o uso de geotecnologias de drone para o aerolevanteamento, foram realizadas ortofotos na área do experimento, no início da implantação (2019), até o final do experimento em 2021. É possível visualizar a cobertura do solo com os diferentes modelos de técnicas de recuperação florestal, ilustradas abaixo.



Figura 23. Ortofotos do processo em recuperação da área 1

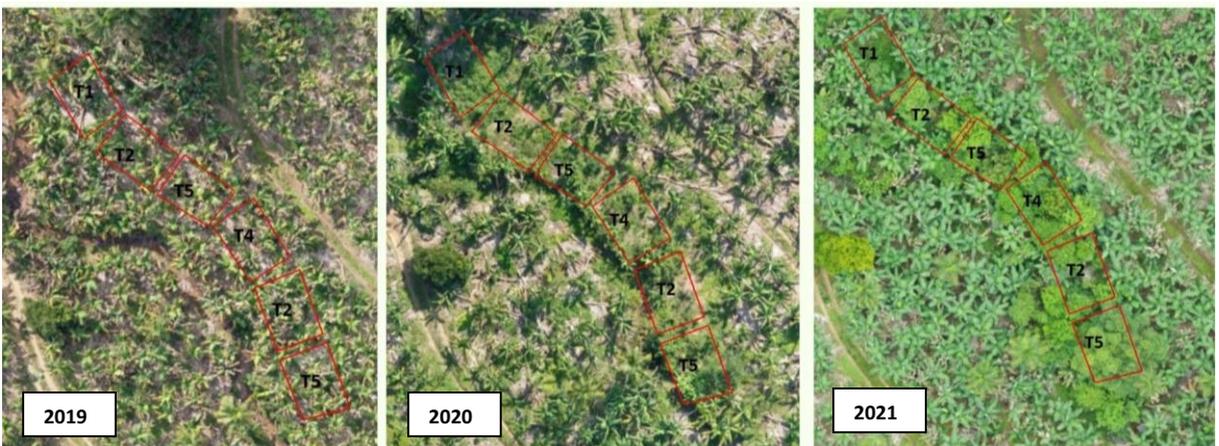


Figura 24. Ortofotos do processo em recuperação da área 2

Bioindicadores também foram encontrados aos 24 meses após a implantação das técnicas de recuperação. Como é o caso dos ninhos de pássaros encontrados nas árvores plantadas no tratamento PL+GAL e PL+SER e a espécie popularmente conhecida como calango papa-vento, que comumente é encontrada em áreas conservadas no tratamento PL-MUD.



Figura 25 – Ninhos de pássaros na canela-guaicá e no tanheiro.



Figura 26 – Calango papa-vento encontrado na UA.

### 4.3.3 Conclusões

Na análise do estabelecimento inicial de diferentes modelos de recuperação florestal em APP anteriormente utilizada na bananicultura se conclui que apenas o abandono (recuperação passiva) da área não é ecologicamente eficiente, visto que o estabelecimento das gramíneas herbáceas é predominante, não favorecendo a regeneração de outras espécies florestais, apenas o recobrimento do solo com as espécies daninhas.

A utilização de modelos conjugados de técnicas de recuperação ativa com a nucleação, principalmente de transposição de serrapilheira e transposição de galharia, com o plantio de mudas de árvores nativas é eficiente, proporcionando diversidade de espécies e abundância, além de que são de baixo custo de implantação, proporcionando o processo de recuperação florestal da área que através da sucessão ecológica pelos anos poderá atingir a restauração ambiental.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em áreas de recuperação florestal que foram utilizadas para bananicultura, em que os solos frequentemente passavam por práticas culturais de manejo como correção, fertilização e aporte de matéria orgânica da própria bananeira, e ainda com remanescentes florestais próximos na paisagem, a utilização de técnicas como a nucleação, que envolve a transposição de serrapilheira, enleiramento de galharias e instalação de poleiros é uma ótima escolha para a recuperação das matas ciliares, visto a alta capacidade de resiliência e regeneração nessas áreas.

Nestas mesmas áreas, o conjugado das técnicas de nucleação com o plantio de mudas florestais nativas pode acelerar o processo de recuperação e diminuir custos de implantação pela dispensabilidade de adubação, favorecendo sua implantação em extensões maiores. Porém, apenas o abandono da APP não é eficiente para a biodiversidade, pois as plantas daninhas recobrem a área rapidamente dificultando a regeneração natural de outras espécies arbóreas.

Ainda, indica-se a elaboração de estudos sobre a eficiência das metragens de recuperação florestal em pequenas propriedades rurais e também referente à conservação do solo, seus processos erosivos, como o coeficiente de escoamento das áreas em recuperação com o modelo conjugado de técnicas de recuperação florestal em médio e longo prazo.

Por fim, o estudo trouxe que a utilização dessas técnicas são Soluções Baseadas na Natureza (SbN) de baixo investimento financeiro e de energia, muito eficientes, que contribuem com a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e o alcance das metas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável: (13) Ação contra a mudança global do clima, (15) Vida Terrestre.

## 6 REFERÊNCIAS

ARRAES, R. de A. e; MARIANO, F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [S.L.], v. 50, n. 1, p. 119-140, mar. 2012.

AUMOND, J. J. **Restauração ambiental de sistemas complexos**. Curitiba: Editora Appris, 2019. 303 p.

BARBOSA, L. M. (org.). **Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2017. 344 p.

BRASIL. Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934. Aprova o código florestal que com este baixa. Rio de Janeiro, RJ, 09 fev. 1934.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Institui o Novo Código Florestal**. Brasília.

BRONDANI, G. E.; SILVA, A. J. C.; REGO, S. S.; GRISI, F. A.; NOGUEIRA, A. C.; WENDLING, I.; ARAUJO, M. A. de. FERTILIZAÇÃO DE LIBERAÇÃO CONTROLADA NO CRESCIMENTO INICIAL DE ANGICO BRANCO. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 167-176, mar. 2008.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1, p. 541-548.

CAVA, M. G. de B.; ISERNHAGEN, I.; MENDONÇA, A. H. de; DURIGAN, G. Comparação de técnicas para restauração da vegetação lenhosa de Cerrado em pastagens abandonadas. **Hoehnea**, [S.L.], v. 43, n. 2, p. 301-315, jun. 2016.

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

CHAGAS, V. B. P.; CHAFFE, P. L. B.; BLÖSCHL, G. *Climate and land management accelerate the Brazilian water cycle*. **Nature Communications**, [S.L.], v. 13, n. 5136, p. 1-10, 1 set. 2022. <http://dx.doi.org/10.1038/s41467-022-32580-x>

CHEN, Y.; TU, P.; YANG, Y.; XUE, X.; FENG, Z.; DAN, C.; CHENG, F.; YANG, Y.; DENG, L. *Diversity of rice rhizosphere microorganisms under different fertilization modes of slow-release fertilizer*. **Scientific Reports**, [S.L.], v. 12, n. 1, 17 fev. 2022.

CUNHA, F. L.; NIERI, E. M.; SANTOS, J. A. dos; ALMEIDA, R. S. de; MELO, L. A. de; VENTURIN, N. Uso dos adubos de liberação lenta no setor florestal. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 41, 2021. DOI: 10.4336/2021.pfb.41e201902063. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/2063>. Acesso em: 12 abr. 2023.

EMBRAPA (Brasil). **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. Brasília: Embrapa, 2018. 212 p.

EPAGRI. **Banco de dados de variáveis ambientais de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2020. 20p. (Epagri, Documentos, 310) - ISSN 2674-9521 (On-line).

EXPERT, C. **Basacote® Plus 12M**: informação técnica. Si: Compo Expert, 2023. 5 p.  
**Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>

FERREIRA, D. F. *SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS*. REVISTA BRASILEIRA DE BIOMETRIA, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535, dec. 2019. ISSN 1983-0823. Available at: <<http://www.biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>>. Date accessed: 10 feb. 2020. doi: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.

FONTANA, C.; BÜNDCHEN, M. *Restoration of riparian vegetation on a small farm*. **Ambiência**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 149-162, abr. 2015.

FONSECA, D. A. da; BACKES, A. R.; ROSENFELD, M. F.; OVERBECK, G. E.; MÜLLER, S. C. AVALIAÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL EM ÁREA DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA E MATA CILIAR DE REFERÊNCIA. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 521-534, jun. 2017.

GIROTO, A. S.; GUIMARÃES, G. G. F.; FOSCHINI, M.; RIBEIRO, C. *Role of Slow-Release Nanocomposite Fertilizers on Nitrogen and Phosphate Availability in Soil*. **Scientific Reports**, [S.L.], v. 7, n. 1, 13 abr. 2017. <http://dx.doi.org/10.1038/srep46032>.

HILL, T. & LEWICKI, P. **STATISTICS: Methods and Applications**. StatSoft, Tulsa, OK. 2007.  
IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271 p.

KLUCK, C.; REFOSCO, J. C.; CAGLIONI, E.; ARMÊNIO, G. de A. Impacto na economia das propriedades bananicultoras em Luís Alves-SC, em função da implementação das áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**, [S.L.], v. 35, n. 31, p. 707-716, jun. 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0100-67622011000400015>.

LANG, A.; MALAVASI, U. C.; DECKER, V.; PÉREZ, P. V.; ALEIXO, M. A.; MALAVASI, M. de M. APLICAÇÃO DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO LENTA NO ESTABELECIMENTO DE MUDAS DE IPÊ-ROXO E ANGICO-BRANCO EM ÁREA DE DOMÍNIO CILIAR. **Floresta**, [S.L.], v. 41, n. 2, p. 271-276, 30 jun. 2011.

MANUAL. **Adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.** 11 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de Química e Fertilidade do Solo – RS/SC, 2016. 376 p.

MARTINS, A. C. F. **Diversidade funcional de espécies nativas em programa de restauração ambiental.** 2013. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação e Biologia Vegetal, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

MARQUES, L. Brasil, 200 anos de devastação O que restará do país após 2022? **Estudos Avançados**, [S.L.], v. 36, n. 105, p. 169-184, ago. 2022.

MAPA. (org.). **BALANÇA COMERCIAL DO AGRONEGÓCIO:** dezembro/2021. Brasília: Mapa, 2022. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/exportacoes-do-agronegocio-batem-recorde-em-dezembro-e-no-ano-de-2021/NotaImprensaBalanaComercial12\\_2021.pdf](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/exportacoes-do-agronegocio-batem-recorde-em-dezembro-e-no-ano-de-2021/NotaImprensaBalanaComercial12_2021.pdf). Acesso em: 05 fev. 2022.

MORAES, M. G. de. *The environmental thinking of Jose Bonifacio de Andrada e Silva.* **Revista Vértices**, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 16, n. 2, p. 129-142, mai/ago, 2014. Essentia Editora.

NITA. **A importância da agricultura familiar em Santa Catarina.** 2017. Disponível em: <<http://nita.org.br/>>. Acesso em: 16 mar. 2019.

PAIXÃO, R. M. **Recuperação de Áreas Degradadas e Passivos Ambientais.** Maringá: Unicesumar, 2017. 30 p.

PATRICIO, R. S. **FRUGIVORIA E DISPERSÃO DE SEMENTES DE *Myrsine coriacea* (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult. (PRIMULACEAE) PELA AVIFAUNA EM UMA ÁREA DE REGENERAÇÃO NATURAL DO PARQUE ESTADUAL DA SERRA FURADA, SC.** 2018. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Mestrado em Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2018.

PIELOU, E. C. **The interpretation of ecological data: a primer on classification and ordination.** John Wiley & Sons: New York, 1984

RECH, C. C. C.; SILVA, A. C. da; HIGUCHI, P.; SCHIMALSKI, M. B.; PSCHIEDT, F.; SCHMIDT, A. B.; ANSOLIN, R. D.; BENTO, M. A.; MISSIO, F. F.; LOEBENS, R. Avaliação da Restauração Florestal de uma APP Degradada em Santa Catarina. **Floresta e Ambiente**, [S.L.], v. 22, n. 2, p. 194-203, 12 maio 2015.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R. *Nucleation in tropical ecological restoration.* **Scientia Agricola**, [S.L.], v. 67, n. 2, p. 244-250, abr. 2010.

RODRIGUES, B. D.; MARTINS, S. V.; LEITE, H. G. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. **Revista Árvore**, [S.L.], v. 34, n. 1, p. 65-73, fev. 2010.

RODRIGUES, E. R.; MONTEIRO, R.; CULLEN JUNIOR, L. Dinâmica inicial da composição florística de uma área restaurada na região do Pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, [S.L.], v. 34, n. 5, p. 853-861, out. 2010.

RODRIGUES, R. R.; LIMA, R. A.F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G.. *On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the brazilian atlantic forest*. **Biological Conservation**, [S.L.], v. 142, n. 6, p. 1242-1251, jun. 2009.

RORIZ, P. A. C.; FEARNSIDE, P. M. A construção do Código Florestal Brasileiro e as diferentes perspectivas para a proteção das florestas. **Novos Cadernos NAEA**, v. 18, n. 2, p. 51-68, jun-set. 2015.

RUIZ-JAEN, M. C.; AIDE, T. M. *Restoration Success: how is it being measured?* **Restoration Ecology**, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 569-577, set. 2005.

SÃO BENTO DO SUL. PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO BENTO DO SUL. (org.). **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Municipal Rio Vermelho/Humboldt**. São Bento do Sul, 2011.

Serviço Florestal Brasileiro. **Inventário Florestal Nacional**: principais resultados: Santa Catarina. Brasília: MMA, 2018. 106 p. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/publicacoes>. Acesso em: 11 abr. 2023.

SILVA, P.H. M. da; POGGIANI, F.; SILVA, A. A.; PRADA NETO, I.; PAULA, R. C. de. MORTALIDADE, CRESCIMENTO E SOLUÇÃO DO SOLO EM EUCALIPTO COM APLICAÇÃO DE FERTILIZANTE DE LIBERAÇÃO LENTA. **Cerne**, [S.L.], v. 21, n. 3, p. 473-481, set. 2015

STEINBACH, A. M.; TOMASELLI, C. C. *Você já ouviu falar do Comitê Itapocu?* 2. ed. Jaraguá do Sul: ID Editora, 2014. 24 p.

TRENTIN, B. E.; ESTEVAN, D. A.; ROSSETTO, E. F. S.; GORENSTEIN, M. R.; BRIZOLA, G. P.; BECHARA, F. C. RESTAURAÇÃO FLORESTAL NA MATA ATLÂNTICA: passiva, nucleação e plantio de alta diversidade. **Ciência Florestal**, [S.L.], v. 28, n. 1, p. 160-174, 2 abr. 2018.

OLIVEIRA, T. J. F. de. **Técnicas para recuperação de mata ciliar do rio Paraíba do Sul, na Região Noroeste Fluminense**. 2014. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Produção Vegetal, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2014.

ZANGALLI, C.; MARTINS, D. A. P.; BUSS, T. O. de L.; KANIESKI, M. R.; LOURENÇO, G. de J. Influência de variáveis climáticas no desenvolvimento de *Mimosa scabrella* e *Schinus terebinthifolia* em áreas de recuperação pós-mineração no Sul do Brasil. **Advances In Forestry Science**, Cuiabá, p. 1717-1727, 30 jun. 2022.

## 7 APÊNDICE E ANEXOS

### 7.1 Análise do solo da área do experimento

**ESPELHO DO LAUDO DE ANÁLISE**  
 Laudo de Análise: MATERIAL: SOLO  
 Remetente  
 JACKSON FABIO SCHWERDTNER  
 AGROCOML SANDRI LTDA  
 R. AGOSTINHO OLIARI 181 - JOAO TOZINI  
 89.278-000 CORUPA SC  
 FONE: (47) 3375-2408/99656-9350  

 Proprietário:  
 KARINE R. HOLLER  
 CORUPA SC  
 Laudo Expedido em: 23/10/2019

--- AMOSTRA(S) ---  
 Identificações: UNITHAL» 41814 41815  
 Remetente» (00-20) (00-20)  
 AREA 01 AREA 02

	RECUPERAÇÃO	RECUPERAÇÃO
Cultura e/ou Material.»		
MACRONUTRIENTES		
pH (CaCl <sub>2</sub> ).....»	4,7	4,8
pH (H <sub>2</sub> O).....»	5,3	5,4
pH (SMP).....»	6,10	6,10
Hidrog+Alum.H+Al..cmol»	3,8	3,8
Alumínio.....Al..cmol»	0,3	0,2
Cálcio.....Ca..cmol»	3,7	3,8
Magnésio.....Mg..cmol»	1,4	1,4
Potássio.....K..cmol»	0,49	0,85
Fósf (Mehlich)P..mg/dm <sup>3</sup> »	16,0	31,0
Fósf (Resina)P..mg/dm <sup>3</sup> »	29,0	58,0
Carbono.....C..g/dm <sup>3</sup> »	18,0	15,0
Matéria Orgânica.....%»	3,1	2,6
Soma de Bases.SB..cmol»	5,59	6,05
Capac.Troca...CTC.cmol»	9,39	9,85
Saturação Bases.V....%»	59,53	61,42
RELAÇÃO		
Cálcio/Magnésio.....»	2,6	2,7
COMPLEX.ADSORVENTE		
Potássio.....% da.CTC»	5,2	8,6
Cálcio.....% da.CTC»	39,4	38,6
Magnésio.....% da.CTC»	14,9	14,2
Hidrogênio.....% da.CTC»	37,3	36,5
Alumínio.....% da.CTC»	3,2	2,0
MICRONUTRIENTES		
Enxofre.....S..mg/dm <sup>3</sup> »	11,0	9,8
Sódio.....Na..mg/dm <sup>3</sup> »	8,0	8,9
Boro.....B..mg/dm <sup>3</sup> »	0,5	0,5
Ferro.....Fe..mg/dm <sup>3</sup> »	104,5	128,6
Manganês.....Mn..mg/dm <sup>3</sup> »	23,3	28,9
Cobre.....Cu..mg/dm <sup>3</sup> »	1,4	2,6
Zinco.....Zn..mg/dm <sup>3</sup> »	13,3	11,4
GRANULOMETRIA		
Cascalho.....%»	0,0	0,0
Areia Grossa.....%»	25,1	26,3
Areia Fina.....%»	17,2	21,0
Argila.....%»	35,0	27,0
Silte.....%»	22,7	25,7
Densidade Aparente....»	1,1	1,1
Densidade Real.....»	2,6	2,7
Classe Textural USDA...»	FRANCO	FRANCO
.....»	ARGILOSO	ARGILO-ARENOSO
ZARC MAPA IN2 a1º/2008»	SOLO TIPO 3	SOLO TIPO 2
ESPECIAIS		
Cobalto.....Co..mg/dm <sup>3</sup> »	ANS	ANS
Molibdênio..Mo..mg/dm <sup>3</sup> »	ANS	ANS
Nitrogênio.....N....%»	ANS	ANS
C.Elétrica (25°C) .µS/cm»	ANS	ANS
Fósf (Remanesc) ..mg/dm <sup>3</sup> »	ANS	ANS
Pt (Dig. Acida) ..mg/dm <sup>3</sup> »	ANS	ANS
Cloro.....Cl..mg/dm <sup>3</sup> »	ANS	ANS

cmol = cmolc/dm<sup>3</sup> | EXTRATORES | O DOCUMENTO ORIGINAL  
 Res (mmolc) -> Res (cmolc) x 10 | Agua Quente = B | DESTE ESPELHO DEVERÁ  
 ALD = Abaixo Limite Detecção | KCL 1N 1:10=Al,Ca,Mg | ESTAR ASSINADO PELO(S)  
 ANS = Análise Não Solicitada | Mehlich 1:10=K,Na,Fe,Mn,Cu,Zn | RESPONSÁVEL (IS)  
 NI = Não Informado(a) | Enxofre = Fosfato Monocálcico | TÉCNICO(S)  
 -Análise(s) realizada(s) com base em amostra(s) de material, acima identificada(s), entregue(s) em nossos Laboratório

## 7.2 Resumo por tratamento dos parâmetros fitossociológicos

Tabela 7 - RE-PAS

Família	Espécie	GE	Dispersão	AB	DA	DR	FA	FR	VI
Arecaceae	<i>Euterpe edulis</i>	CLI	ZOO	2	190,48	8,33	33,33	12,50	20,83
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	PIO	ZOO: ORN	6	571,43	25,00	33,33	12,50	37,50
Fabaceae	<i>Bauhinia forficata</i>	PIO	AUT	1	95,24	4,17	33,33	12,50	16,67
Fabaceae	<i>Piptadenia gonoacantha</i>	PIO	BAR, ANE, AUT	2	190,48	8,33	33,33	12,50	20,83
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	PIO	ZOO	1	95,24	4,17	33,33	12,50	16,67
Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i>	SEC	ZOO: ORN	1	95,24	4,17	33,33	12,50	16,67
Urticaceae	<i>Boehmeria caudata</i>	PIO	ANE, AUT, ZOO	11	1047,62	45,83	66,67	25,00	70,83

GE=grupo ecológico. CLI=climática, PIO=pioneira, SEC=secundária (inicial e tardia).

ZOO=zoocórica, ORN=ornitocórica, QUI=quiropterocórica, AUT=autocórica, ANE=anemocórica, BAR=barocórica.

DA= densidade absoluta, DR= densidade relativa, FA=frequência absoluta, FR=frequência relativa. VI= valor de importância.

Tabela 8 - PL+POL

Família	Espécie	GE	Dispersão	AB	DA	DR	FA	FR	VI
Arecaceae	<i>Euterpe edulis</i>	CLI	ZOO	9	857,14	6,62	66,67	6,25	12,87
Bignoniaceae	<i>Handroanthus albus</i>	PIO	ANE	6	571,43	4,41	100,00	9,38	13,79
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	PIO	ZOO: ORN	1	95,24	0,74	33,33	3,13	3,86
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i>	PIO	ZOO: ORN	4	380,95	2,94	66,67	6,25	9,19
Fabaceae	<i>Machaerium stiptatum</i>	SEC	ANE	2	190,48	1,47	66,67	6,25	7,72
Fabaceae	<i>Piptadenia gonoacantha</i>	PIO	ANE, AUT:BAR	3	285,71	2,21	66,67	6,25	8,46
Fabaceae	<i>Senna multijuga</i>	PIO	AUT:BAR, ZOO	2	190,48	1,47	33,33	3,13	4,60
Fabaceae	<i>Inga marginata</i>	PIO	ZOO,HID	6	571,43	4,41	100,00	9,38	13,79
Lauraceae	<i>Ocotea puberula</i>	SI	ZOO: ORN	5	476,19	3,68	100,00	9,38	13,05
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	PIO	ZOO	1	95,24	0,74	33,33	3,13	3,86
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	SI	ZOO	5	476,19	3,68	100,00	9,38	13,05
Phytolaccaceae	<i>Seguiera langsdorfii</i>	PIO	ANE	1	95,24	0,74	33,33	3,13	3,86
Piperaceae	<i>Piper aduncun</i>	PIO	ZOO: QUI	1	95,24	0,74	33,33	3,13	3,86
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i>	PIO	ZOO	81	7714,29	59,56	100,00	9,38	68,93
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i>	SI	ZOO	6	571,43	4,41	100,00	9,38	13,79
Urticaceae	<i>Boehmeria caudata</i>	PIO	ANE, AUT, ZOO	3	285,71	2,21	33,33	3,13	5,33

GE=grupo ecológico. CLI=climática, PIO=pioneira, SEC=secundária (inicial e tardia).

ZOO=zoocórica, ORN=ornitocórica, QUI=quiropterocórica, AUT=autocórica, ANE=anemocórica, BAR=barocórica.

DA= densidade absoluta, DR= densidade relativa, FA=frequência absoluta, FR=frequência relativa. VI= valor de importância.

Tabela 9 - PL+SER

Família	Espécie	GE	Dispersão	AB	DA	DR	FA	FR	VI
Arecaceae	<i>Euterpe edulis</i>	Clímax	ZOO	3	285,71	3,26	33,33	2,564	5,79
Bignoniaceae	<i>Handroanthus albus</i>	PIO	ANE	4	380,95	4,30	66,67	5,128	9,43
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	PIO	ZOO: ORN	16	1523,81	17,39	100	7,692	24,9
Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulosum</i>	PIO	AUT:BAR, ZOO	2	190,48	2,17	33,33	2,564	4,71
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i>	PIO	ZOO: ORN	6	571,43	6,45	100	7,692	14,1
Fabaceae	<i>Piptadenia gonoacantha</i>	PIO	ANE, AUT:BAR	4	380,95	4,35	33,33	2,564	6,87
Fabaceae	<i>Machaerium spiptatum</i>	SI/ST/Climax	ANE	2	190,48	2,17	33,33	2,564	4,71
Fabaceae	<i>Bauhinia forficata</i>	PIO	AUT	1	95,24	1,09	33,33	2,564	3,64
Fabaceae	<i>Inga marginata</i>	PIO	ZOO: ORN	7	666,67	7,53	100	7,692	15,2
Lamiaceae	<i>Aegiphyla integrifolia</i>	PIO	ZOO: ORN	1	95,24	1,09	33,33	2,564	3,64
Lauraceae	<i>Nectandra leucontha</i>	ST	ZOO	4	380,95	4,35	33,33	2,564	6,87
Lauraceae	<i>Ocotea puberula</i>	SI	ZOO: ORN	3	285,71	3,23	100	7,692	10,9
Moraceae	<i>Ficus adhatodifolia</i>	ST	ZOO: ORN	1	95,24	1,09	33,33	2,564	3,64
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	PIO	ZOO	1	95,24	1,09	33,33	2,564	3,64
Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i>	PIO	ZOO: ORN	1	95,24	1,09	33,33	2,564	3,64
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	SI	ZOO	5	476,19	5,38	100	7,692	13,1
Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i>	SI/ST	ZOO: ORN	10	952,38	10,87	66,67	5,128	15,9
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i>	SI	ZOO	5	476,19	5,38	100	7,692	13,1
Solanaceae	<i>Solanum sp</i>	PIO	AUT	1	285,71	3,26	33,33	2,564	3,64
Urticaceae	<i>Boehmeria caudata</i>	PIO	ZOO	12	1142,86	13,04	100	7,692	20,6
Urticaceae	<i>Cecropia glaziovii</i>	PIO	ZOO: ORN, QUI	3	285,71	3,26	100	7,692	10,9

GE=grupo ecológico. CLI=climática, PIO=pioneira, SEC=secundária (inicial e tardia).

ZOO=zoocórica, ORN=ornitocórica, QUI=quiropterocórica, AUT=autocórica, ANE=anemocórica, BAR=barocórica.

DA= densidade absoluta, DR= densidade relativa, FA=frequência absoluta, FR=frequência relativa. VI= valor de importância.

Tabela 10 - PL+GAL

Família	Espécie	GE	Dispersão	AB	DA	DR	FA	FR	VI
Arecaceae	<i>Euterpe edulis</i>	Clímax	ZOO	5	476,19	7,04	33,33	3,13	10,17
Bignoniaceae	<i>Handroanthus albus</i>	PIO	ANE	6	571,43	8,451	100,00	9,38	17,83
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i>	PIO	ZOO:ORN	6	571,43	8,451	100,00	9,38	17,83
Fabaceae	<i>Piptadenia gonoacantha</i>	PIO	ANE, AUT:BAR	10	952,38	14,08	66,67	6,25	20,33
Lauraceae	<i>Ocotea puberula</i>	SI	ZOO:	4	380,95	5,634	66,67	6,25	11,88
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i>	ST	ANE	1	95,24	1,41	33,33	3,13	4,53
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	PIO	ZOO	3	285,71	4,23	66,67	6,25	10,48
Myrtaceae	<i>Inga marginata</i>	PIO	ZOO	6	571,43	8,451	100,00	9,38	17,83
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	SI	ZOO	6	571,43	8,451	100,00	9,38	17,83
Piperaceae	<i>Piper aduncun</i>	PIO	ZOO:QUI	6	571,43	8,45	33,33	3,13	11,58
Piperaceae	<i>Piper dilatatum</i>	PIO	ZOO	3	285,71	4,23	33,33	3,13	7,35
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i>	PIO	ZOO	1	95,24	1,41	33,33	3,13	4,53
Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i>	SI/ST	ZOO:ORN	2	190,48	5,41	33,33	3,13	8,53
Sapindaceae	<i>Matayba intermedia</i>	SI/ST	ZOO	2	190,48	2,82	33,33	3,13	5,94
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i>	SI	ZOO	6	571,43	8,451	100,00	9,38	17,83
Solanaceae	<i>Cestrum intermedium</i>	SI	ZOO	1	95,24	1,41	33,33	3,13	4,53
Urticaceae	<i>Cecropia glaziovii</i>	PIO	ZOO: ORN, QUI	2	190,48	2,82	66,67	6,25	9,07
Urticaceae	<i>Boehmeria caudata</i>	PIO	ZOO, ANE, AUT	1	95,24	1,41	33,33	3,13	4,53

GE=grupo ecológico. CLI=climática, PIO=pioneira, SEC=secundária (inicial e tardia).

ZOO=zoocórica, ORN=ornitocórica, QUI=quiropterocórica, AUT=autocórica, ANE=anemocórica, BAR=barocórica.

DA= densidade absoluta, DR= densidade relativa, FA=frequência absoluta, FR=frequência relativa. VI= valor de importância.

Tabela 11 - PL-MUD

Família	Espécie	GE	Dispersão	AB	DA	DR	FA	FR	VI
Arecaceae	<i>Euterpe edulis</i>	Clímax	ZOO	27	2571,43	22,13	33,33	2,94	25,07
Bignoniaceae	<i>Handroanthus albus</i>	PIO	ANE	6	571,43	4,92	100,00	8,82	13,74
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	PIO	ZOO:ORN	4	380,95	3,28	66,67	5,88	9,16
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i>	PIO	ZOO:ORN	5	476,19	4,10	100,00	8,82	12,92
Fabaceae	<i>Schizolobium parahyba</i>	PIO	AUT:BAR, ANE	3	285,71	2,46	66,67	5,88	8,34
Fabaceae	<i>Senna multijuga</i>	PIO	AUT:BAR, ZOO	2	190,48	1,64	66,67	5,88	7,52
Fabaceae	<i>Inga marginata</i>	PIO	ZOO	6	571,43	4,92	100,00	8,82	13,74
Lauraceae	<i>Ocotea puberula</i>	SI	ZOO:ORN	4	380,95	3,28	66,67	5,88	9,16
Meliaceae	<i>Cedrela fissilis</i>	ST	ANE	2	190,48	1,64	66,67	5,88	7,52
Myrtaceae	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	SI	ZOO	5	476,19	4,10	100,00	8,82	12,92
Phyllanthaceae	<i>Hieronyma alchorneoides</i>	SI/ST	ZOO	1	95,24	0,82	33,33	2,94	3,76
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i>	PIO	ZOO:ORN	32	3047,62	26,23	66,67	5,88	32,11
Sapindaceae	<i>Matayba intermedia</i>	SI/ST	ZOO	10	952,38	11,11	66,67	5,88	16,99
Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i>	SI/ST	ZOO:ORN	2	190,48	1,64	33,33	2,94	4,58
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i>	SI	ZOO	6	571,43	4,92	100,00	8,82	13,74
Urticaceae	<i>Boermeria caudata</i>	PIO	ZOO, ANE, AUT	6	571,43	4,92	33,33	2,94	7,86
Verbenaceae	<i>Citharexylum myrianthum</i>	PIO	ZOO	1	95,24	0,82	33,33	2,94	3,76

GE=grupo ecológico. CLI=climática, PIO=pioneira, SEC=secundária (inicial e tardia).

ZOO=zoocórica, ORN=ornitocórica, QUI=quiropterocórica, AUT=autocórica, ANE=anemocórica, BAR=barocórica.

DA= densidade absoluta, DR= densidade relativa, FA=frequência absoluta, FR=frequência relativa. VI= valor de importância.