



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
AMBIENTAL

ANA CLARA BOTAFOGO

“REGENERAÇÃO FLORESTAL APÓS A RETIRADA DE *PINUS* NA MATA  
ATLÂNTICA SUBTROPICAL E TRANSPOSIÇÃO DE SOLO COMO  
ALTERNATIVA DE RESTAURAÇÃO NUCLEADORA”

Linha de Pesquisa

“CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS”

ERECHIM, RS

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
AMBIENTAL

ANA CLARA BOTAFOGO

“REGENERAÇÃO FLORESTAL APÓS A RETIRADA DE *PINUS* NA MATA  
ATLÂNTICA SUBTROPICAL E TRANSPOSIÇÃO DE SERRAPILHEIRA E  
SOLO COMO ALTERNATIVA DE RESTAURAÇÃO NUCLEADORA”

Linha de Pesquisa

“CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS”

ERECHIM, RS

2024

## Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Botafogo, Ana Clara

REGENERAÇÃO FLORESTAL APÓS A RETIRADA DE PINUS NA MATA ATLÂNTICA SUBTROPICAL E TRANSPOSIÇÃO DE SERRAPILHEIRA E SOLO COMO ALTERNATIVA DE RESTAURAÇÃO

NUCLEADORA / Ana Clara Botafogo. -- 2024.

31 f.:il.

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Ceni Coelho

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Erechim,RS, 2024.

1. Restauração florestal. 2. Floresta Estacional Decidual. 3. Biodiversidade. 4. Floresta Ombrófila Mista. 5. Sucessão secundária. I. Coelho, Geraldo Ceni, orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

“千里之行，始于足下” (“Uma jornada de mil milhas  
começa com um único passo”)

老子 – Laozi

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a todos, todas e todes que estiveram envolvidos na minha formação acadêmica, desde os primeiros anos de ensino até o presente momento. Sem vocês, eu não teria me interessado pelo conhecimento, pelos estudos, pela vontade de sempre querer saber mais, mesmo sabendo que nunca saberei o suficiente.

À minha mãe, Maria do Carmo de Jesus Botafogo, pelo apoio emocional, psicológico e financeiro. Sem você, eu teria desistido na primeira decepção. À minha cachorrinha, Kirchner, que sempre me dava “lambeijos” nos momentos de desespero. Ao meu pai e à minha madrasta, André e Flávia, por terem me dado apoio quando cheguei no Rio Grande do Sul e me mostrado como esse estado também pôde ser o meu lar.

Agradeço também ao meu orientador, Geraldo Ceni Coelho, e à sua família incrível, que me acolheram em sua casa, me incentivaram e se tornaram uma rede de apoio para a minha jornada. O que vocês me proporcionaram foi além de tudo que eu poderia imaginar e serei eternamente grata pelos momentos que passamos juntos.

À Universidade Federal da Fronteira Sul, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, ao colegiado de professores, aos servidores, aos colegas e todos que me acolheram e me aturaram pelo período que permaneci na universidade, tanto em Erechim, quanto em Chapecó.

O presente trabalho foi realizado com apoio financeiro da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS.

ANA CLARA BOTAFOGO

“REGENERAÇÃO FLORESTAL APÓS A RETIRADA DE *PINUS* NA MATA  
ATLÂNTICA SUBTROPICAL E TRANSPOSIÇÃO DE SERRAPILHEIRA E  
SOLO COMO ALTERNATIVA DE RESTAURAÇÃO NUCLEADORA”

Dissertação de mestrado, apresentada para o Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 28/05/2024

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Geraldo Ceni Coelho – UFFS

Orientador

---

Profª. Dra. Tanise Sausen – UFRGS

Avaliadora

---

Prof. Dr. Renan de Souza Rezende – Unochapecó

Avaliador

ERECHIM, RS

2024

## RESUMO

As Florestas Nacionais (FLONAs) do sul do Brasil são Unidades de Conservação (UC) muitas vezes apresentam extensas áreas dominadas por espécies exóticas invasivas, se destacando as espécies do gênero *Pinus*. A FLONA de Chapecó (FNC) é uma UC de uso sustentável que apresenta uma proporção considerável de cobertura florestal constituída de plantios de *P. taeda* e *P. elliottii*, sendo a conversão destas áreas para florestas nativas um dos desafios para a conservação da diversidade genética no local. Espécies exóticas possuem reconhecida capacidade de regeneração espontânea e invasão de áreas submetidas ao corte florestal. Este estudo quantificou a presença e a densidade de espécies a partir de um levantamento fitossociológico nos estratos florestais superior lenhoso de indivíduos com PAP  $\geq 15$  cm, e o recrutamento e a regeneração de espécies lenhosas no estrato inferior com altura  $\geq 50$  cm de três áreas da FLONA de Chapecó com diferentes coberturas de vegetação florestal: área em regeneração florestal na qual uma população de *Pinus* spp. foi suprimida há dez anos (REG); floresta nativa sem perturbação nos últimos sessenta anos (NAT); e um talhão de plantação de *Pinus* spp. com idade similar (PIN). Também avaliou a viabilidade de transposição de serrapilheira e solo como estratégia de restauração florestal nucleadora em áreas degradadas, quantificando o recrutamento de espécies lenhosas de amostras coletadas nas mesmas áreas. Os resultados quanto à composição da comunidade lenhosa mostram que o estrato superior não apresenta uma diferença estatística quanto à riqueza entre os três tratamentos ( $\chi^2 = 6,038$  e  $p = 0,04842$ , segundo o teste de Kruskal-Wallis), mas com relação ao número de indivíduos por hectare, a área em regeneração se mostrou inferior em relação às outras duas áreas (segundo teste de Mann-Whitney); o estrato inferior apresenta uma diferença estatística entre o tratamento “PIN”, com valor superior, e os outros dois tratamentos, porém não houve diferença entre os tratamentos “NAT” e “REG” ( $\chi^2 = 10,32$  e  $p = 0,005597$ ). Em relação ao número de indivíduos por hectare, o estrato inferior de “REG” se mostrou inferior ao de “PIN”. As amostras de serrapilheira e solo da área de regeneração não apresentaram germinação *ex situ*, enquanto a área de floresta nativa teve um recrutamento baixo de espécies arbóreas nativas. A área de plantação de *Pinus* spp. originou amostras de serrapilheira e solo com alta

germinação de *Pinus* spp. e poucos indivíduos de espécies nativas. A supressão do *Pinus* spp. possibilitou uma diversidade satisfatória para o estrato superior da área “REG”, em níveis comparáveis à área natural (NAT), porém a riqueza de espécies do estrato inferior foi baixa tanto em “REG” quanto em “NAT”. Na área “REG”, devido à baixa diversidade de espécies no estrato inferior, ações de manejo adicional devem ser cogitadas para objetivos de restauração ecológica, tais como a retirada de lianas, visando melhorar o recrutamento de novos indivíduos e espécies nativas.

**Palavras-chave:** restauração florestal, floresta estacional decidual, biodiversidade, floresta ombrófila mista, sucessão secundária.

## ABSTRACT

The National Forests (FLONAs) in southern Brazil are Conservation Units (UCs) and often have extensive areas dominated by invasive exotic species, especially species of the *Pinus* genus. The FLONA de Chapecó (FNC) is a UC for sustainable use that has a considerable proportion of forest cover made up of *P. taeda* and *P. elliottii* plantations, with the conversion of these areas to native forests being one of the challenges for the conservation of genetic diversity on site. Exotic species have a recognized capacity for spontaneous regeneration and invasion of areas subjected to forest cutting. This study quantified the presence and density of species based on a phytosociological survey in the upper woody forest strata of individuals with PAP  $\geq 15$  cm, and the recruitment and regeneration of woody species in the lower stratum with a height  $\geq 50$  cm of three areas of the FLONA Chapecó with different forest vegetation coverage: area undergoing forest regeneration in which a population of *Pinus* spp. was suppressed ten years ago (REG); native forest undisturbed in the last sixty years (NAT); and a plot of *Pinus* spp. of similar age (PIN). It also evaluated the viability of litter and soil transposition as a core forest restoration strategy in degraded areas, quantifying the recruitment of woody species from samples collected in the same areas. The results regarding the composition of the woody community show that the upper stratum does not present a statistical difference in terms of richness between the three treatments ( $\chi^2 = 6.038$  and  $p = 0.04842$ , according to the Kruskal-Wallis test), but concerning to the number of individuals per hectare, the area under regeneration was lower than the other two areas (according to the Mann-Whitney test); the lower stratum presents a statistical difference between the "PIN" treatment, with a higher value, and the other two treatments, however there was no difference between the "NAT" and "REG" treatments ( $\chi^2 = 10.32$  and  $p = 0.005597$ ). Regarding to the number of individuals per hectare, the lower stratum of "REG" was lesser than of "PIN". Litter and soil samples from the regeneration area did not show *ex situ* germination, while the native forest area had a low recruitment of native tree species. The *Pinus* spp. Originated from samples of litter and soil had high germination of *Pinus* spp. and few individuals of native species. The suppression of *Pinus* spp. allowed satisfactory diversity for the upper stratum of the "REG" area, at levels

comparable to the natural area (NAT), however the species richness of the lower stratum was low in both “REG” and “NAT”. In the “REG” area, due to the low diversity of species in the lower stratum, additional management actions must be considered for ecological restoration objectives, such as the removal of lianas, aiming to improve the recruitment of new individuals and native species.

**Keywords:** forest restoration, seasonal deciduous forest, biodiversity, mixed rain forest, secondary succession.

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. REVISÃO TEÓRICA .....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
3.1. Áreas de Estudo.....	19
3.2. Áreas avaliadas .....	19
3.3. Coleta de Dados .....	20
3.4. Análise de Dados.....	21
4. RESULTADOS.....	22
4.1. Presença e densidade de espécies .....	22
4.1.1. Estrato superior .....	22
4.1.2. Estrato inferior .....	25
4.1.3. Comparação por estrato.....	28
4.2. Recrutamento de indivíduos arbóreos .....	29
5. DISCUSSÃO.....	31
5.1. Dominância e Riqueza de espécies.....	31
5.2. Presença de espécies exóticas.....	32
5.3. Limitações ambientais.....	32
5.4. Viabilidade na transposição de serrapilheira e solo para restauração ambiental .....	32
5.5. Espécies observadas na área experimental .....	34
5.6. Serrapilheira e solo do talhão de <i>Pinus</i> sp.....	35
6. CONCLUSÃO .....	36
REFERÊNCIAS.....	37

## 1. INTRODUÇÃO

A Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), criada com 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável, traz em seu 15º objetivo nove metas que, em conjunto, promovem a pauta de “proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra, e deter a perda de biodiversidade” (ONU, 2015). Parte das metas desse objetivo são voltadas para a restauração de florestas e do solo, sendo assim, trabalhos que visem a coleta de dados e melhoria na qualidade do manejo são de extrema importância (BRANCALION et al., 2022). A proteção e conservação de áreas naturais é necessária, uma vez que interações entre a fauna e a flora são a base para a manutenção da biodiversidade (TRES et al., 2009).

Uma área é considerada um *hotspot* de biodiversidade quando ela possui alta diversidade, espécies endêmicas e uma devastação de no mínimo 70% da vegetação nativa (MITTERMEIER, 1999). A Mata Atlântica originalmente ocupava uma extensão de 1.360.000 km<sup>2</sup>, tendo menos de 8% do bioma conservado atualmente, sendo então considerada um *hotspot* de biodiversidade (MMA, 2000; MYERS et al., 2000). Em 2022, foi registrado um aumento de 66% em áreas desmatadas na Mata Atlântica, o que equivale a 21 mil hectares, em comparação com o ano de 2021 (SOS MATA ATLÂNTICA, 2022). No oeste de Santa Catarina, a Mata Atlântica é o bioma predominante, sendo uma das formações florestais nativas a Floresta Ombrófila Mista (FOM), que sofreu bastante com a supressão de áreas naturais para o plantio de monoculturas, entre elas as *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp. com fins econômicos (VIBRANS, 2013; MORETTO et al., 2023). Outra formação florestal presente no oeste catarinense é a Floresta Estacional Decidua (FED), que ocupava uma grande área ao longo do Rio Uruguai, mas atualmente está significativamente reduzida, tendo apenas cerca de 16% de sua área original, se tornando a fitofisionomia mais fragmentada do estado (LINDENMEYER, 2009).

A Floresta Ombrófila Mista ocupava originalmente 42,5% da vegetação do Estado de Santa Catarina, porém com a exploração madeireira e crescimento da

agricultura, especialmente nas áreas florestais, estima-se que sua vegetação remanescente ocupe menos de 8% da área original, a colocando entre as fitofisionomias mais ameaçadas do bioma Mata Atlântica (LINDENMEYER, 2009). Essa fitofisionomia apresenta subformações e submatas com diferentes espécies, sendo uma parte com Araucárias distribuídas de forma espaçada, e outra formando um estrato superior denso (MORETTO et al., 2023). Além da Araucária (*Araucaria angustifolia*), outras espécies são comumente encontradas nas matas, como as dos gêneros *Ocotea*, *Nectandra*, *Solanum*, *Campomanesia* e a famosa erva-mate (*Ilex paraguariensis*) (BRANDT, 2017).

A Unidade de Conservação (UC) Floresta Nacional (FLONA) de Chapecó foi criada a partir da Portaria nº 560, de 25/10/1968, que renomeou os Parques Florestais do extinto Instituto Nacional do Pinho, criando assim esta unidade e mais duas áreas, denominadas de Floresta Nacional de Caçador e Floresta Nacional de Três Barras (INSTITUTO SOCIOAMBIENTAL, 2013). A introdução de espécies exóticas na FLONA de Chapecó ocorreu por motivos de exploração comercial de matéria-prima madeireira, porém algumas espécies acabaram se adaptando muito bem ao ambiente, dificultando a restauração natural após o manejo desses indivíduos (MORETTO et al., 2023).

Os reflorestamentos comerciais em Santa Catarina recomendavam espécies do gênero *Pinus*, como o *P. taeda* e o *P. elliottii*, para a produção de celulose, papel e outros produtos (CARPANEZZI, 1988), porém pesquisas posteriores mostraram a capacidade dominante dessas espécies exóticas em relação às nativas, sugerindo uma boa adaptação ao ambiente, alta capacidade de regeneração e invasão dos ambientes naturais (GUDINI, 2014). O corte das espécies exóticas em áreas de exploração comercial pode ser um ponto inicial para restaurar a flora local às suas ricas características nativas (EIDT, 2015). Estudos sobre a regeneração natural nessas florestas são relevantes para entender a capacidade de regeneração da floresta sua dinâmica pós recuperação (ROSA ET AL., 2016).

As florestas sucessionais, também conhecidas como secundárias ou em estágio avançado de regeneração, são aquelas que se desenvolvem naturalmente em áreas que foram anteriormente desmatadas, abandonadas ou perturbadas de alguma maneira (BRASIL, 2006). A legislação aborda medidas

para promover a regeneração e conservação das florestas sucessionais, reconhecendo sua importância na recuperação de áreas degradadas e na preservação da biodiversidade (SIMINSKI et al., 2013). O processo de sucessão vegetal está ligado às condições do ambiente e à colonização inicial por espécies pioneiras, que restauram processos ecológicos e facilitam o estabelecimento de espécies tardias (CRUZ et al., 2024). Áreas em regeneração natural são muito afetadas pela atividade agrícola e pecuária, tanto diretamente com a herbivoria dos animais e a implantação de plantios comerciais, quanto indiretamente com a compactação do solo e a perda de propriedades físico-químicas, o que favorece o crescimento de espécies tolerantes à perturbações e a substituição de espécies clímax (AGUIAR et al., 2017).

Os bancos de sementes do solo representam um estoque de biodiversidade crucial para que as florestas nativas possam se perpetuar, mantendo sua diversidade e para que a floresta possa se regenerar em áreas perturbadas. Os bancos de sementes do solo são estoques naturais que promovem a regeneração natural de áreas degradadas, sendo responsáveis por manter a diversidade genética e são fortemente afetados por fatores climáticos e edáficos (JUNIOR et al., 2022).

O Brasil possui mais de 42 milhões de hectares de pastagens degradadas, sendo o país com mais potencial para restaurar e reflorestar essas áreas, beneficiando a sociedade e o meio ambiente, pois possui um Código Florestal atual com diversas leis que visam a recuperação de áreas degradadas em todos os biomas, principalmente na Amazônia e na Mata Atlântica (CALMON, 2021). O Brasil se comprometeu a restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas até 2030 para diversos fins, criando um ambiente propício para investimentos nacionais e internacionais, reconhecendo a importância econômica, social e ambiental das florestas, incluindo o sequestro de carbono e a proteção do solo e dos recursos hídricos (KNOPKI, et al., 2023).

Sendo assim, os objetivos do presente trabalho foram a quantificação da presença e densidade de espécies nos estratos florestais inferior e superior por meio do levantamento fitossociológico em três áreas da FLONA Chapecó em condições diferentes de cobertura florestal: área regeneração florestal (REG), na qual a população de *Pinus* spp. foi suprimida há nove anos para que a floresta

nativa fosse restaurada; floresta nativa (NAT) sem perturbação nos últimos sessenta anos; e um talhão de plantação de *Pinus* spp. (PIN) com idade similar à área nativa; avaliando também a viabilidade de transposição de serrapilheira solo como estratégia de restauração florestal nucleadora em áreas degradadas, a partir da coleta de serrapilheira e solo das três áreas, quantificando o recrutamento de espécies lenhosas.

## 2. REVISÃO TEÓRICA

A Floresta Nacional de Chapecó possui 1.604,35 ha e seu clima é subtropical, com chuvas bem distribuídas durante o ano e temperatura média de 22°C (ICMBio, 2022). Os solos predominantes da área são os Latossolos (IMCBio, 2013). A FLONA de Chapecó está localizada na unidade geomorfológica Planalto de Chapecó, com altitudes variando entre 300 e 1.500 m (MMA, 2023). É dividida em 3 glebas, sendo a Gleba I (1.287,54 ha) e a Gleba III (0,43 ha) localizadas no município de Guatambu (SC), às margens da Rodovia BR/SC283, e a Gleba II (302,62 ha) localizada no município de Chapecó (SC). A fitofisionomia da FLONA de Chapecó é a Floresta Ombrófila Mista, com a presença de indivíduos de *Araucaria angustifolia*, em transição para a Floresta Estacional Decidual (BORDIN et al., 2019), mas também possui talhões de plantios com espécies exóticas dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* (IBAMA, 2013). A Floresta de Araucária no sul do Brasil recebe umidade adicional da chuva que se forma nas nuvens, afetando o regime hidrológico, o balanço de radiação e outras variáveis climáticas, pedológicas e ecológicas. Elas são importantes para o abastecimento de água doce, proteger as nascentes dos rios e estabilizar terrenos mais íngremes. Devido às mudanças climáticas globais e às pressões humanas, sua conservação tem sido comprometida e suas áreas reduzidas a poucas florestas remanescentes (ROSA ET AL., 2016).

A invasão biológica de um ecossistema pode ser influenciada por características físicas no ambiente, como disponibilidade de água, luz e nutrientes, e pela competitividade das espécies o nível de perturbação do habitat (DECHOUM et al., 2015). O *Pinus taeda* tende a invadir espaços em estágio inicial de regeneração, competindo por recursos e substituindo espécies pioneiras nativas, por ter boa adaptação a áreas de clareiras e áreas de borda (GUIDINI et al., 2014). Esta espécie também é encontrada no interior das matas, o que indica um potencial invasivo ainda maior (SCIPIONI, et al., 2018). A alta riqueza de espécies nativas consegue frear o potencial invasivo de *Pinus* spp., entretanto, plantios comerciais (monoculturas) representam perigo para comunidades em estágios iniciais de regeneração (SPIAZZI et al., 2017). Plantio de *Pinus* spp. em áreas úmidas abaixam o nível de lençóis freáticos e contribuem

para o assoreamento mais rápido dos corpos hídricos (BURGUEÑO, 2013). Comunidades com mais riqueza de espécies tendem a ser mais resistentes à invasão biológica, pois a presença de espécies de diferentes grupos funcionais, ocupando diversos nichos ecológicos, pode reduzir a suscetibilidade à invasão biológica (ELTON, 2020). Comunidades em estágios iniciais de sucessão apresentam mais espécies invasoras, que ocupam o espaço pela disponibilidade de recursos e menor competição. Essas espécies possuem alta produção de sementes, crescimento acelerado e atingem a fase reprodutiva mais rápido, facilitando a colonização em áreas perturbadas. A restauração da conectividade e redução de perturbações ambientais podem ajudar a diminuir os efeitos das espécies invasoras em áreas fragmentadas, restaurando a integridade ecológica delas (FINE, 2002; DENSLOW et al., 2008; SIMBERLOFF et al., 2011).

A dinâmica sucessional é mensurada pelas mudanças florestais, como o recrutamento e a mortalidade de indivíduos, podendo ser influenciados por perturbações, competição, predação, entre outros fatores, fazendo com que a biodiversidade aumente ou diminua (RUSCHEL et al., 2009). Áreas em processo de regeneração natural podem apresentar baixa riqueza de espécies devido à exposição a distúrbios ambientais, como presença de gado e uso extensivo para agroecossistemas (AGUIAR et al., 2017). Por outro lado, algumas espécies são chamadas de "facilitadoras", tendo capacidade de melhorar o ambiente para que outras espécies se estabeleçam, proporcionando várias interações, como atração de dispersores de sementes, promoção da diversidade biológica e criação de novos nichos ecológicos (REIS et al., 2003).

Existem diferentes técnicas e procedimentos para fins de restauração florestal, como a regeneração espontânea (restauração passiva), a semeadura direta, técnicas de nucleação, plantio de mudas, e associação com sistemas agroflorestais (COELHO, 2010). A restauração passiva apresenta uma boa recuperação funcional e estrutural a curto prazo (INHAMUNS et al., 2021), porém em alguns casos apresenta menor diversidade que suas florestas de referência, fazendo-se necessário um acompanhamento fitossociológico contínuo (VIAPIANA et al., 2019; LISBOA et al., 2021). Espécies clímax não tem uma alta sobrevivência no período inicial da restauração florestal, sugerindo que devem ser introduzidas após a estabilização do ambiente (COELHO et al., 2021). A

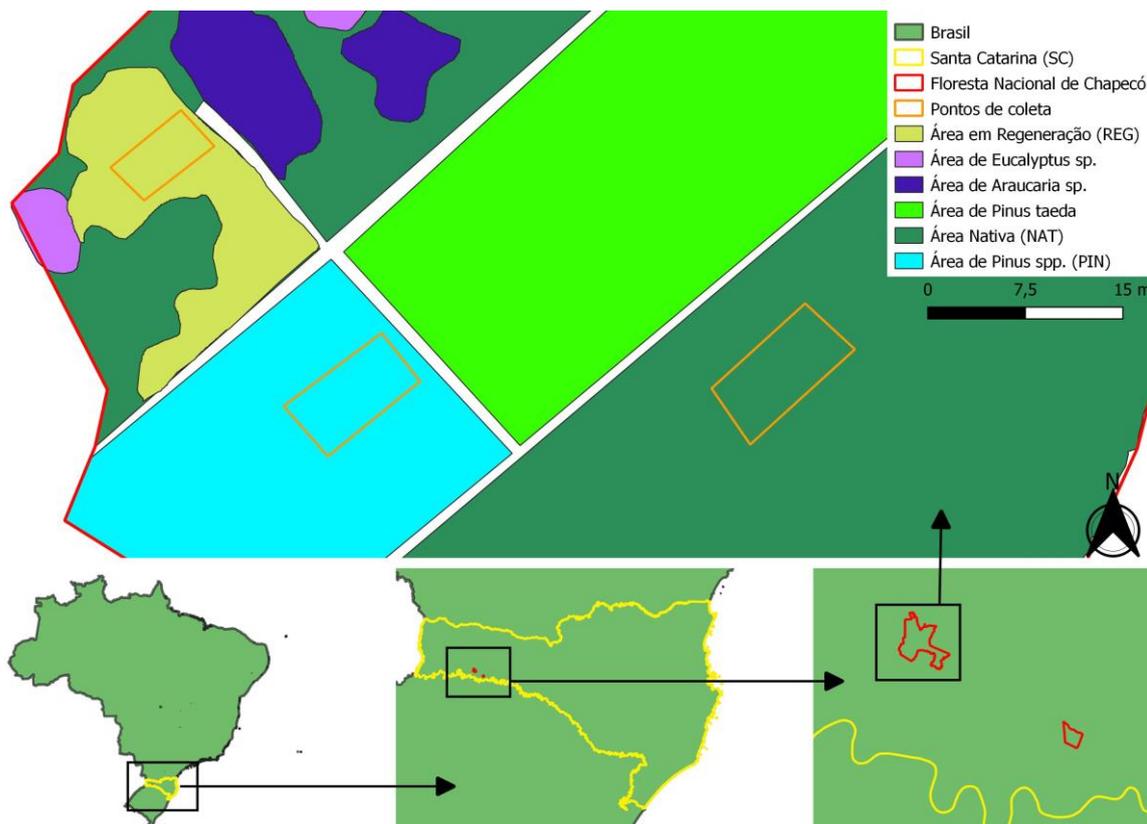
transposição de solo consiste na remoção de uma camada superficial do solo e serapilheira de áreas naturais conservadas e sua aplicação em áreas degradadas com características semelhantes, facilitando a recuperação da biodiversidade regional, promovendo a germinação do banco de sementes e o desenvolvimento da biota do solo (REIS et al., 2014). O solo é formado por organismos vivos, minerais e matéria orgânica, que interagem formando a micro, meso e macrofauna/flora em áreas de restauração (REIS et al., 2003). A transposição de solo e serapilheira como técnica de restauração ambiental é feita em parcelas que vão transportar microrganismos e sementes para a área degradada, com o objetivo de condicioná-la e favorecer a sobrevivência de indivíduos nativos, porém é uma técnica não muito recomendada para grandes ambientes perturbados, devido ao volume insuficiente de material que pode ser retirado da área natural sem comprometer a mesma (SILVEIRA, 2020). A técnica de transposição de solo visa restaurar os processos de ciclagem de nutrientes, reestruturação e fertilidade em áreas danificadas, sendo uma estratégia eficiente para garantir a sobrevivência da biodiversidade do solo (REIS et al., 2003).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Áreas de Estudo

As áreas de estudo estão localizadas na Floresta Nacional de Chapecó (FLONA Chapecó - FNC) (Figura 1).

Figura 1: Desenho esquemático dos locais de coleta.



#### 3.2. Áreas avaliadas

Área A: Restauração (REG): Está em processo de regeneração natural desde 2013, após a retirada de indivíduos de *Pinus* spp. (ALCANTARA, 2018; COELHO et al., 2021) (Figura 2 – A).

Área B: Vegetação Nativa (NAT): Composta por Floresta Ombrófila Mista sem perturbação nos últimos sessenta anos (BORDIN et al., 2019) (Figura 2 – B).

Área C: Plantação de *Pinus* spp. (PIN): Criada a partir de 1963, desbastada entre 1978 e 2002, com suspensão da retirada de indivíduos desde então (RIBEIRO, 2020) (Figura 2 – C).

Figura 2: Fitofisionomias estudadas na FLONA Chapecó: área em processo de restauração (A); área natural (B); plantação de *Pinus* spp. (C). Fonte: A.C. Botafogo.



### 3.3. Coleta de Dados

Para o levantamento fitossociológico, o estrato superior de cada área foi avaliado em 10 parcelas de 20 x 25 m, analisando-se todas as árvores com perímetro à altura do peito (PAP)  $\geq$  15 cm e sem restrição de altura. O estrato inferior foi avaliado em 20 parcelas de 3,5 x 4,0 m, incluindo todas as plantas lenhosas com perímetro altura  $\geq$  50 cm e sem restrição de perímetro.

As espécies foram catalogadas e verificadas com o auxílio do projeto Flora e Funga do Brasil, coordenado pelo Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ, 2020). Os nomes científicos utilizados foram os nomes considerados aceitos das espécies, de acordo com o projeto, até a data da publicação deste trabalho.

Para a verificação de viabilidade na transposição de serrapilheira e solo, como técnica nucleadora de restauração ecológica, foram conduzidas coletas mensais durante 12 meses nas três áreas avaliadas, com quatro repetições para cada um dos três tratamentos (REG, NAT, PIN). Cada repetição foi subdividida em duas camadas: serrapilheira e solo superficial.

A coleta de serrapilheira foi realizada por meio do recolhimento de folhas, galhos, sementes e resíduos florestais presentes superficialmente no assoalho florestal. As coletas das amostras de solo foram feitas a partir da medição da área logo abaixo da serrapilheira coletada, medindo 50 x 50 x 5 cm (largura, comprimento e profundidade, respectivamente), com o auxílio de um gabarito de

madeira com as dimensões mencionadas anteriormente. As amostras foram armazenadas separadamente em sacolas plásticas de 50L, identificadas pelo tipo de coleta e pelo número da repetição.

Para a avaliação do recrutamento de indivíduos de espécies lenhosas, cada amostra foi aplicada sobre um espaço de 1 m<sup>2</sup> na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS - Campus Chapecó), totalizando, ao final dos 12 meses de coleta, uma área de 288 m<sup>2</sup> (Tabela 1). As amostras de serrapilheira e solo oriundas da mesma repetição foram dispostas lado a lado na área experimental para melhor comparação, e avaliadas individualmente pelos seis meses seguintes após sua instalação.

Tabela 1: Croqui da distribuição de uma coleta mensal na área experimental. SRP = serapilheira coletada; SOLO = volume do solo coletado; REG = Área em regeneração; NAT = Floresta nativa; PIN = Plantação de *Pinus* spp.

SRP	REG R1	REG R2	REG R3	REG R4	NAT R1	NAT R2	NAT R3	NAT R4	PIN R1	PIN R2	PIN R3	PIN R4
SOLO	REG R1	REG R2	REG R3	REG R4	NAT R1	NAT R2	NAT R3	NAT R4	PIN R1	PIN R2	PIN R3	PIN R4

### 3.4. Análise de Dados

Os dados obtidos com o estudo fitossociológico das áreas foram analisados com o auxílio do software PAST 3.25 (HAMMER et al., 2001), obtendo-se a curva de acumulação de espécies e a Série de Rényi (1961). O software EstimateS (COLWELL, R. K., 2009) foi utilizado para a extrapolação da riqueza de espécies nos estratos, no intuito de avaliar a exaustão amostral.

Foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk (1965) para testar a normalidade dos dados coletados. O número de espécies por estrato foi comparado utilizando o teste de Kruskal-Wallis (1952), disponível no software PAST 3.25, com nível de significância  $\alpha < 0,05$ . O teste de Mann-Whitney (1947) foi usado para verificar se as médias foram estatisticamente iguais (H0) ou diferentes (H1).

O recrutamento na área experimental foi avaliado de acordo com a emergência da parte aérea das plântulas, durante o período de 6 meses para

cada repetição, sendo as primeiras amostras avaliadas inicialmente em agosto de 2022 e as últimas amostras finalizadas em dezembro de 2023. As baixas de indivíduos foram contabilizadas pela diferença entre a avaliação do mês atual e a do mês anterior. Os dados foram comparados estatisticamente utilizando o teste t de Student (1908) com nível de confiança de 95%, para verificar se as médias das amostras de serrapilheira e solo foram estatisticamente iguais (H0) ou diferentes (H1).

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Presença e densidade de espécies

#### 4.1.1. Estrato superior

No estrato superior da área em regeneração (Figura 3 e Tabela 2), foram encontrados 218 indivíduos, distribuídos em 41 espécies, sendo as mais predominantes: *Trema micrantha* (L.) Blume (65 indivíduos); *Myrsine umbellata* Mart. (18 indivíduos); *Tabernaemontana catharinensis* A.DC. (13 indivíduos); e *Albizia niopoides* (Spruce ex Benth.) Burkart (11 indivíduos).

No estrato superior da área natural (Figura 3 e Tabela 2), foram encontrados 268 indivíduos, distribuídos em 44 espécies, sendo as mais predominantes: *Coussarea contracta* (Walp.) Müll.Arg. (72 indivíduos); *Actinostemon concolor* (Spreng.) Müll.Arg. (45 indivíduos); *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (18 indivíduos); e *Ocotea diospyrifolia* (Meisn.) Mez (18 indivíduos).

No estrato superior da área de *Pinus* spp. (Figura 3 e Tabela 2), foram encontrados 266 indivíduos, distribuídos em 32 espécies, sendo as mais predominantes: *Pinus* sp. (80 indivíduos); *Myrsine umbellata* Mart. (60 indivíduos); *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (23 indivíduos); e *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil. (21 indivíduos).

Figura 3: Série de Rényi para os estratos superiores das áreas avaliadas.

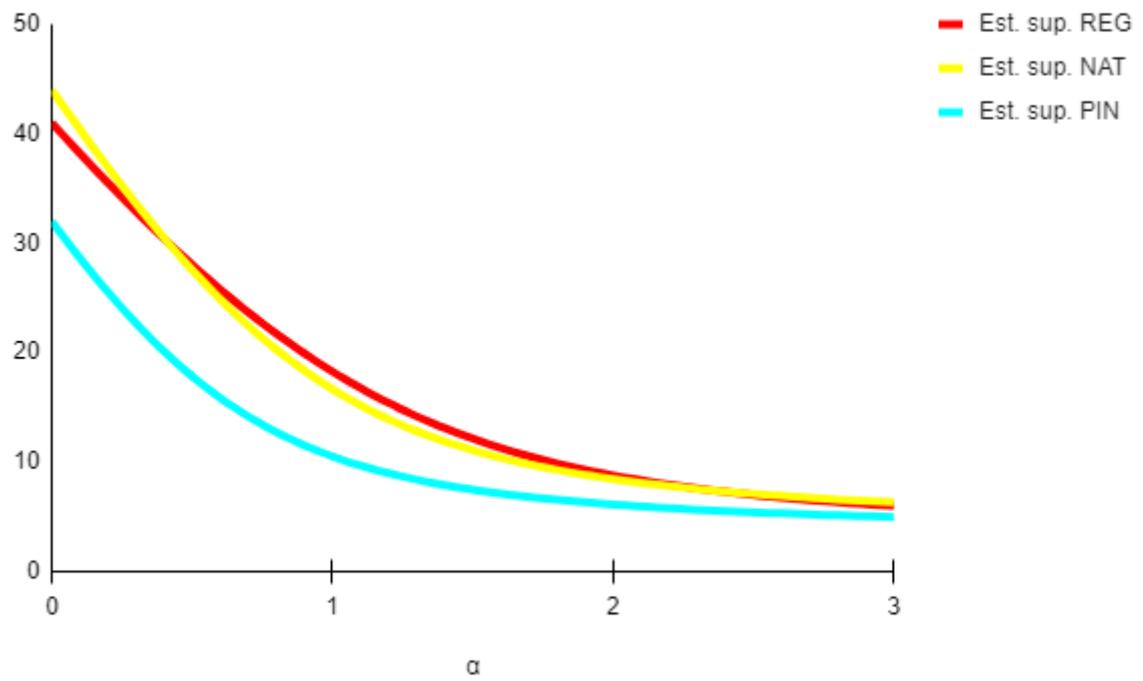


Tabela 2: Número de indivíduos amostrados, riqueza (Taxa\_S), Índice de Simpson (Simpson\_1-D), Índice de Shannon (Shannon\_H), Homogeneidade (Evenness\_e^H/S), Indivíduos de *Pinus* spp. amostrados e espécies dominantes para o estrato superior das três áreas avaliadas.

	Est. Sup. REG	Est. Sup. NAT	Est. Sup. PIN
Nº de indivíduos	218	268	266
Taxa_S	41	44	32
Simpson_1-D	0,8861	0,8815	0,8365
Shannon_H	2,905	2,812	2,353
Evenness_e^H/S	0,4456	0,3784	0,3287
Indivíduos de <i>Pinus</i> spp.	1	0	80
Espécies dominantes	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	<i>Coussarea contracta</i> (Walp.) Müll.Arg.	<i>Pinus</i> sp.
	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	<i>Actinostemon concolor</i> (Spreng.) Müll.Arg.	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.
	<i>Tabernaemontana catharinensis</i> A.DC.	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze
	<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart	<i>Ocotea diospyrifolia</i> (Meisn.) Mez	<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.

O número de indivíduos por parcela (Figura 4) e por hectare (Figura 5) dos estratos superiores das três áreas foi comparado, usando o teste de Mann-Whitney (1947).

Figura 4: comparação de número de indivíduos por parcela para os estratos arbóreos em REG, NAT e PIN.

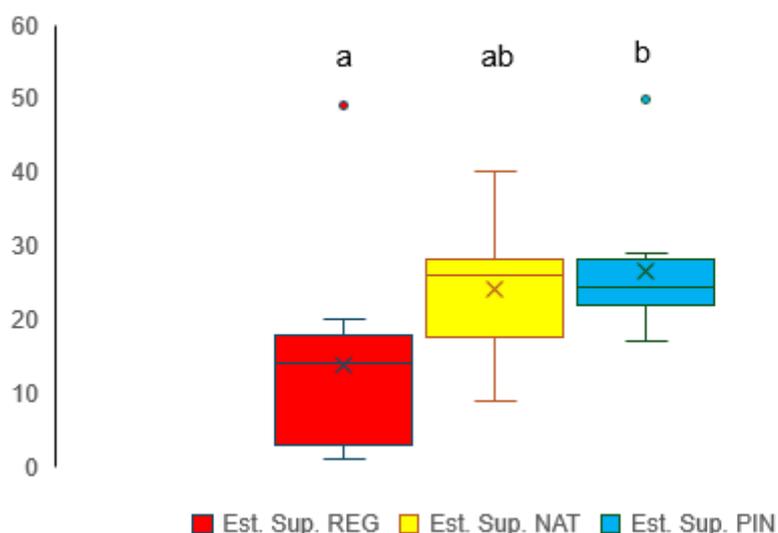
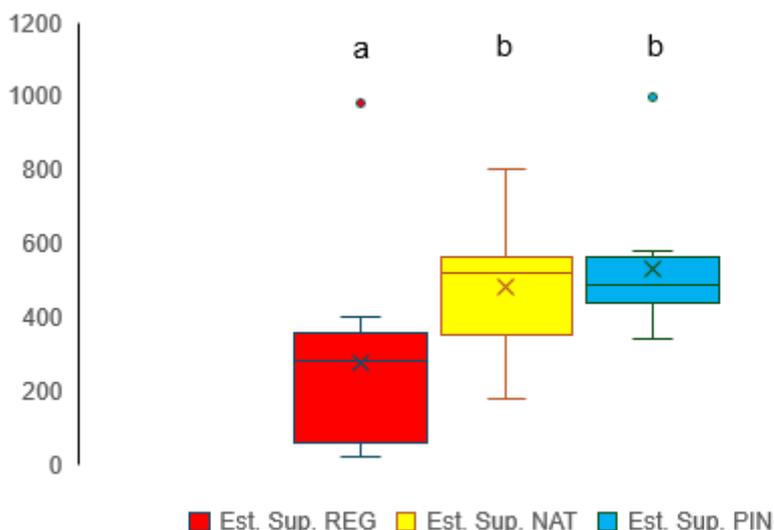


Figura 5: comparação de número de indivíduos por hectare para os estratos arbóreos em REG, NAT e PIN.



Os dados do estrato superior foram analisados utilizando o Teste de Kruskal-Wallis, obtendo  $\chi^2 = 6,038$  e  $p = 0,04842$ , não sendo identificadas diferenças estatísticas entre a área natural e a área de plantação de *Pinus* spp. por parcela e por hectare. Já a área em regeneração teve diferença em relação à área de *Pinus* spp. por parcela e por hectare, e diferença em relação à área natural por hectare.

#### 4.1.2. Estrato inferior

No estrato inferior da área em regeneração (Figura 6 e Tabela 3), foram encontrados 61 indivíduos, distribuídos em 16 espécies, sendo as predominantes: *Piper aduncum* L. (14 indivíduos); *Ocotea puberula* (Rich.) Nees (7 indivíduos); *Myrsine umbellata* Mart. (6 indivíduos); e *Tabernaemontana catharinensis* A.DC.(6 indivíduos).

No estrato inferior da área natural (Figura 6 e Tabela 3), foram encontrados 142 indivíduos, distribuídos em 17 espécies, sendo as predominantes: *Psychotria suterella* Müll.Arg. (89 indivíduos); *Coussarea contracta* (Walp.) Müll.Arg. (22 indivíduos); *Sorocea bonplandii* (Baill.) W. C. Burger et al. (15 indivíduos).

No estrato inferior da área de *Pinus* spp. (Figura 6 e Tabela 3), foram encontrados 196 indivíduos, distribuídos em 28 espécies, sendo as mais predominantes: *Psychotria suterella* Müll.Arg. (85 indivíduos); *Piper aduncum* L. (28 indivíduos); *Pombalia bigibbosa* (A.St.-Hil.) Paula-Souza (15 indivíduos); e *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. (8 indivíduos).

Figura 6: Série de Rényi para os estratos inferiores das áreas avaliadas.

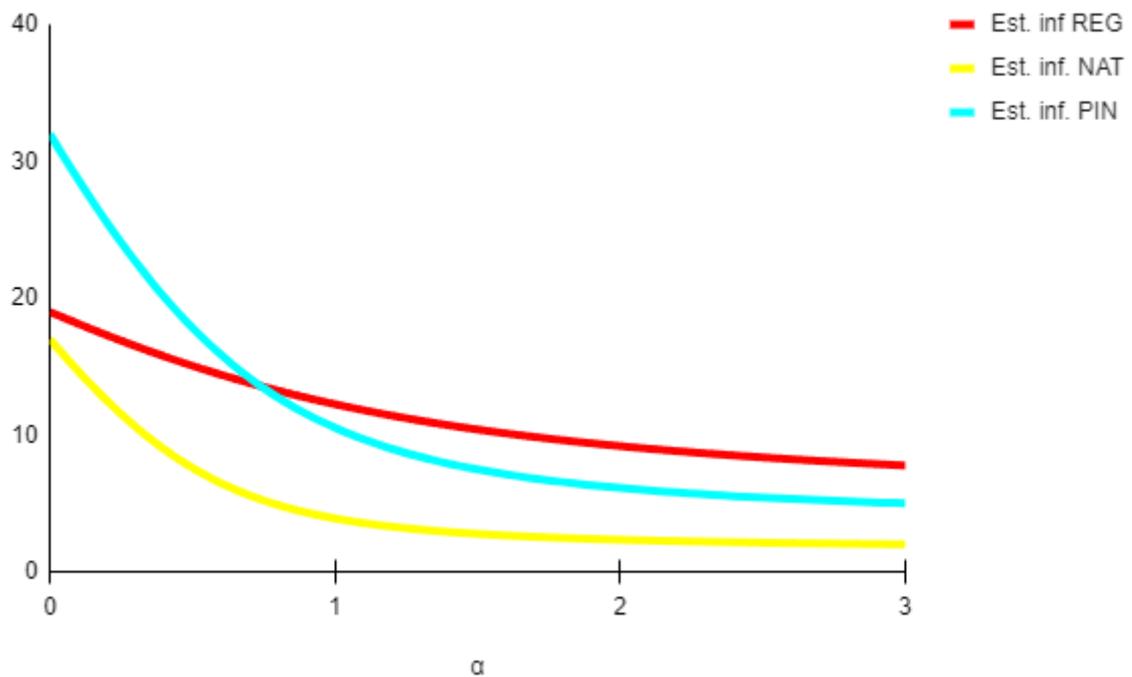


Tabela 3: Número de indivíduos amostrados, riqueza (Taxa\_S), Índice de Simpson (Simpson\_1-D), Índice de Shannon (Shannon\_H), Homogeneidade (Evenness\_e^H/S), Indivíduos de *Pinus* spp. amostrados e espécies dominantes para o estrato inferior das três áreas avaliadas.

	Est. Inf REG	Est. Inf NAT	Est. Inf. PIN
Nº de indivíduos	96	142	196
Taxa_S	19	17	28
Simpson_1-D	0,8911	0,571	0,7786
Shannon_H	2,505	1,358	2,246
Evenness_e^H/S	0,6443	0,2287	0,3375
Indivíduos de <i>Pinus</i> spp.	0	0	0
Espécies dominantes	<i>Piper aduncum</i> L.	<i>Psychotria suterella</i> Müll.Arg.	<i>Psychotria suterella</i> Müll.Arg.
	<i>Ocotea puberula</i> (Rich.) Nees	<i>Coussarea contracta</i> (Walp.) Müll.Arg.	<i>Piper aduncum</i> L.
	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C.Burger et al.	<i>Pombalia bigibbosa</i> (A.St.-Hil.) Paula-Souza
	<i>Tabernaemontana catharinensis</i> A.DC.	<i>Chrysophyllum gonocarpum</i> (Mart. & Eichler ex Miq.) Engl.	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.

O número de indivíduos por parcela (Figura 7) e por hectare (Figura 8) dos estratos inferiores das três áreas foi comparado, usando o teste de Mann-Whitney (1947).

Figura 7: comparação de número de indivíduos por parcela para os estratos inferiores em REG, NAT e PIN.

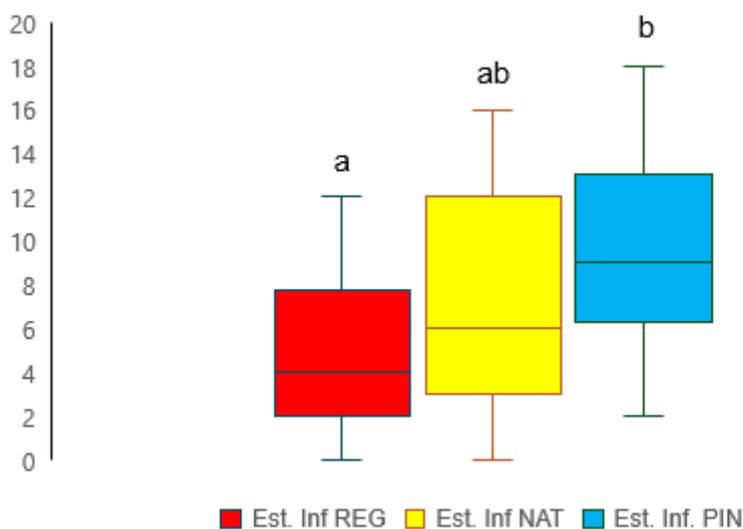
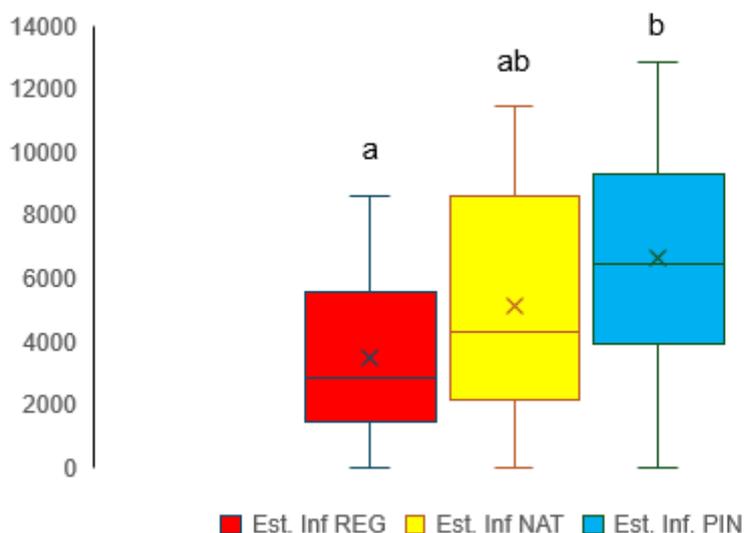


Figura 8: comparação de número de indivíduos por hectare para os estratos inferiores em REG, NAT e PIN.

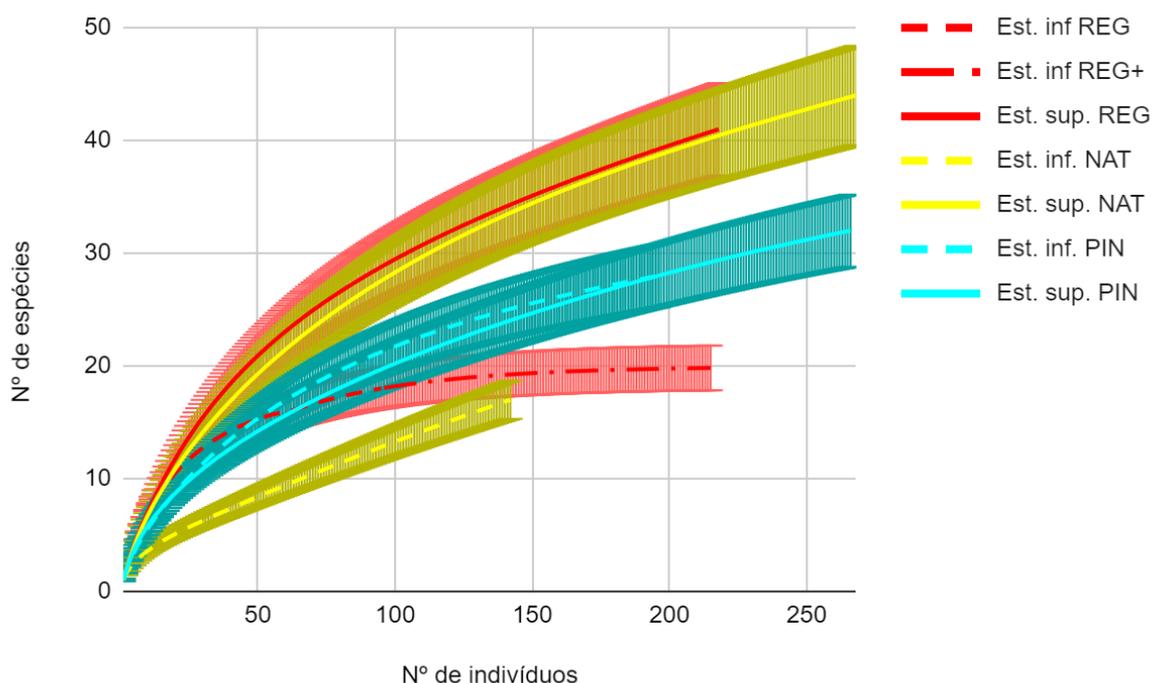


Os dados do estrato inferior foram analisados utilizando o Teste de Kruskal-Wallis, obtendo  $\chi^2 = 10,32$  e  $p = 0,005597$ , não sendo identificadas diferenças estatísticas entre a área natural e a área de plantação de *Pinus* spp por parcela e por hectare, porém a área em regeneração se mostrou diferente da área de *Pinus* spp. nos dois cenários.

#### 4.1.3. Comparação por estrato

A curva de acumulação de espécies (Figura 9) dos estratos superior e inferior das áreas avaliadas mostra que, a 95% de confiança, as médias de riqueza não se diferenciam estatisticamente por fitofisionomia. A extrapolação do número de indivíduos do estrato regenerante mostrou uma estabilização no número de espécies ao chegar a 100 indivíduos amostrados. Todos os outros estratos não tiveram estabilização, indicando que o número de indivíduos não foi suficiente para atingir a exaustão amostral.

Figura 9: Curva de acumulação para os estratos superior e regenerante das três áreas avaliadas.



#### 4.2. Recrutamento de indivíduos arbóreos

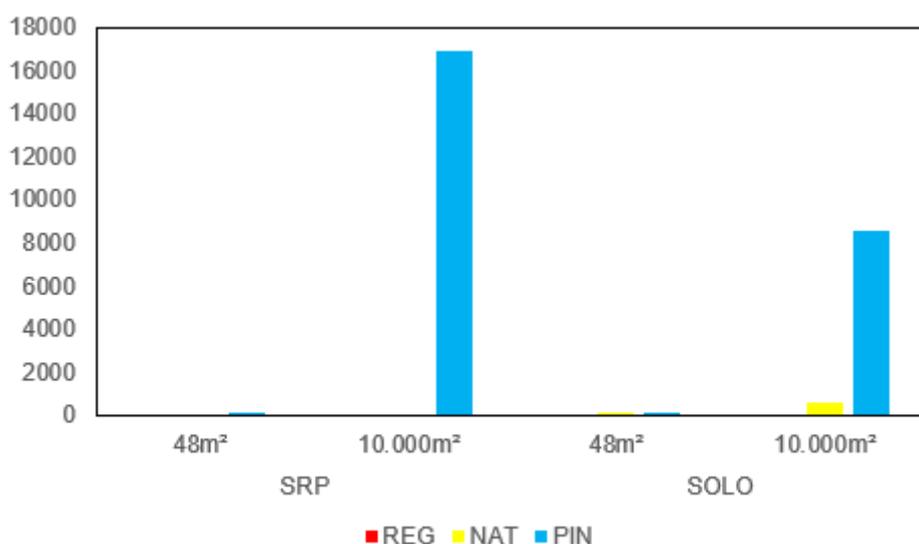
Não foram observados indivíduos arbóreos em nenhuma das repetições de serrapilheira e de solo no tratamento REG durante os meses avaliados (Figura 10). Isso indica que o banco de sementes da área coletada, tanto acima do solo quanto na profundidade de 5 cm, ainda não está viável para um possível transplante de solo.

No tratamento NAT, foram observados três indivíduos emergidos nas amostras de solo e nenhum nas amostras de serrapilheira durante o período de avaliação (Figura 10). Os indivíduos foram encontrados no material coletado entre março e maio de 2023, sendo um da espécie *Trema micranthum* (L.) Blume, um da espécie *Solanum mauritianum* Scop. e, por fim, um da espécie *Aegiphila brachiata* Vell.

O tratamento "PIN" obteve 122 indivíduos de *Pinus* spp., sendo 81 oriundos das amostras de serrapilheira e 41 das amostras do solo (Figura 10). As amostras que obtiveram maior germinação foram coletadas em julho, agosto e setembro de 2022 respectivamente. Nessas amostras, novos indivíduos

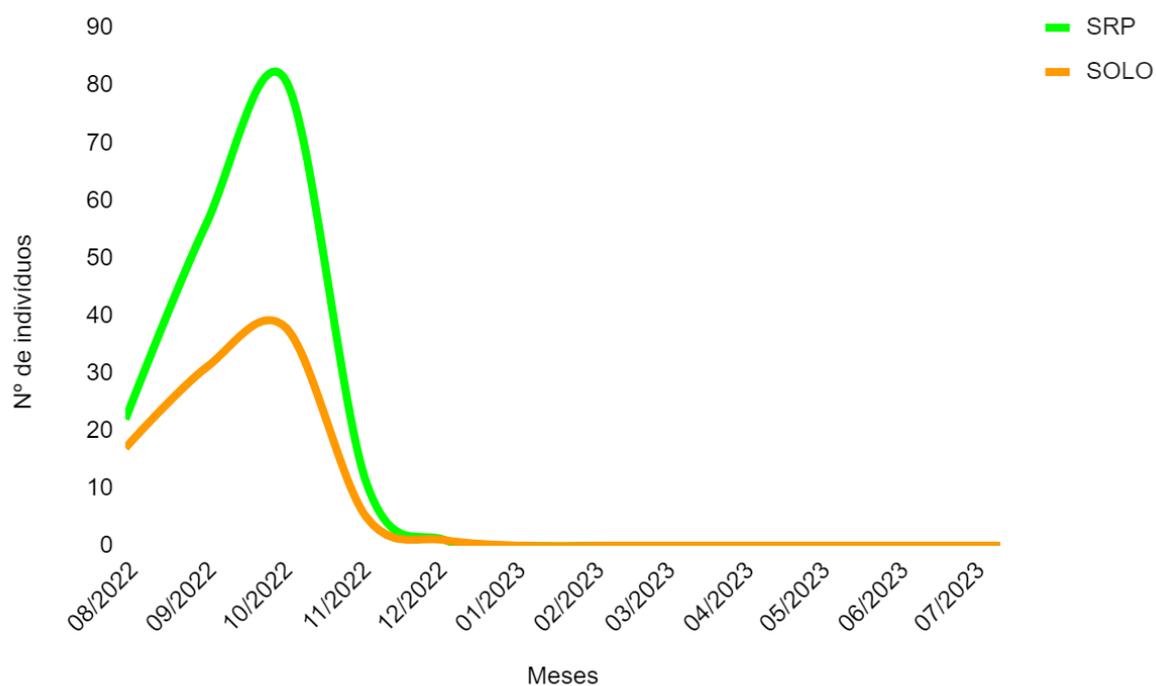
emergiram por pelo menos 3 meses na área experimental, indicando que as sementes recolhidas em campo ficaram viáveis por esse período. A comparação de médias entre o recrutamento das amostras de serrapilheira e de solo mostrou que o p-valor foi de  $8,26 \times 10^{-8}$ , mostrando que houve diferença estatística no recrutamento. No tratamento PIN, também foram encontrados dois indivíduos da espécie *Solanum mauritianum* Scop, mais conhecida como “fumo-bravo”, nas amostras coletadas em dezembro de 2022.

Figura 10: Emergência de plântulas de espécies lenhosas observadas a partir da transposição de solo e serrapilheira oriundos de três tratamentos: REG – área em regeneração, NAT – área de floresta nativa e PIN – talhão de *Pinus taeda*. durante 12 meses, em números absolutos e em valores correspondentes por hectare.



Os indivíduos de *Pinus* sp. do tratamento “PIN”, tanto nas amostras de serrapilheira quanto de solo, tiveram mais emergência apical entre os meses de agosto e dezembro, não sendo observados novos indivíduos entre os meses de janeiro a junho (Figura 11).

Figura 11: Ocorrência de *Pinus* sp. no tratamento “PIN”, nas amostras serapilheira (SRP) e solo (SOLO) ao longo dos meses avaliados, em densidade absoluta de indivíduos.



## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Dominância e Riqueza de espécies

Os resultados da comparação do estrato inferior das três fitofisionomias mostram que a área de *Pinus* spp. tem uma riqueza maior que a área natural e a área em regeneração. Quando se compara o talhão de *Pinus* com a Mata Nativa em estágio avançado de sucessão, esta maior riqueza pode ser explicada pela maior abertura do dossel da área plantada com *Pinus*, o que possibilita maior entrada de luz ao nível do solo, de acordo com os dados obtidos na mesma área por CHIARELLO (2023). A maior entrada de luz cria um ambiente mais favorável para diversas espécies lenhosas. A área nativa possui menos clareiras, o que provoca a diminuição da luz que chega para o estrato regenerante, gerando grande dominância de espécies com alta tolerância à sombra como as Rubiaceae dos gêneros *Psychotria* e *Coussarea*. O estrato inferior da Mata Nativa tem maior dominância, ou seja, há maior abundância de espécies que têm preferência por ambientes sombreados, como a *Psychotria suterella*, que

podem inibir as demais espécies. Já na área em regeneração, há menor dominância, o que me sugere que há pouca competição entre as espécies deste estrato, e que o fator que reduz a diversidade pode ser tanto limitações de fontes de sementes como inibição pelas lianas.

## 5.2. Presença de espécies exóticas

Áreas com presença de espécies pioneiras exóticas podem apresentar maior diversidade no estrato inferior que áreas de vegetação nativa antigas, sem perturbações, visto que em florestas maduras podem existir filtros ecológicos mais intensos no sub-bosque sombreado. Por outro lado, as espécies exóticas geram um ambiente relativamente protegido que promove a germinação de várias espécies lenhosas nativas e, ao mesmo tempo, inibem a proliferação de espécies heliófitas competidoras como as lianas (CESAR et al. 2018).

## 5.3. Limitações ambientais

Apesar da área em regeneração apresentar diversas clareiras, também obteve menos espécies lenhosas, o que pode ser explicado pela presença expressiva de lianas heliófitas, que se desenvolvem rapidamente em ambientes perturbados e impedem a passagem de luz para o estrato inferior (CESAR et al., 2018). Florestas secundárias tendem a crescer lentamente devido às limitações de dispersão e recrutamento, sugerindo-se uma restauração ativa por meio de plantio de mudas de espécies de diferentes estágios sucessionais (PALMA, 2021).

## 5.4. Viabilidade na transposição de serrapilheira e solo para restauração ambiental

Para fazer a transposição de solo foram utilizadas amostras com área de 50 cm<sup>2</sup>, sendo colocadas a campo em uma área de 1 m<sup>2</sup>, o que indica que para

cada hectare implantado, seriam necessários 2500 m<sup>2</sup> de área retirada do solo e serapilheira cada dessa área florestal em questão.

Apesar da ausência de indivíduos nas amostras coletadas na área em regeneração, são encontrados indivíduos de espécies nativas *in loco*, que foram levados através de seus dispersores. O trabalho de ALCANTARA (2018), traz em seu terceiro capítulo um estudo fitossociológico realizado na mesma área, no qual foram encontrados 141 indivíduos de 33 espécies. Este estudo indica que a regeneração da área está avançando, porém não está formando um banco de sementes capaz de gerar densidade suficiente de indivíduos de espécies lenhosas, na profundidade de solo estudada. Essa área está há dez anos em processo de regeneração, após ter sido utilizada para a exploração de *Pinus* spp., ainda possuindo indivíduos adultos que provavelmente vieram do banco de sementes anterior, quando a área ainda era de plantio (COELHO et al., 2021). A falta da emergência de novos indivíduos de *Pinus* spp. nos tratamentos na área experimental a partir da serapilheira e do solo de REG indica que os indivíduos em campo foram suprimidos na época correta, impedindo a dispersão de novos propágulos que poderiam ficar viáveis em camadas mais profundas do solo.

Com relação à área nativa, em comparação com estudo realizado por CALEGARI et al. (2013), no qual o banco de sementes do solo da mesma área obteve 53 indivíduos arbóreos distribuídos em sete espécies, o presente estudo obteve aproximadamente 9,4% da quantidade de indivíduos e 42,8% de espécies observadas. Essa diferença pode ter sido causada por diversos fatores, como diferença do solo, da temperatura anual, da umidade relativa e da exposição solar. A área está há mais de 60 anos em processo de regeneração, sendo considerada representativa de um estágio avançado de sucessão. Seu banco de sementes do solo mostrou que em média consegue regenerar 625 indivíduos por hectare. Tanto a serapilheira quanto o solo florestal apresentam características físico-químicas que potencialmente podem facilitar o crescimento inicial das mudas, o que impacta na sobrevivência das plântulas em comparação com a semeadura direta em área degradada (HÜLLER et al., 2017).

A técnica de transposição de solo pode ser uma abordagem fundamental na restauração de áreas degradadas, pois envolve a transferência do solo de áreas naturais mais maduras para áreas degradadas, proporcionando condições primordiais para a fertilidade e saúde do solo. Ao fazer isso, as sementes pioneiras presentes no banco de sementes, que estavam dormentes por fatores como baixa luminosidade e falta de nutrientes disponíveis tendem a germinar, contribuindo para o processo de recuperação do ecossistema (REIS et al., 2010). Essa técnica de nucleação leva em consideração mais do que só indivíduos arbóreos, pois o processo de restauração envolve vários estratos vegetativos bem como as interações bióticas e abióticas (DOS SANTOS SILVA, 2019). Ela tem o potencial de influenciar toda a diversidade presente no processo sucessional, abrangendo solo, produtores, consumidores e decompositores (REIS, 2010).

#### 5.5. Espécies observadas na área experimental

*Trema micranthum* (L.) Blume é uma espécie pioneira encontrada naturalmente na Floresta Ombrófila Mista, se adapta a solos de baixa fertilidade, sendo amplamente utilizada em reflorestamento e na recuperação de áreas degradadas de matas ciliares e áreas erodidas (CARVALHO, 2003). Pesquisas recentes sobre a espécie identificaram o composto do canabidiol com potencial medicinal, sem o efeito psicoativo do THC, que pode facilitar a produção nacional de medicamentos à base de canabidiol e ampliar seu uso no tratamento de diversas condições médicas (FAPERJ, 2023).

*Solanum mauritianum* Scop. é uma arvoreta nativa do Sul do Brasil, Uruguai, Paraguai e norte da Argentina, com reprodução parcialmente autogâmica. Produz frutos o ano todo, consumidos principalmente por pássaros e alguns mamíferos. Apesar de ser considerada daninha fora de seu habitat natural, tem sido estudada pela comunidade científica devido ao potencial farmacêutico de seus alcaloides-esteroidais. É comum em áreas antropizadas, como beira de estradas e bordas de florestas (RUSCHEL et al., 2008). É uma espécie pioneira comum em áreas de vegetação secundária e capoeiras baixas,

formando povoamentos densos junto com outras espécies pioneiras, ocorre espontaneamente na maioria das vezes solos pobres e ácidos (CARVALHO, 2014).

*Aegiphila brachiata* Vell é uma espécie nativa encontrada na Floresta Ombrófila Mista, com potencial para uso em recuperação de ecossistemas degradados, porém suas sementes têm baixo potencial de germinação devido a uma barreira física causada pelo endocarpo, que impede a absorção de água e a emissão de radículas, fazendo-se necessários tratamentos de quebra de dormência (DE ALMEIDA MAGGIONI et al., 2023).

#### 5.6. Serrapilheira e solo do talhão de *Pinus* sp.

As sementes de *Pinus* sp. que são dispersas entre os meses de abril a setembro se mostram mais viáveis que as dispersas de outubro a março, se estabilizando melhor em áreas degradadas e com maior luminosidade, porém o corte raso de plantas de *Pinus* sp. a 10 cm do solo é considerado suficiente para o seu controle, sem ocorrência de rebrota (BOGNOLA et al., 2018).

O recrutamento maior observado nas amostras de serrapilheira, em comparação com as de solo, pode ser explicada pela quantidade de galhos, acículas e outros materiais orgânicos que se depositam e acumulam acima do solo, impedindo que os propágulos de *Pinus* sp. cheguem às camadas mais profundas do mesmo.

Os resultados na área experimental mostraram um aumento no recrutamento de novos indivíduos nos meses de agosto, setembro e outubro, onde os propágulos foram dispersos entre os meses de abril e setembro. Esse resultado pode ser utilizado para o planejamento do manejo de indivíduos do gênero *Pinus*, uma vez que indica o melhor período de corte para a supressão vegetal, quando o intuito é a diminuição de propágulos e substituição dessas espécies exóticas por espécies nativas.

## 6. CONCLUSÃO

A área em regeneração não obteve sucesso no transplante de solo e serapilheira quanto a espécies nativas, porém também não foram observados indivíduos de espécies exóticas, o que indica que o banco de sementes de *Pinus* spp. deixou de ser uma ameaça ao sucesso da restauração florestal passiva no local. Essa área obteve baixa diversidade de espécies em comparação com as outras duas, o que pode estar relacionada à proliferação de lianas, que impedem a entrada de luz no estrato inferior ou geram impedimentos físicos diretos no crescimento e sobrevivência de espécies arbóreas nativas. Monitoramentos futuros devem ser feitos para avaliar a dinâmica sucessional da área em regeneração, de forma a compreender sua capacidade de gerar uma nova comunidade arbórea diversa e autônoma.

Já a área nativa gerou indivíduos lenhosos nativos apenas de três espécies, sugerindo que a transposição da serapilheira e do solo visando os propágulos deste banco de sementes não se constitui em um método viável de restauração florestal, com relação à riqueza de espécies. Estudos avaliando a microbiota do material transportado podem trazer mais informações a respeito de outras interações físico-químicas que são viabilizadas por esta técnica de restauração nucleadora.

A área de plantação de *Pinus* spp. tem um banco de sementes que representa um impedimento à regeneração natural, promovendo uma renovação populacional vigorosa. A viabilidade das sementes *ex situ* se restringe a um período relativamente curto, favorecendo o planejamento de trabalhos de erradicação da espécie. O processo de retirada do *Pinus* spp., ocorrido há cerca de 9 anos, possibilitou uma regeneração espontânea que se mostrou satisfatória para o estrato superior em comparação com a área natural, porém apresenta baixa diversidade para o estrato inferior. A coexistência de espécies nativas como *Araucaria angustifolia* e *Ilex paraguariensis* no estrato superior sugere que as áreas de *Pinus* spp. podem fornecer um habitat que suporta algumas espécies nativas. No entanto, a dominância de *Pinus* sp. pode também restringir o estabelecimento de uma maior diversidade de espécies nativas.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Manoela Drews de et al. Similaridade entre adultos e regenerantes do componente arbóreo em floresta com araucária. *Floresta e Ambiente*, v. 24, 2017.
- ALCANTARA, Rachel Palhares. A conversão de um plantio de pinus na Floresta Nacional de Chapecó/SC: chuva de sementes e a sinúsia arbórea. 2018.
- ATLÂNTICA, SOS Mata et al. Atlas dos remanescentes florestais. Mapas. São Paulo, 2022.
- ATLAS dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica - PERÍODO 2021-2022 RELATÓRIO TÉCNICO. SOS Mata Atlântica. São Paulo, 2022.
- BOGNOLA, Itamar Antonio et al. Dispersão de sementes, regeneração e rebrota de *Pinus taeda* no Planalto Norte do Estado de Santa Catarina, Brasil. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 38, 2018.
- BORDIN, Kauane Maiara et al. Community structure and tree diversity in a subtropical forest in southern Brazil. *Biota Neotropica*, v. 19, p. e20180606, 2019.
- BRANCALION, Pedro HS et al. Ecosystem restoration job creation potential in Brazil. *People and Nature*, v. 4, n. 6, p. 1426-1434, 2022.
- BRANDT, Marlon. Paisagem e uso comum da Floresta Ombrófila Mista pela população cabocla do oeste de Santa Catarina. *História ambiental e migrações: diálogos* [online]. São Leopoldo: Oikos, p. 123-138, 2017.
- BRASIL. LEI Nº 11.428, DE 22 DE DEZEMBRO DE 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2006. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm). Acesso em: 12 fev. 2024.

BURGUEÑO, Luis Eduardo Torma et al. Impactos ambientais de plantios de Pinus sp. em zonas úmidas: o caso do Parque Nacional da Lagoa do Peixe, RS, Brasil. Biodiversidade Brasileira, v. 3, n. 2, p. 192-206, 2013.

CALMON, Miguel. Restauração de florestas e paisagens em larga escala: o Brasil na liderança global. Ciência e Cultura, v. 73, n. 1, p. 44-48, 2021.

CARPANEZZI, A. A. et al. Zoneamento ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina. 1988.

CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho. Espécies arbóreas brasileiras. 2003.

CARVALHO, Paulo Ernani Ramalho. Espécies arbóreas brasileiras. 2014.

CESAR, Ricardo Gomes et al. Shift in abundance from seedling to juvenile gives lianas advantage over trees: A case study in the Atlantic Forest Hotspot. Tropical Conservation Science, v. 11, p. 1940082918808062, 2018.

CHIARELLO, Luana Makhleine Martinelli. Padrões da diversidade funcional e taxonômica nas comunidades de monilófitas em dois sistemas florestais. Dissertação (Mestrado). Universidade Comunitária da Região de Chapecó, 2023. 53p.

COELHO, Geraldo Ceni. Restauração florestal em pequenas propriedades: desafios e oportunidades. Gestão ambiental nos municípios: instrumentos e experiências na administração pública. Santo Angelo: FURI, p. 195-215, 2010.

COELHO, Geraldo Ceni et al. Forest regeneration and seed rain in the conversion of a stand of Pinus sp. into native forest. Biotemas, v. 34, n. 2, p. 1-18, 2021.

COELHO, Geraldo Ceni et al. Survival, growth and seed mass in a mixed tree species planting for Atlantic Forest restoration. AIMS Environmental Science, v. 3, n. 3, 2016.

COLWELL, Robert K. EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples, version 8. [purl.oclc.org/estimates](http://purl.oclc.org/estimates), 2006.

CRUZ, Maria Julia Carvalho et al. Sucessão florestal inicial em áreas Alto-Montanas no Planalto Sul Catarinense. *Ciência Florestal*, v. 34, n. 1, p. e71849, 2024.

DE ALMEIDA MAGGIONI, Renata et al. Morphology and germination of *Aegiphila brachiata* Vell.: potential species for ecological restoration in atlantic forest. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, v. 16, n. 42, p. 31-47, 2023.

DE JESUS SILVA, Rodrigo; BRANCALION, Pedro Henrique Santin; RODRIGUES, Ricardo Ribeiro. Impactos do manejo florestal na ciclagem do nitrogênio: implicações para a conservação de florestas tropicais. *South American Journal of Basic Education, Technical and Technological*, v. 4, n. 2, 2017.

DE SOUZA, Patrícia Aparecida et al. Avaliação do banco de sementes contido na serapilheira de um fragmento florestal visando recuperação de áreas degradadas. *Cerne*, v. 12, n. 1, p. 56-67, 2006.

DECHOUM, Michele de Sá et al. Community structure, succession and invasibility in a seasonal deciduous forest in southern Brazil. *Biological Invasions*, v. 17, p. 1697-1712, 2015.

DENSLOW, Julie et al. Exotic plant invasions in tropical forests: patterns and hypotheses. *Tropical forest community ecology*, p. 409-426, 2008.

DO CLIMA, Mudança. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Anexo 13B. Revista do Ministério do Meio, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/composicao/servico-florestal-brasileiro/concessoes-e-monitoramento/editais-em-licitacao/flonas-regiao-sul>

DOS SANTOS SILVA, Solange; DE LARA WEISER, Veridiana; CAVASSAN, Osmar. O que é transposição de solo?. *Aprendendo Ciência (ISSN 2237-8766)*, v. 8, n. 1, p. 17-20, 2019.

EIDT, Ivan Luís Kirchner. Análise da chuva polínica na Floresta Nacional de Chapecó. 2015.

ELTON, Charles S. The ecology of invasions by animals and plants. Springer Nature, 2020.

FAPERJ. Pesquisa identifica Canabidiol em planta nativa brasileira, 2023. Disponível em: <https://www.faperj.br/?id=345.7.4>

FINE, Paul. The invasibility of tropical forests by exotic plants. Journal of Tropical Ecology, v. 18, n. 5, p. 687-705, 2002.

GUIDINI, André Luiz et al. Invasão por espécies arbóreas exóticas em remanescentes florestais no Planalto Sul Catarinense. Revista Árvore, v. 38, p. 469-478, 2014.

HÜLLER, Alexandre et al. Evaluation of direct seeding and seedling planting of two neotropical tree species with the use of natural inputs. Revista Árvore, v. 41, p. e410405, 2017.

ICMBIO. Plano de Manejo da Floresta Nacional de Chapecó. 2013.

INHAMUNS, Marília Cumaru; DE SOUZA REZENDE, Renan; COELHO, Geraldo Ceni. Restoring riparian forest in the Atlantic Forest: does planting seedlings make a difference?. Restoration Ecology, v. 29, n. 4, p. e13356, 2021.

JARDIM Botânico do Rio de Janeiro. Flora e Funga do Brasil. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 07 jul. 2024

JUNIOR, Josias Gomes et al. Estudo do banco de sementes de sítios de Mata Atlântica com condições biológicas distintas. Revista Brasileira de Meio Ambiente, v. 11, n. 1, 2022.

KNOPKI, Patricia Bianco et al. Mudanças climáticas e compromissos internacionais: uma análise de políticas públicas no Brasil. 2023.

LISBOA, Thais de Fátima Balbino; CIELO-FILHO, Roque; C MARA, Carla Daniela. Applicability of monitoring protocols developed for active restoration projects in the evaluation of passive restoration of a subtropical riparian forest in Brazil. *Tropical Ecology*, v. 62, p. 17-26, 2021.

MITTERMEIER, Russell A. et al. Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. CEMEX, SA, Agrupación Sierra Madre, SC, 1999.

MMA. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos. Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF), Ministério do Meio Ambiente (MMA). Brasília, 2000.

MORETTO, Samira; RIBEIRO, Michely Cristina. Manutenção versus Conservação: a criação do Parque Florestal em Chapecó. *Revista Cadernos do Ceom*, v. 33, n. 52, p. 38-49, 2020.

MORETTO, Samira Peruchi; BRANDT, Marlon. Desmatamento e monocultivos de espécies florestais exóticas na Floresta Ombrófila Mista no Oeste catarinense. *Revista Cadernos do Ceom*, v. 36, n. 59, p. 144-156, 2023.

MYERS, Norman et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

PALMA, Ana C. et al. Dispersal and recruitment limitations in secondary forests. *Journal of Vegetation Science*, v. 32, n. 1, p. e12975, 2021.

REIS, Ademir et al. Restoration of damaged land areas: using nucleation to improve successional processes. *Natureza & Conservação*, v. 1, n. 1, p. 85-92, 2003.

REIS, Ademir; BECHARA, Fernando Campanhã; TRES, Deisy Regina. Nucleation in tropical ecological restoration. *Scientia Agricola*, v. 67, p. 244-250, 2010.

REIS, Ademir et al. Nucleação: concepção biocêntrica para a restauração ecológica. *Ciência Florestal*, v. 24, p. 509-519, 2014.

ROSA, Angélica Dalla et al. Natural regeneration of tree species in a cloud forest in Santa Catarina, Brazil. *Revista Árvore*, v. 40, n. 6, p. 1073-1082, 2016.

RUSCHEL, Ademir Roberto; PEDRO, José; NODARI, Rubens Onofre. Diversidade genética em populações antropizadas do fumo brabo (*Solanum mauritianum*) em Santa Catarina, Brasil. 2008.

RUSCHEL, Ademir Roberto et al. Caracterização e dinâmica de duas fases sucessionais em floresta secundária da Mata Atlântica. *Revista Árvore*, v. 33, p. 101-115, 2009.

SANTANA, Lucas Deziderio et al. Estrutura, diversidade e heterogeneidade de uma Floresta Ombrófila Mista Altomontana em seu extremo norte de distribuição (Minas Gerais). *Ciência Florestal*, v. 28, p. 567-579, 2018.

SANTANA, Lucas Deziderio et al. Estrutura, diversidade e heterogeneidade de uma Floresta Ombrófila Mista Altomontana em seu extremo norte de distribuição (Minas Gerais). *Ciência Florestal*, v. 28, p. 567-579, 2018.

SCIPIONI, Marcelo Callegari et al. Forest edge effects on the phytosociological composition of an Araucaria Forest fragment in Southern Brazil. *Floresta*, v. 48, n. 4, p. 483-492, 2018.

SILVEIRA, Bárbara Rúbia da. Transposição de solo de mata cria núcleos de vegetação pioneira de cerrado em área de empréstimo. 2020.

SCHNEIDER, Geniane; ROCHA, Fernando Souza. Levantamento florístico e fitossociológico do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Estacional Decidua em São Miguel do Oeste, Santa Catarina. *Biotemas*, v. 27, n. 2, p. 43-55, 2014.

SIMBERLOFF, Daniel et al. *Encyclopedia of biological invasions*. University of California Press, 2011.

SIMINSKI, Alexandre; FANTINI, Alfredo Celso; REIS, Mauricio Sedrez. Classificação da vegetação secundária em estágios de regeneração da Mata Atlântica em Santa Catarina. *Ciência Florestal*, v. 23, p. 369-378, 2013.

SOCIOAMBIENTAL, Instituto. Flona de Chapecó inicia venda de pinus. Unidades de Conservação no Brasil, 2013. Disponível em: <https://uc.socioambiental.org/en/noticia/125494>. Acesso em: 16/04/2024.

SPIAZZI, Fábio Rodrigues et al. Quantificação da contaminação biológica por espécies arbóreas exóticas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Lages-SC. *Ciência Florestal*, v. 27, p. 403-414, 2017.

TRES, Deisy Regina; REIS, Ademir. Perspectivas sistêmicas para a conservação e restauração ambiental: do pontual ao contexto. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2009.

VIAPIANA, Julcimar; CIELO-FILHO, Roque; CAMARA, Carla Daniela. Evaluation and characterization of passive restoration of an Atlantic forest tree community with focus on the understory. *Tropical Ecology*, v. 60, p. 140-149, 2019.

VIBRANS, Alexander Christian. Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina: Floresta Ombrófila Mista. Universidade Regional de Blumenau, Brasil, 2013.