



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
COLEGIADO DO CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



Ciências
Biológicas
UEL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

ROBERTO SANTA ROSA CHIMENTÃO

**A LARGURA DA FAIXA REFLORESTADA AFETA A
FORMAÇÃO DA COBERTURA FLORESTAL EM
REFLORESTAMENTOS COM ESPÉCIES NATIVAS?**

Londrina – Paraná
2023

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO
EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

ROBERTO SANTA ROSA CHIMENTÃO

**A LARGURA DA FAIXA REFLORESTADA AFETA A
FORMAÇÃO DA COBERTURA FLORESTAL EM
REFLORESTAMENTOS COM ESPÉCIES NATIVAS?**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina como um dos requisitos à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. José Marcelo Domingues Torezan

**Londrina – Paraná
2023**

ROBERTO SANTA ROSA CHIMENTÃO

**A LARGURA DA FAIXA REFLORESTADA AFETA A FORMAÇÃO DA
COBERTURA FLORESTAL EM REFLORESTAMENTOS COM ESPÉCIES
NATIVAS?**

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. José Marcelo D. Torezan

Prof. Dr. Cristiano Medri

Prof. Larissa Cerqueira Dias Rodrigues

Orientador: Prof. Dr. José Marcelo Domingues Torezan

Londrina – Paraná

2023

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todas as pessoas que tiveram presença na minha trajetória durante a graduação, sejam amigos e familiares ou mesmo meus incríveis professores e orientador no curso de Ciências Biológicas. Dedico também aos queridos colegas do Laboratório de Biodiversidade e Restauração Ecológica pela paciência e aguentar os desabafos que eu tanto precisava.

À minha família, pelo apoio e o amor eterno.

1. AGRADECIMENTOS

À família,

Aos amigos,

Ao meu amor,

Ao meu orientador,

Que me ajudaram durante a graduação em diversos aspectos, seja no apoio emocional, financeiro ou profissional. Pessoas essa que foram fundamentais para a minha trajetória na universidade e sobretudo, para a execução desse trabalho.

Obrigado! Amo vocês!

”A ignorância é o elemento mais violento da sociedade.” Emma Goldman em ‘O Anarquismo e outros ensaios’, 1910.

SUMÁRIO

	Pág.
1. INTRODUÇÃO.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	4
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	5
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	5

CHIMENTÃO, Roberto Santa Rosa. **A largura da faixa reflorestada afeta a formação da cobertura florestal em reflorestamentos com espécies nativas?** 2024. 21 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2024.

RESUMO

Fatores como a extração seletiva de madeira no interior de florestas, efeitos de borda, especialmente microclimáticos, efeitos do tamanho do fragmento e da distância entre fragmentos afetam a conservação da biodiversidade (BERENGUER *et al.*, 2014; BARLOW *et al.*, 2016). Como ecossistemas em restauração também estão sujeitos a esses fatores, a recuperação pode ser comprometida à medida que esses fatores se apresentam na paisagem. O presente trabalho teve como objetivo avaliar 32 polígonos reflorestados a partir de 2002 através de sensoriamento remoto para investigar a formação da cobertura florestal observável em 2023 e, se há relação entre a cobertura vegetal proporcional dos polígonos reflorestados com fatores como área dos polígonos (ha), distância dos polígonos ao remanescente florestal mais próximo (m) e largura média da faixa de reflorestamento (m). Foi utilizado um Sistema de Informações Geográficas (SIG) através do software QGIS (ver.3.6.6) para coleta e processamento dos dados. Foi realizado um modelo linear generalizado na tentativa de estabelecer relação entre as 3 variáveis com a variável resposta. Não foi possível observar diferença significativa entre as 3 variáveis com a variável resposta, o que sugere que os fatores não surtem efeito na paisagem com a idade atual dos reflorestamentos. A resposta para essa hipótese pode estar justamente nas lacunas encontradas, como a falta de reflorestamentos mais antigos que os aqui estudados, dificultando na previsão dos resultados, ou mesmo nas limitações impostas pelas ferramentas via sensoriamento remoto, como a resolução espacial das bandas espectrais. Também, a forma de restauração ativa foi conduzida pode ter interferência por longos anos no sistema, seja de forma positiva ou negativa. Portanto, a ecologia da restauração ainda possui lacunas com relação aos efeitos na paisagem de reflorestamentos de diferentes idades, o que deve servir como motivação para trabalhos que buscam uma melhor compreensão e melhor efetividade quanto aos esforços na restauração ecológica.

Palavras-chave: Cobertura vegetal; ecologia da paisagem; efeito de borda; reflorestamento; restauração ativa; sensoriamento remoto.

ABSTRACT

Variables like wood cutting in inner forests, edge effects, specially microclimatic ones, site size effects and distance between sites, impact biodiversity in a negative way (BERENGUER *et al.*, 2014; BARLOW *et al.*, 2016). Systems in restoration phase are also subject to these factors, and forest recovery may be compromised as long as these factors appear in the landscape. The objective of this work was to evaluate 32 polygons of restoration sites that have it's recovery started at 2002 through a Geographic Informational System (GIS), in an attempt to establish a relation between sites vegetation coverage to it's areas (há) – which is the response variable – , distance between the polygons and the closer forest remnant, and the restoration polygons mean lane width. The GIS used in this work was QGIS (ver. 3.6.6) to data collecting and processing. A generalized linear model was used in an attempt to establish this relation between variables with the response variable. No significative difference was observed between the variables, which suggests that these factors won't show it's effects at the landscape scale with the current restoration sites age. The lack of knowledge in post-aged restoration sites may be the answer to the questions raised here, likewise the constraints enforced by the GIS tools, as the spectral bands resolution. Thus, the active restoration technique used at the start recovery point may interfere for years in a positive or negative way. Therefore, the restoration ecology has gaps with the edge effects relationship with the landscape with different ages, which might help as motivation to papers which aim to a better comprehension and effectivity at the restoration ecology efforts.

Key words: Active restoration; edge effect; forest coverage; landscape ecology; reforestation; remote sensing.

1. INTRODUÇÃO

A recuperação de áreas degradadas pode ser feita através da restauração ativa, que consiste no plantio de mudas ou na semeadura direta, sendo utilizada em áreas degradadas com o objetivo de restaurar a cobertura vegetal da área, recuperar a biodiversidade e fazer a manutenção dos estoques de carbono, priorizando o uso de espécies nativas. Em alguns casos, pode-se optar pela regeneração natural, que é uma forma de restauração que consiste na regeneração espontânea ou acompanhada do local, que é menos custosa em termos financeiros. Entretanto, sua possibilidade é mais restrita à presença de remanescentes florestais próximos (FORERO-MEDINA & VIEIRA, 2007) e com presença da fauna dispersora de sementes (CHAZDON *et al.*, 2016). O que, assim como a restauração ativa, é um processo lento, podendo levar décadas na recaptura dos estoques de carbono (POORTER *et al.* 2016).

Fatores como a extração seletiva de madeira no interior de florestas, efeitos de borda, especialmente microclimáticos, efeitos do tamanho do fragmento e da distância entre fragmentos afetam a conservação da biodiversidade (BERENGUER *et al.*, 2014; BARLOW *et al.*, 2016). Como ecossistemas em restauração também estão sujeitos a esses fatores, a recuperação pode ser comprometida à medida que esses fatores se apresentam na paisagem. A configuração da paisagem pode influenciar o fluxo biológico, diminuindo a dispersão de sementes, por exemplo (HAMILTON 1999; TABARELLI *et al.*, 1999; TABARELLI & PERES 2002), e assim tornando ainda mais lento o processo de recuperação de áreas degradadas. Contudo, a restauração ativa pode minimizar estes efeitos, pela reintrodução ativa de espécies e manipulação de populações, possuindo efeitos significativos no aumento de biomassa, cobertura do dossel e densidade, com valores similares à remanescentes florestais (SUGANUMA & DURIGAN, 2015).

Outro fator limitante é a forma das áreas em restauração, que em margens de rios ou reservatórios pode ser representada pela largura da faixa que o reflorestamento ocupa. Quanto maior a área de borda em relação à área total do fragmento, são esperados maiores efeitos de borda (SOONG *et al.*, 2020), o que pode levar a uma redução da cobertura vegetal nativa efetiva. Portanto, a presença de remanescentes florestais próximos às áreas em restauração, assim como larguras de faixa maiores devem ser fatores que influenciam positivamente a recuperação de áreas degradadas.

Nesse sentido, este trabalho se propõe a responder as seguintes questões: I. Faixas de reflorestamento com menor largura tiveram menor cobertura vegetal proporcional na formação da cobertura florestal? II. A distância dos remanescentes interferiu na formação da cobertura

vegetal em reflorestamentos com pouco mais de 20 anos? III. Reflorestamentos maiores tem maior cobertura vegetal proporcional na formação da cobertura florestal?

1.1 Objetivo Geral

- Avaliar os polígonos reflorestados a partir de 2002 através de sensoriamento remoto para investigar a formação da cobertura florestal observável em 2023.

1.2 Objetivos Específicos

- Calcular a proporção de cobertura vegetal que ocupa a área total dos polígonos de reflorestamento
- Inferir se a largura da faixa dos reflorestamentos, a área dos reflorestamentos e distância entre os remanescentes florestais e os reflorestamentos influenciou na cobertura vegetal proporcional dos reflorestamentos observados em 2023.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As florestas tropicais estão sob diversas ameaças em todo o planeta e isso apresenta um risco para a integridade e biodiversidade dos ecossistemas florestais (LINDENMAYER *et al.*, 2012). Sabe-se, portanto, que o intenso processo de degradação da Mata Atlântica intensificado pela fragmentação florestal vem comprometendo a restauração de habitats fragmentados. Desta forma, uma das principais ameaças a esses ecossistemas ocorre devido ao impacto da fragmentação florestal, que resulta nos efeitos de borda (SOONG *et al.*, 2020). A fragmentação florestal, de acordo com Forero-Medina e Vieira (2007) é conhecida pelo processo de redução do tamanho de uma área contínua de habitat, sendo dividida em espaços separados e circundados por entorno ou matriz composta por elementos de habitat diferentes do original. A composição da matriz intensifica o efeito de borda sobre determinado fragmento, que é causado por modificações na umidade, temperatura, disponibilidade de água, incidência solar e entrada de compostos no sistema oriundos da matriz, e assim pode comprometer a saúde das árvores principalmente na borda dos fragmentos florestais (LAURANCE, 1994; STOUFFER & BIERREGAARD JR, 1995; SILVA *et al.*, 1996; WUNDERLE JR, 1997; BENITEZ-MALVIDO, 1998; LAURANCE *et al.*, 2002).

Esse mosaico de ambientes fragmentados impõe dificuldades ao inferir as causas exatas da perda da biodiversidade sob a perspectiva da paisagem e, essa composição impõe diversos desafios quanto à restauração de ecossistemas. Em ambientes fragmentados, sítios em restauração dependem da paisagem que o circunda, de forma que, em longos períodos, devem apenas contar com a presença das espécies plantadas (PEREIRA; OLIVEIRA; TOREZAN, 2013), o que auxilia na mudança das limitações impostas pela área em questão; limitações essas

que geralmente são: o microclima desfavorável e o solo degradado (PARROTTA *et al.*, 1997; SANSEVERO *et al.*, 2011). Contudo, o estabelecimento de espécies ainda depende muito da chegada de espécies colonizadoras de fontes de propágulos (PARROTTA *et al.*, 1997), sendo os remanescentes florestais grandes candidatos à essa função.

De forma geral, a recuperação de diversos aspectos em florestas tropicais podem levar até um século (JONES & SCHMITZ 2009; CURRAN, HELLWEG & BECK 2014; CROUZEILLES *et al.*, 2016), de forma que, mesmo em florestas muito mais velhas que as estudadas aqui é possível ainda ocorrer transformações importantes. Além disso, atividades antrópicas desordenadas de uso e ocupação do território também contribuem para fragmentação do ambiente (SANTOS *et al.*, 2017). A paisagem do norte do Paraná é ocupada em parte pela cultura de grãos e de uso de terras para criação de gado. Esse histórico do uso do território também impacta os reflorestamentos mesmo que não estejam mais sendo usados sob essas funções. Nesse sentido, a taxa de acumulação de biomassa numa terra que antes teve uso agrícola diminui com o número de vezes que aquela terra foi usada, seguida de um período vazio (LAWRANCE, *et al.*, 2010).

Uma maneira efetiva de analisar a composição da paisagem de forma a apontar os efeitos da paisagem sobre fragmentos florestais, é o sensoriamento remoto (VEJA; SHIMABUKURO; DUARTE, 2001). O sensoriamento remoto oferece diversas ferramentas que utilizam de informações advindas de satélites em diferentes resoluções para obtenção de dados geográficos em diferentes escalas. Essa tecnologia fornece ferramentas úteis para a análise da área que aquela vegetação ocupa, como por exemplo, imagens de satélite fornecidas pelo INPE, assim como permite a análise da qualidade da vegetação, por meio de resoluções espectrais. A resolução espectral permite discriminar a superfície terrestre através do registro de radiação em diversas regiões do espectro luminoso (SOUZA *et al.*, 2007). Através de bandas com resoluções espectrais, por exemplo, é possível a realização da discriminação de quão verde aquela vegetação é, assim como do cálculo de índices que indicam a qualidade da vegetação naquele local. O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI, em inglês), é um índice que utiliza bandas com alcances em 2 diferentes espectros: o infra-vermelho próximo e o vermelho, permitindo gerar um mapa composto por esses espectros, o que auxilia na análise de cada pixel do mapa de vegetação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Sítio de estudo

Segundo Torezan (2002), a fitofisionomia da vegetação é classificada como Estacional Semidecidual, pertencente à Mata Atlântica. O Clima da região, segundo a classificação de Köppen, é caracterizado por Cfa – subtropical úmido. Localizado entre as cidades de Porecatu-PR e Taciba-SP, e situado no curso do rio Paranapanema, o reservatório Capivara possui cerca de 609km² de área alagada em média, dependendo do nível da água. A região possui baixa cobertura florestal, mesmo para padrões regionais, variando entre 2 e 4% da área (obs. pessoal). Alguns polígonos como os remanescentes florestais da Fazenda Alvorada e da Fazenda Congonhas estão localizados em parcelas permanentes do projeto Pesquisa Ecológica de Longa Duração – Mata Atlântica Norte do Paraná (PELD-MANP) e são parteda paisagem analisada nesse trabalho.

O presente trabalho tem como alvo o entorno do lado paranaense do reservatório Capivara (abrangendo 11 municípios), onde foram feitos reflorestamentos com espécies nativas a partir do ano de 2002. A topografia das margens do reservatório apresenta variações, com presença de inclinações maiores nos terrenos próximos ao dique do reservatório (Porecatu e Alvorada do Sul) e mais suaves a montante (a partir de Primeiro de Maio e rio acima). Como a maior parte do reflorestamento foi feita nas áreas desapropriadas quando da construção da usina, e esta desapropriação foi feita com base em cotas de altitude, a topografia afeta a largura das faixas reflorestadas.

Assim, os plantios de mudas nativas foram feitos a partir da chamada cota 334 (334m acima do nível do mar; Figura 1), indo até a cota 336 no rio Paranapanema e 338 no rio Tibagi. Estes dois a quatro metros de desnível podem significar faixas de pouco mais de 20m em alguns casos, até várias centenas de metros em áreas com pouca inclinação. A largura média das faixas disponibilizadas para o reflorestamento é de 80m (obs. pessoal). Quando a faixa a ser reflorestada era, em função da declividade, inferior a 100 m de largura (em nível; largura mínima para reservatórios de hidrelétrica conforme legislação vigente à época) o proprietário confrontante era convidado a permitir o reflorestamento nas suas terras até atingir a largura preconizada pela lei. Alguns pontos, portanto, terão faixas de largura uniforme com base nesta adesão do proprietário vizinho.

mínima para reservatórios de hidrelétrica conforme legislação vigente à época) o proprietário confrontante era convidado a permitir o reflorestamento nas suas terras até atingir a largura

Corte transversal da paisagem do rio Paranapanema

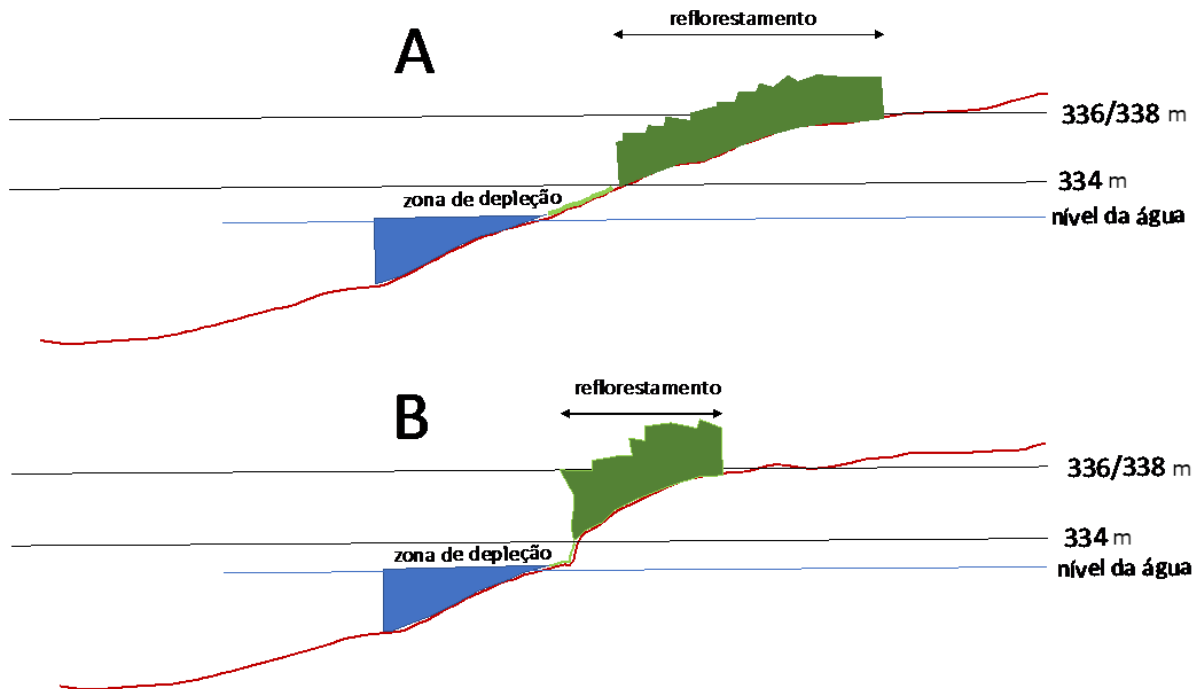


Figura 1. Esquema mostrando a configuração das faixas para reflorestamento no reservatório de Capivara. O reflorestamento partia de 334 m acima do nível do mar e ia até 336 m (rio Paranapanema) ou 338m (rio Tibagi). Quando o nível do reservatório está abaixo da 334 (chamada máxima normal de operação) uma zona de depleção fica emersa, podendo ficar nesta situação por meses ou mesmo mais de um ano, de forma que a mesma fica recoberta por vegetação herbácea. Em A um exemplo de terreno menos inclinado, resultando em faixa mais larga, e em B um terreno com maior declive, resultando em faixa mais estreita.

Além disso, a cota 334, chamada “máxima normal de operação” pode ser atingida pelas águas do reservatório com certa frequência. Com isso, o solo nas imediações deste nível fica frágil, pela saturação com água, especialmente em terrenos com baixa declividade. Nestas condições ocorriam duas limitações para os reflorestamentos: se o nível da água estivesse alto os tratores ficavam impedidos de operar com segurança nas proximidades da cota, e parte das espécies nativas plantadas não sobrevivia ao encharcamento. Assim, os reflorestamentos normalmente não foram feitos em todos os locais exatamente a partir da cota 334, mas nas suas

proximidades, conforme o nível da água do reservatório, resultando em faixas de diferentes larguras.

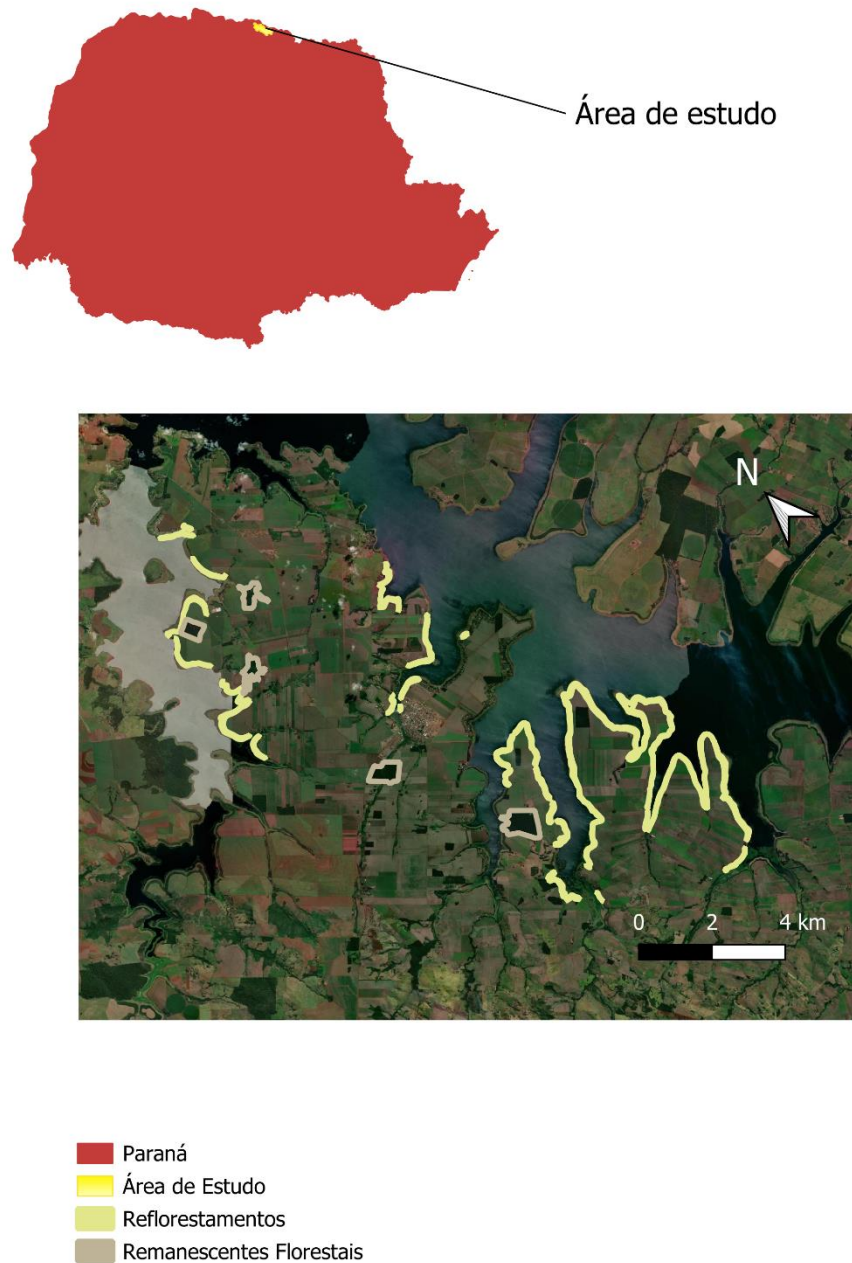


Figura 2. Mapa do Paraná (superior, em vermelho) contendo a área de estudo (em amarelo); No mapa inferior, recorte de imagem de satélite com os polígonos de reflorestamento em verde; Em cor areia: os polígonos dos remanescentes florestais.

3.2 Desenho amostral

Dos cerca de 3800ha de reflorestamentos divididos em aproximadamente 40 polígonos foram sorteados 32 polígonos de reflorestamento para avaliação. Remanescentes florestais com

área de pelo menos 49,00 ha foram também mapeados para calcular a distância destes até as áreas de reflorestamento.

Nesse trabalho foi utilizado um Sistema de Informações Geográficas (SIG), permitindo reunir informações como a área de cobertura vegetal que ocupa a faixa do reflorestamento, área (ha) dos remanescentes florestais e reflorestamentos no entorno do reservatório Capivara, próximo a Porecatu (PR), de forma a promover uma análise do efeito da composição da paisagem sobre as áreas em restauração no norte do Paraná.

Como medida de cobertura florestal, foram utilizadas cenas do satélite Planet, com resolução de 3m/pixel, para o cálculo de cobertura vegetal proporcional por meio de interpretação visual. O cálculo foi feito através da área do polígono/quantidade de pixels com cobertura vegetal que ocupam aquele polígono. De forma complementar, foi feito o cálculo do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (em inglês, NDVI), para o qual foram utilizadas cenas das bandas vermelho e infravermelho próximo do satélite Landsat-8 com resolução > 10m/pixel fornecidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os dados de NDVI médio por polígono foram utilizados como indicador do desenvolvimento da vegetação.

Foi mensurada a distância (m) da extremidade de cada polígono de reflorestamento até o remanescente florestal mais próximo. Também foi mensurada a largura média (m) que a faixa de reflorestamento ocupa em cada um dos polígonos. A largura média foi calculada a partir da divisão de cada um dos polígonos de reflorestamento em 4 partes, o que permitiu a retirada de 3 medidas de largura de faixa. Essa maneira de mensurar a faixa foi optada devido à variação de largura que as faixas dos polígonos apresentaram. O software utilizado para a coleta de dados desse trabalho foi o QGIS (versão 3.36).

3.3 Análise dos dados

Foi feito o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, resultando em uma distribuição não-paramétrica, com valor de $p < 0,05$. Os dados são distribuídos de forma heterogênea, possuindo p valor $< 0,05$ para o teste de Levene. Desta forma, optou-se pela utilização de um Modelo Linear Generalizado (GLM, em inglês), para investigar a relação do NDVI médio e da cobertura vegetal proporcional dos polígonos de reflorestamento (variáveis resposta ou dependentes) com as variáveis: distância (m) do polígono de reflorestamento ao remanescente mais próximo, largura média da faixa de reflorestamento (m), área do polígono de reflorestamento (m). Além disso, a cobertura vegetal foi também estimada como proporção da largura de faixa, para diferentes larguras de reflorestamentos selecionados entre os valores mínimo e máximo

observados. As unidades amostrais nessa análise passam a ser as transecções utilizadas para medir a largura, e não mais os polígonos. Foram mensuradas as proporções de cobertura florestal em larguras de 5m até 105m, com intervalo de aproximadamente 5m. As análises aqui realizadas foram feitas no software R (ver. 4.2.1).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O GLM evidenciou que não há relação significativa das variáveis área do polígono, distância do fragmento florestal mais próximo e largura média da faixa de reflorestamento, tanto com o valor de NDVI médio quanto com a proporção de cobertura vegetal, sugerindo que estes fatores não são relevantes para explicar o desenvolvimento de cobertura florestal até a idade dos reflorestamentos analisados, de pouco mais de 20 anos.

Em áreas de florestas secundárias, como é o caso dos reflorestamentos observados no entorno do reservatório Capivara, era esperado que o sucesso da área reflorestada em 2002 estivesse atrelado a valores mais altos de largura média de faixa, tendo em vista que menores seriam os efeitos de borda em faixas mais largas (SOONG *et al.*, 2020) – que fique claro, o sucesso aqui mencionado se refere à maiores valores de cobertura vegetal proporcional. O sucesso de um reflorestamento pode ter vários significados. Em reflorestamentos com cerca de 20 anos, as árvores plantadas ainda estão presentes no sistema e não foram substituídas por espécies colonizadoras advindas de fontes de propágulos, como os remanescentes florestais próximos (ARCANJO *et al.*, 2024; ARCANJO & TOREZAN, 2023).

Quando observados os reflorestamentos no entorno do reservatório Capivara, com a idade de 10 anos esses apresentam uma comunidade de regenerantes incipiente, e nenhuma zonação de borda associada ao microclima (Mota, 2013). Em Suganuma & Durigan (2015), foi feita uma avaliação de diversos indicadores de qualidade florestal em áreas próximas as do presente estudo. Os autores sugeriram que os valores de densidade de plântulas em reflorestamentos com espécies nativas só atingirão os valores esperados (com base em comparações com ecossistemas de referência - florestas secundárias) com quase 40 anos de idade, o que implica que a colonização efetiva de espécies vindas de uma fonte de propágulos deve acontecer em reflorestamentos mais antigos (SUGANUMA & DURIGAN, 2015). Desta forma, apesar de não ser possível afirmar neste momento que a largura da faixa influencia a cobertura vegetal, é razoável esperar que esta influência apareça com o passar dos anos, tornando-se mais visíveis os efeitos de borda sobre áreas como essas.

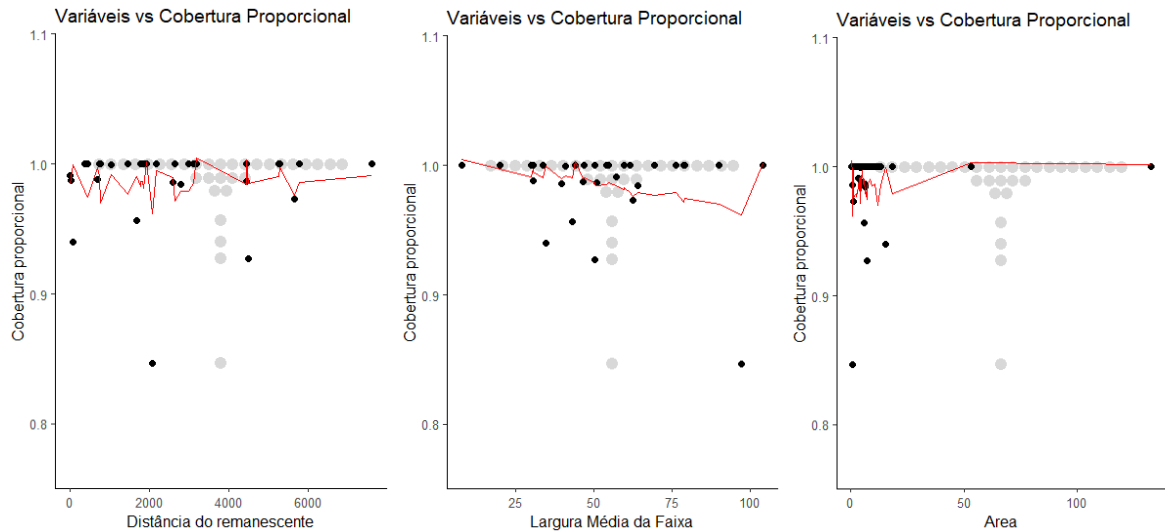


Figura 4. Relação das variáveis preditivas (distância do fragmento florestal mais próximo (m) , área do polígono (ha) e largura média da faixa de reflorestamento (m)) em função da cobertura proporcional (variável resposta) analisadas através do Modelo Linear Generalizado (GLM). Os pontos pretos indicam os valores das variáveis; A linha vermelha indica a projeção da relação das variáveis.

O método de restauração ativa utilizado nas áreas aqui avaliadas pode ter afetado este resultado. Após a designação das áreas destinadas ao reflorestamento (que são os polígonos utilizados para determinar as áreas destinadas ao plantio), foi feito o plantio de mudas de espécies nativas com 2m de espaçamento entre elas e 3m de espaçamento entre as linhas de plantio, resultando numa densidade nominal de 1667 mudas por ha. Esse espaçamento entre as mudas e entre as linhas permite com que as mudas se desenvolvam inicialmente sem competição entre si; as mesmas começam a competir quando atingem um certo tamanho, quando as raízes dos indivíduos se aproximam mais, e o dossel começa a se formar. Desta forma, a estrutura da floresta, aos 20 anos, ainda é bastante dependente das árvores plantadas, que ainda não apresentam resposta a fatores como a largura de faixa. No seu estudo realizado nas mesmas áreas dez anos antes, Mota (2013) sugere que, naquele momento, as florestas ainda não tinham uma estruturação na folhagem suficiente para abrigar um microclima florestal, que pudesse ser influenciado pelo exterior, dando oportunidade de produzir uma zonação borda-interior. Aparentemente, aos 20 anos esta estruturação ainda pode não estar presente, embora seja necessário coletar dados em campo para confirmar esta suposição.

Tabela 1. Dados sobre reflorestamentos com espécies nativas no entorno do Reservatório de Capivara, sorteados para análise. Ver texto para métodos de cálculo.

Polígonos	Área (ha)	Distância do remanescente mais próximo (m)	Largura média (m) da faixa	NDVI médio (de -1 a 1)	Cobertura proporcional
1	2.28	2985	61.6	0.336	1.000
2	5.76	1670	43.4	0.351	0.957
3	4.96	699	30.6	0.370	0.988
4	15.43	65	34.7	0.402	0.940
5	4.59	17	46.7	0.424	0.988
6	3.41	0	57.2	0.380	0.992
7	18.17	378	76.4	0.373	1.000
8	5.58	1815	50.4	0.374	0.999
9	7.33	4501	50.6	0.388	0.927
10	6.32	4444	51.0	0.413	0.986
11	13.14	5767.33	50.44	0.414	1.000
12	1.24	5269.98	20.04	0.450	1.000
13	1.09	5259.43	33.8	0.339	1.000
14	0.71	2073.25	97.34	0.299	0.847
15	0.77	2590.87	39.72	0.390	0.986
16	6.21	2792.66	64.18	0.360	0.985
17	1.27	5650.30	62.53	0.381	0.973
18	4.01	1027.57	41.08	0.424	0.999
19	9.36	3115.37	54.28	0.418	1.000
20	10.59	1787.19	54.72	0.424	1.000
21	3.86	1850.38	59.8	0.434	1.000
22	8.55	744.99	47.09	0.394	1.000
23	7.17	444.76	79.25	0.414	1.000
24	11.94	770.30	90.11	0.438	1.000
25	2.6	1462.81	69.45	0.440	1.000
26	6.38	1768.31	59.92	0.448	1.000
27	4.37	2646.73	78.95	0.439	1.000
28	0.35	3171.87	7.93	0.274	1.000
29	0.57	2162.16	30.66	0.411	1.000
30	132.8	1930.84	104.21	0.397	1.000
31	53.06	4444.44	44.08	0.397	1.000
32	3.68	7601.20	30.19	0.376	1.000

Infelizmente, há poucos reflorestamentos com idades maiores que 20 anos na Floresta Estacional Semidecidual ou mesmo no Brasil, o que dificulta investigar estes aspectos por meio

da montagem de cronossequências; assim, apenas estudos de longo prazo, com séries temporais, poderão elucidar estas questões. De forma geral, a recuperação de diversos aspectos em florestas tropicais podem levar até um século (JONES & SCHMITZ 2009; CURRAN, HELLWEG & BECK 2014; CROUZEILLES *et al.*, 2016), de forma que, mesmo em florestas muito mais velhas que as estudadas aqui é possível ainda ocorrer transformações importantes.

É preciso considerar ainda que os métodos para mapear a cobertura vegetal podem ser melhorados, se for possível utilizar imagens com melhor resolução tanto espacial quanto espectral. Por fim, reflorestamentos devem ser estudados ao longo do tempo, tendo em vista que estudos com replicação e análises temporais também podem auxiliar no entendimento de resultados divergentes (como por exemplo, na composição da comunidade), permitindo uma restauração mais informada com dados ecológicos (STUBLE, K. L., FICK, S. E., & YOUNG, T. P., 2017). O sensoriamento remoto é uma ótima tecnologia para essa finalidade, permitindo a reunião de dados em diferentes escalas de tempo e espaço, assim como sob a perspectiva de diferentes resoluções espectrais. Dessa forma, em uma análise na escala de paisagem, os SIGs auxiliam numa análise mais completa e minuciosa da composição da paisagem.

Em síntese, já é sabido que a restauração ativa não é uma forma de reverter os efeitos causados pela fragmentação, mas é uma ferramenta fundamental na recuperação de comunidades vegetais, contribuindo com a conservação da biodiversidade. A ecologia da restauração ainda possui lacunas com relação aos efeitos na paisagem de reflorestamentos de diferentes idades, o que deve servir como motivação para trabalhos que buscam uma melhor compreensão e melhor efetividade quanto aos esforços na restauração ecológica.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCANJO, Fátima A.; TOREZAN, José MD. Aboveground biomass accumulation and tree size distribution in seasonal Atlantic Forest restoration sites. *Restoration Ecology*, v. 31, n. 1, p. e13669, 2023.
- ARCANJO, Fátima A. et al. Low predictability in aboveground biomass accumulation in Brazilian semi-deciduous seasonal Atlantic Forest restoration sites. *Restoration Ecology*, v. 32, n. 1, p. e14005, 2024.
- BARLOW, Jos; LENNOX, Gareth D.; FERREIRA, Joice; BERENQUER, Erika; LEES, Alexander C.; NALLY, Ralph Mac; THOMSON, James R.; FERRAZ, Silvio Frosini de Barros; LOUZADA, Julio; OLIVEIRA, Victor Hugo Fonseca. Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. *Nature*, v. 535, n. 7610, p. 144-147, 29 jun. 2016. Springer Science and Business Media LLC. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/nature18326>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature18326#citeas>.

- BERENGUER, Erika; FERREIRA, Joice; GARDNER, Toby Alan; ARAGÃO, Luiz Eduardo Oliveira Cruz; CAMARGO, Plínio Barbosa de; CERRI, Carlos Eduardo; DURIGAN, Mariana; OLIVEIRA, Raimundo Cosme de; VIEIRA, Ima Célia Guimarães; BARLOW, Jos. A large-scale field assessment of carbon stocks in human-modified tropical forests. *Global Change Biology*, v. 20, n. 12, p. 3713-3726, 28 maio 2014. Wiley. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.12627>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/gcb.12627>.
- Chazdon RL, Broadbent EN, Rozendaal DMA, Bongers F, Zambrano AMA, Aide TM, et al. (2016) Carbon sequestration potential of second-growth forest regeneration in the Latin American tropics. *Science Advances* 2:e1501639.
- Crouzeilles, R., Curran, M., Ferreira, M.S., Lindenmayer, D.B., Grelle, C.E.V. & Rey Benayas, J.M. (2016) A global meta-analysis on the eco-logical drivers of forest restoration success. *Nature Communications*, 7, 11666.
- Curran, M., Hellweg, S. & Beck, J. (2014) Is there any empirical support for biodiversity offset policy? *Ecological Applications*, 24, 617–632.
- Dale VH, Beyeler SC (2001) Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators* 1:3–10
- DUBREUIL, Vincent et al. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia*, n. 37, 2018.
- Hamilton MB, 1999. Tropical tree gene flow and seed dispersal: deforestation affects the genetic structure of the surviving forest fragments. *Nature*, 401:129-130. <http://dx.doi.org/10.1038/43597>
- HOLL, Karen D. et al. Local tropical forest restoration strategies affect tree recruitment more strongly than does landscape forest cover. *Journal of applied ecology*, v. 54, n. 4, p. 1091-1099, 2017.
- Jones, H.P. & Schmitz, O.J. (2009) Rapid recovery of damaged ecosystems. *PLoS One*, 4, e5653.
- MOTA, Mariana Chaves. Efeitos da largura da mata ciliar em restauração sobre a comunidade vegetal. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Londrina, 2013.
- Parrotta JA, Turnbull JW & Jones N, 1997. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forestry Ecology and Management*, 99:1-7. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127\(97\)00190-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-1127(97)00190-4).
- PEREIRA, L. C. S. M.; OLIVEIRA, C. C. C.; TOREZAN, José Marcelo Domingues. Woody species regeneration in Atlantic Forest restoration sites depends on surrounding landscape. *Natureza & Conservação*, v. 11, n. 2, p. 138-144, 2013.
- Poorter L, Ongers FB, Aide TM, Zambrano AMA, Balvanera P, Becknell JM, et al. (2016) Biomass resilience of Neotropical secondary forests. *Nature* 530:211–214.

- Sansevero JBB et al., 2011. Natural regeneration in plantations of native trees in lowland Brazilian Atlantic forest: community structure, diversity, and dispersal syndromes. *Restoration Ecology*, 19:379-389. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1526-100X.2009.00556.x>
- SOONG, Jennifer L.; JANSSENS, Ivan A.; GRAU, Oriol; MARGALEF, Olga; STAHL, Clément; VAN LANGENHOVE, Leandro; URBINA, Ifigenia; CHAVE, Jerome; DOURDAIN, Aurelie; FERRY, Bruno. Soil properties explain tree growth and mortality, but not biomass, across phosphorus-depleted tropical forests. *Scientific Reports*, v. 10, n.1, p. 1-13, 10 fev. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-020-58913-8>.
- SOUZA, Celso Coelho de et al. Técnicas de sensoriamento remoto como subsídios aos estudos de florestas implantadas no Brasil-Uma revisão bibliográfica. *Ciência Florestal*, v. 17, p. 409-417, 2007.
- Stuble, K. L., Fick, S. E., & Young, T. P. (2017). Every restoration is unique: testing year effects and site effects as drivers of initial restoration trajectories. *Journal of Applied Ecology*, 54(4), 1051-1057.
- SUGANUMA, Marcio S.; DURIGAN, Giselda. Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. *Restoration Ecology*, v. 23, n. 3, p. 238-251, 2015. <https://doi.org/10.1111/rec.12168>
- Tabarelli M & Peres CA, 2002. Abiotic and vertebrate seed dispersal in the Brazilian Atlantic forest: implications for forest regeneration. *Biological Conservation*, 106:165-176. [http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00243-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00243-9)
- Tabarelli M, Mantovani W & Peres CA, 1999. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeast Brazil. *Biological Conservation*, 91:119-127. [http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00085-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00085-3)
- Torezan, J.M.D. (2002). A bacia do rio Tibagi in: Medri, ME., Bianchini, E., Shibata, OA., Pimenta, JA. (Eds.). **Nota sobre a vegetação da bacia do rio**, p. 103 -107, 2002.
- CTG Brasil. A maior usina do Rio Paranapanema, a UHE Capivara está localizada entre as cidades de Porecatu (PR) e Taciba (SP), 2022. Disponível em: <https://www.ctgbr.com.br/unidade/uhe-capivara/>
- VEGA, BLANCA; SHIMABUKURO, YOSIO EDEMIR; DUARTE, VALDETE. Técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG's Aplicadas a Atualização e Validação de Mudanças em Áreas com Bosques Natural e Reflorestamento em São José dos Campos/SP. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 10, p. 685-687, 2001.