

a. Título: Biodiversidade e dinâmica sucessional das florestas nos Mananciais da Serra, Piraquara, Paraná.

Coordenador: Román Carlos Ríos

b. Introdução

A região da Mata Atlântica brasileira coincide com o centro industrial do país e constitui a área de morada de 125 milhões de pessoas (SCARANO; CEOTTO, 2015). Esta situação tem levado a um alto grau de fragmentação e perda de biodiversidade no bioma Mata Atlântica que é considerado um dos mais ameaçados ao nível mundial (hotspot) com 2420 espécies de vertebrados e 20.000 espécies de plantas, muitas das quais com elevado grau de endemismo (JOLY *et al.* 2014; Rezende *et al.* 2018) e muitas das espécies são raras (RÍOS; CRUZ, 2021).

As Serras do Pico Marumbi, Serra do Emboque e Serra da Baitaca formam parte do maior conjunto montanhoso da Serra do Mar que juntas, dividem o primeiro planalto do Paraná com o litoral do Oceano Atlântico. A região apresenta um ecótono ou área de transição entre a Floresta Ombrófila Mista e a Floresta Ombrófila Densa na cota de altitude dos 900 a 1000 m. Nas duas formações florestais essas cotas representam a classificação de montanhas (IBGE, 2012). Acima de 1000 m de altitude a Floresta Ombrófila Mista consegue subir nos fundos de vale até uns 1200 m e logo desaparece para dar exclusividade a componentes da Floresta Ombrófila Densa. Acima de 1300m de altitude a vegetação florestal de grande porte é substituída por florestas de altitude e refúgios vegetacionais com espécies representantes de grande valor biológico e com numerosas espécies endêmicas.

Existe a preocupação ao nível internacional com as altas taxas de fragmentação florestal e a degradação de ecossistemas florestais. Exemplo é a declaração das Nações Unidas da década 2021-2030 como a da restauração. Na região da Mata Atlântica foi lançado em 2009 uma proposta governamental nomeada Pacto para a restauração da Mata Atlântica com a intenção de restaurar 15 milhões de há de áreas degradadas até 2050 (CROUZEILLES *et al.* 2019).

Em atividades de restauração são três os principais formatos utilizados: restauração ativa, regeneração espontânea e regeneração assistida. A restauração ativa geralmente demanda um alto custo de implantação, e geralmente é encarado por grandes empresas como as de mineração ou de geração de energia elétrica. A regeneração espontânea e a regeneração assistida são atividades de baixo custo e podem ser consideradas como uma efetiva solução para a recuperação da densidade de espécies arbóreas e de múltiplos serviços sociais e ambientais (CHAZDON; GUARIGUATA, 2016; CHAZDON *et al.* 2020).

A regeneração natural também é assinalada como um método de baixo custo para o sequestro de carbono com múltiplos serviços para a conservação da biodiversidade e dos ecossistemas que a sustentam (CHAZDON *et al.* 2016).

Numerosos estudos têm demonstrado a resiliência das florestas nativas e seu rápido crescimento, ainda logo de uso intensivo por longos períodos de tempo (FANTINI *et al.* 2017; LINTEMANI *et al.* 2019).

Segundo Siminski *et al.* (2021) a regeneração natural de florestas apresenta um contínuo recambio de espécies com o aumento da complexidade na estrutura com o passar do tempo.

Devido a seu baixo custo, programas de restauração baseados na regeneração natural poderiam encorajar proprietários de áreas improdutivas a reconstruir os ecossistemas, o que pode ser facilitado pelas extensas matriz de florestas secundárias encontradas em toda a extensão da Mata Atlântica.

As áreas de transição entre diferentes formações florestais são de extrema importância pois contém espécies características de ambas e geralmente apresentam alta diversidade biológica. O conhecimento detalhado de sua composição, estrutura e dinâmica nos permite ter ferramentas adequadas para a formulação de programas de conservação e de recuperação.

São raras as áreas no que é conhecido o histórico de uso e de regeneração natural. A área do presente projeto conta com estas informações o que a converte laboratório natural onde poderemos extrair dados inéditos que permitirão aumentar o nosso conhecimento da dinâmica florestal deste ecossistema ameaçado de desaparecimento.

Assim neste projeto pretendemos estudar a dinâmica e diversidade florestal tendo como referência, florestas bem conservadas desde 1907, avaliando a regeneração natural em pastagem abandonadas em 2004 e que estão em processo de restauração natural. A diversidade de árvores da floresta vai ser relacionada com espécies de ervas aclorofiladas as quais são chave para o planejamento de esforços de conservação.

c. Justificativa

A Mata Atlântica é um dos biomas brasileiros de maior biodiversidade e endemismos (RIBEIRO *et al.*, 2011), onde podem-se diferenciar formações florestais como a Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Semidecidual e formações pioneiras (IBGE, 2012). Originalmente cobria uma extensão de 1.315.460 km² e ocupava os estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro, Minas

Gerais, Espírito Santo, Bahia, Alagoas, Sergipe, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA 2018).

A Mata Atlântica é uma das florestas mais ricas em espécies por unidade de área onde ocorrem 261 espécies de mamíferos, 688 espécies de aves, 200 de répteis e 280 espécies de anfíbios. As espécies de plantas endêmicas também são muito numerosas com 8443 de um total de 15511 espécies registradas. Destas, 1544 são plantas ameaçadas de extinção e considerando a fauna silvestre das 627 espécies ameaçadas do Brasil, 61% ocorrem neste Bioma (MARQUES *et al.* 2016).

A presença de grandes escarpas e a proximidade do mar determinam a ocorrência de chuvas orográficas provocando grande nebulosidade na maior parte do ano, umidade elevada e altos índices pluviométricos (STRUMINSKI, 2010; ALBUQUERQUE *et al.* 2012).

Os solos da região dependem muito de fatores atmosféricos e as formações rochosas são muito variados com predomínio de cambissolo e neossolo litólico e em menor grau de latossolos, argissolos e gleissolos. Assim, a grande variabilidade ambiental característica da região promove o desenvolvimento de formações vegetais de alta complexidade fitogeográfica.

Segundo Tabarelli *et al.* (2010), este bioma foi intensamente explorado, tendo início com a chegada dos primeiros colonizadores europeus no século 16. Hoje restam apenas 8,5 % de remanescentes florestais de mais de 100 hectares (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2018) e 28% são considerados os fragmentos desde 1 hectare de superfície (REZENDE *et al.* 2018). Esses fragmentos remanescentes, ainda, continuam a deteriorar-se devido à retirada de lenha, corte ilegal de madeira, à captura de animais e ao ingresso de animais domésticos de médio e grande porte .

Sob determinadas condições, áreas de cultivo e pastagem podem retornar a ser áreas de floresta mediante a regeneração natural seja espontânea ou assistida. As áreas de cultivo e pastagem quando abandonadas podem ser cobertas por floresta nativa pelo processo da regeneração natural, também conhecido tecnicamente como sucessão secundária, restauração espontânea ou regeneração passiva. Esta floresta, como um novo sistema florestal, vai sendo reconstituído e assim volta a adquirir muitas das propriedades da floresta original (GHAZOUL; CHAZDON, 2017).

A regeneração natural em áreas de cultivo e pastagens abandonadas podem trazer oportunidades para a conservação da biodiversidade e na geração de múltiplos bens e serviços ecossistêmicos (MATOS *et al.* 2019; PUGLA *et al.* 2019).

As Nações Unidas (UN) tem declarado a década da restauração de ecossistemas (2021-2030) e a regeneração natural de áreas previamente usadas para cultivos e pastagens, quando

abandonadas, pode contribuir aos esforços mundiais para a restauração de extensas áreas degradadas devido a seu baixo custo de implantação (BULLOCK *et al.* 2011). Essas florestas restauradas vão fornecer espaços para a conservação da biodiversidade, para o combate à mudanças climáticas, podendo ajudar na segurança alimentar da população local e na proteção das fontes de água de forma social e ecologicamente efetiva (CHAZDON; BRACALION, 2019).

Estudos de regeneração natural de florestas mostram um aumento gradual e relativamente rápido da riqueza de espécies arbóreas comparando uma floresta referencial, sendo a composição de espécies da floresta madura a que se apresenta a um ritmo marcadamente menor (MATOS *et al.* 2019; ROZENDAAL *et al.* 2019).

Segundo Crouzeilles *et al.* (2020), a fragmentação florestal na Floresta Atlântica poderia ser reduzida em um 44% caso os 210 000 km² de terras com alta capacidade de regeneração espontânea ou assistida fossem poupadas de outros usos.

Segundo Meli *et al.* (2017), as recuperações das funções dos ecossistemas apresentam similares padrões entre a regeneração natural e a restauração ativa através de plantações de árvores. A regeneração espontânea mostram evidências, porém com poucos estudos, de maior capacidade de retenção de sedimentos e do escoamento superficial que áreas com árvores plantadas (YANG *et al.* 2018).

A regeneração natural pode trazer benefícios econômicos diretos e indiretos aos residentes locais dado que podem incrementar e diversificar a produtividade a longo prazo dos sistemas agrícolas (PELTIER *et al.* 2014).

A regeneração natural pode também criar oportunidades e novos ingressos à comunidade local baseado no ecoturismo e adicionalmente trazer benefícios para a vida silvestre e para a provisão de serviços ecossistemas (BRAY 2016).

Devido ao seu baixo custo, a implantação de maiores áreas poderiam ser restauradas comparando a restauração ativa por plantação de árvores (CHAZDON; GUARIGUATA, 2016).

Nunes *et al.* (2017) fizeram a projeção que em Minas Gerais que a regeneração espontânea e assistida poderia restaurar efetivamente 15.000 km² em 20 anos. Segundo Crouzeilles *et al.* (2020) ao longo de toda a região da Mata Atlântica 210 000 km² de áreas degradadas pode ser potencialmente restauradas por meio de regeneração natural, reduzindo o custo de implantação em 90 bilhões de dólares (77%) comparado com a restauração ativa.

A vegetação da região dos Mananciais da Serra caracteriza-se pela presença de Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista (floresta com araucária) (LACERDA, 1999; RODERJAN, 1994; REGINATO, GOLDENBER, 2007), constituindo-se assim, em uma zona de

tensão ecológica onde temos mistura das espécies características de cada uma das formações (IBGE, 2012).

A Floresta Ombrófila Densa é a faixa de florestas que ocupava originalmente a costa leste brasileira, e se distribui desde Natal (Rio Grande do Norte) até Torres/Osório (Rio Grande do Sul). A forma de relevo, o solo e as formas de vida desta região refletem um clima ombrófilo com equilíbrio térmico. As diferentes condições ambientais dados pela topografia diversa e as características pedológicas podem-se distinguir diversas tipologias florestais de caráter e fisionomia bem particulares. Segundo IBGE (2012) no estado do Paraná, de acordo com o gradiente topográfico encontrado, a Floresta Ombrófila Densa pode-se subdividir em cinco sub-formações: Floresta Ombrófila Densa de terras baixas (5 a 30 msnm), Floresta Ombrófila Densa Submontana (31 a 400 msnm), Floresta Ombrófila Densa Montana (401 a 1000 msnm), Floresta Ombrófila Densa Altomontana (acima de 1000 msnm) e Floresta Ombrófila Densa Aluvial (marginal dos rios).

Segundo Roderjan *et al.* (2002) a Floresta Ombrófila Densa Montana no estado do Paraná apresenta como espécies dominantes a *Ocotea catharinensis*, *Ocotea odorífera*, *Copaifera trapezifolia*, *Aspidosperma olivaceum*, *Pouteria torta*, *Lamanonia speciosas*, *Cabralea canjerana* e *Cedrela fissilis*. Nos estratos inferiores destacam-se *Drymis brasiliensis*, *Ilex taubertiana*, *Ilex microdonta*, *Dicksonia sellowiana* e várias Myrtaceae.

A Floresta Ombrófila Mista, também conhecida como floresta com araucária, reveste o planalto meridional e encontra sua principal área de distribuição nos três estados sulinos do Brasil. Esta formação apresenta uma alta diversidade de espécies arbóreas, com tudo a fisionomia geral é dada pela presença marcante de *Araucaria angustifolia*.

No estado do Paraná, a região das Araucárias, ocupa os três planaltos iniciando ao leste, ao pé da Serra do Mar (MAACK, 1981). Segundo Klein (1962) no primeiro planalto paranaense os núcleos remanescentes das matas nativas já eram raros na região na década de 60. Originalmente, a Floresta Ombrófila Mista do primeiro planalto caracterizava-se pela presença do pinheiro (*Araucaria angustifolia*) e da imbuia (*Ocotea porosa*) dando a imagem de ser uma formação homogênea. O dossel dos pinheirais é formado principalmente pelas seguintes espécies: *Ocotea odorífera* (sassafrás), *Ocotea catharinensis* (canela coqueira), *Nectandra megapotamica* (canela imbuia), *Sloanea lasiocoma* (sapopema), *Cryptocarya aschersoniana* (canela fogo), *Luehea divaricata* (açoita cavalo), *Ilex paraguariensis* (erva mate), *Lamanonia speciosa* (guaraperê), *Clethra scabra* (guaperê) dentre outras.

Dentre os escassos levantamentos fitossociológicos realizados no Paraná, na região de transição entre a Floresta Ombrófila Densa e a Floresta Ombrófila Mista destacam-se Roderjan

(1994), Lacerda (1999) e Reginato e Goldenberg (2007). Não foram registrados estudos que abordem a regeneração natural de florestas nesta transição.

O primeiro estudou um gradiente da Floresta Ombrófila Densa no Morro Anhangava em Quatro Barras, PR, onde registrou 43 espécies arbóreas na transição altomontana/montana e onde as espécies mais importantes foram: *Ocotea catharinensis*, *Weinmania humilis*, *Siphoneugenia reitzii*, *Ilex microdonta* e *Vernonia quinqueflora*. Já a Floresta Ombrófila Densa Montana obteve 43 espécies distribuídas em 22 famílias, destas *Ilex paraguariensis*, *Ocotea catharinensis*, *Cabralea canjerana*, *Sloanea lasiocoma* e *Dicksonia sellowiana* forma as mais importantes.

Lacerda (1999) realizou um estudo fitossociológico em duas diferentes fases sucessionais no vale entre os morros de Vigia e do Canal, município de Piraquara, PR. Identificou 84 espécies para o estágio sucessional avançado sendo as mais importantes espécies no estrato superior: *Nectandra lanceolata* e no estrato intermediário *Campomanesia xanthocarpa*, *Myrcia tenuivenosa* e *Casearia sylvestris*. Na área de estágio sucessional intermediário identificou 72 espécies sendo as mais importantes *Psychotria sessilis*, *Nectandra lanceolata*, *Casearia sylvestris* e *Miconia rigidiuscula*.

Por sua parte, Reginato e Goldenberg (2007) estudaram a vegetação arbórea em uma região de transição entre Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista nos Mananciais da Serra, Piraquara, PR. Identificaram 85 espécies arbóreas e as famílias mais ricas foram Myrtaceae (22 espécies), Lauraceae (11 espécies), Rubiaceae (6 espécies) e Aquifoliaceae (4 espécies). Com relação à estrutura da vegetação, as espécies mais importantes foram *Alsophila setosa*, *Ocotea catharinensis*, *Cyathea phalerata*, *Cryptocarya aschersoniana* e *Cordia concolor*.

Especialmente os trabalhos de Lacerda (1999) e Reginato e Goldenberg (2007) são uma referência fundamental para entendermos a altíssima riqueza arbórea que apresenta a região em estudo. Mais ainda se considerarmos que contamos com áreas com o histórico de regeneração natural conhecidos, o que facilitaria enormemente as comparações entre diferentes áreas. Não foram registrados trabalhos sobre regeneração natural de floresta nesta região e são muito escassos ao nível do estado do Paraná.

O poder de regeneração das florestas é um forte remédio contra os males da degradação ambiental global (CHAZDON, 2016).

O município Piraquara possui remanescentes florestais bem conservados, que abrangem o ecótono das fitofisionomias Floresta Ombrófila Mista e Floresta Ombrófila Densa, abrigando uma grande riqueza de espécies, algumas delas ainda pouco conhecidas pela ciência como as plantas aclorofiladas.

As plantas aclorofiladas têm despertado o interesse de pesquisadores pelo seu papel como espécies chave em ações de conservação e uso sustentável, pois ocorrem apenas em florestas maduras e bem conservadas, com serapilheira espessa e teores de umidade constantemente altos, em estágio avançado de sucessão. Essas plantas não realizam fotossíntese e são classificadas como mico-heterotróficas, ou seja, realizam simbiose com fungos para a sua nutrição. No Brasil em geral, e no estado do Paraná, são ainda escassos os registros dessas plantas dado seu tamanho diminuto e hábitos ombrófilos.

Estudos realizados em Piraquara por Ríos e Cruz (2021) na região dos Mananciais da Serra, registraram espécies mais comuns e de ampla distribuição como *Voyria aphylla*, *Apteria aphylla*, *Langsdorffia hypogaea*, e outras mais raras como *Triuris hyalina* e *Thismia panamensis*.

Voyria aphylla é a única espécie que pode ser observada ao longo do ano, as demais são registradas no verão, em época de maior precipitação e temperatura. Esta espécie foi observada nas proximidades e como epífita em xaxim-bugio *Dicksonia sellowiana* e xaxim-bravo *Alsophila setosa*.

Apteria aphylla é uma espécie fácil de ser observada na época de floração e frequentemente ocorre com outras plantas aclorofiladas. A única planta parasita registrada em Piraquara até a atualidade foi *Langsdorffia hypogaea*, com floração em época diferente das demais, ocorrendo nos meses mais frios e secos do ano nesta região.

Triuris hyalina foi recentemente registrada no Paraná (RÍOS; CRUZ, 2021), em levantamento realizado na região dos Mananciais da Serra em Piraquara, e pode ser observada com numerosas subpopulações, podendo se desenvolver em locais muito úmidos próximos às raízes, bem como em ambientes mais secos em topos de morro. Geralmente é vista co-ocorrendo com *Gymnosiphon tenellus*, *Apteria aphylla* e *Thismia panamensis*.

Thismia panamensis é uma espécie rara e recentemente registrada no Brasil (GUILHERME *et al.* 2016) e no Paraná na Serra de Baitaca no município de Quatro Barras (SOUZA, 2021) e no município de Piraquara no Morro do Canal (RÍOS; CRUZ, 2021). Subpopulações estão sempre com poucos indivíduos e em ambientes sempre muito úmidos; o tubo floral é muito efêmero, e a semelhança de tamanho e cor com os fungos dificulta sua detecção.

A intensificação do esforço amostral das plantas aclorofiladas pode trazer novas informações sobre a ecologia, distribuição, riqueza e abundância, e o registro acurado das espécies presentes em Piraquara se constitui em uma estratégia de conservação e valorização das florestas maduras e são escassos os trabalhos que descrevem as ervas aclorofiladas e praticamente inexistentes estudos que relacionam a diversidade arbórea com as plantas aclorofiladas. Contar com esse tipo de informação fortalece os esforços de conservação da Mata Atlântica.

d) Objetivos

Objetivo geral:

O presente projeto tem como objetivo principal analisar a diversidade de espécies arbóreas e a regeneração natural em diferentes setores e patamares de altitude e como é condicionada a riqueza e distribuição espacial de plantas herbáceas aclorofiladas.

Objetivos específicos:

- Avaliar a estrutura horizontal, vertical e estágio sucessional em diferentes setores e patamares de altitude.
- Avaliar a composição e estrutura da regeneração natural de espécies arbóreas comparando floresta madura com pastagem abandonada de idade conhecida.
- Determinar a riqueza e distribuição espacial de espécies herbáceas aclorofiladas e sua relação com a regeneração natural de árvores.

e. Metodologia:

Características da área de estudo

O estudo será realizado em torno das coordenadas 25°30'44''S e 48°59'24'' W no Parque Estadual Pico Marumbi, especificamente na área Mananciais da Serra, local conhecido como Carvalho, aos cuidados da Sanepar e na APA de Piraquara, PR, (Figura 1). Na APA Piraquara serão percorridas as trilhas na procura de ervas aclorofiladas especificamente no Morro do Canal e Torre amarela e na Barragem Piraquara I (Figura 2).

O acesso para a região é feito através de estrada secundária que parte da BR 277 e passa pelo Centro de Educação Ambiental Mananciais da Serra pertencente a SANEPAR.

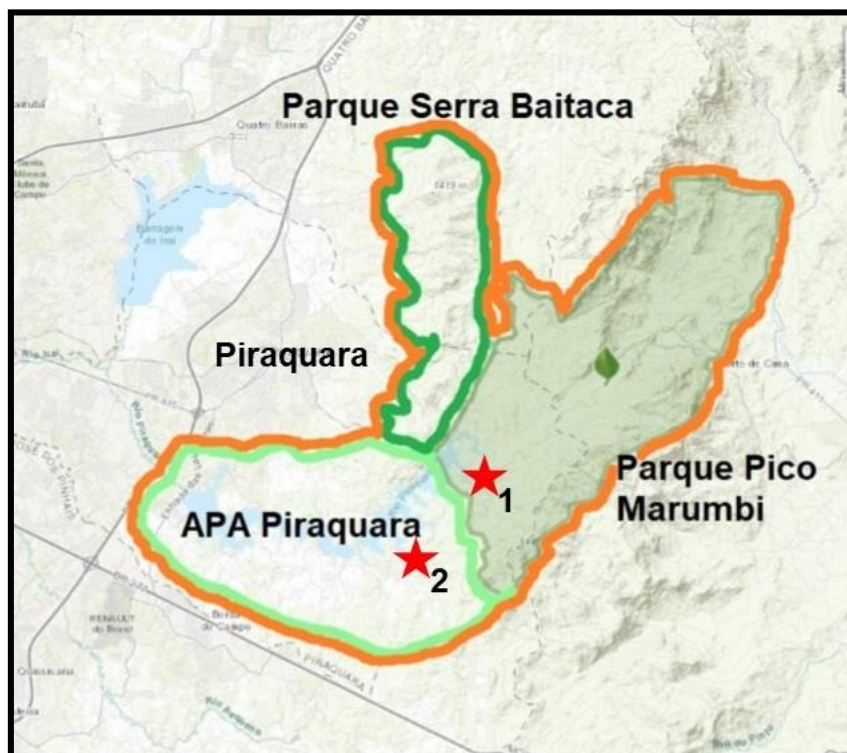


Figura 1: Localização das áreas de estudo no município de Piraquara, PR.

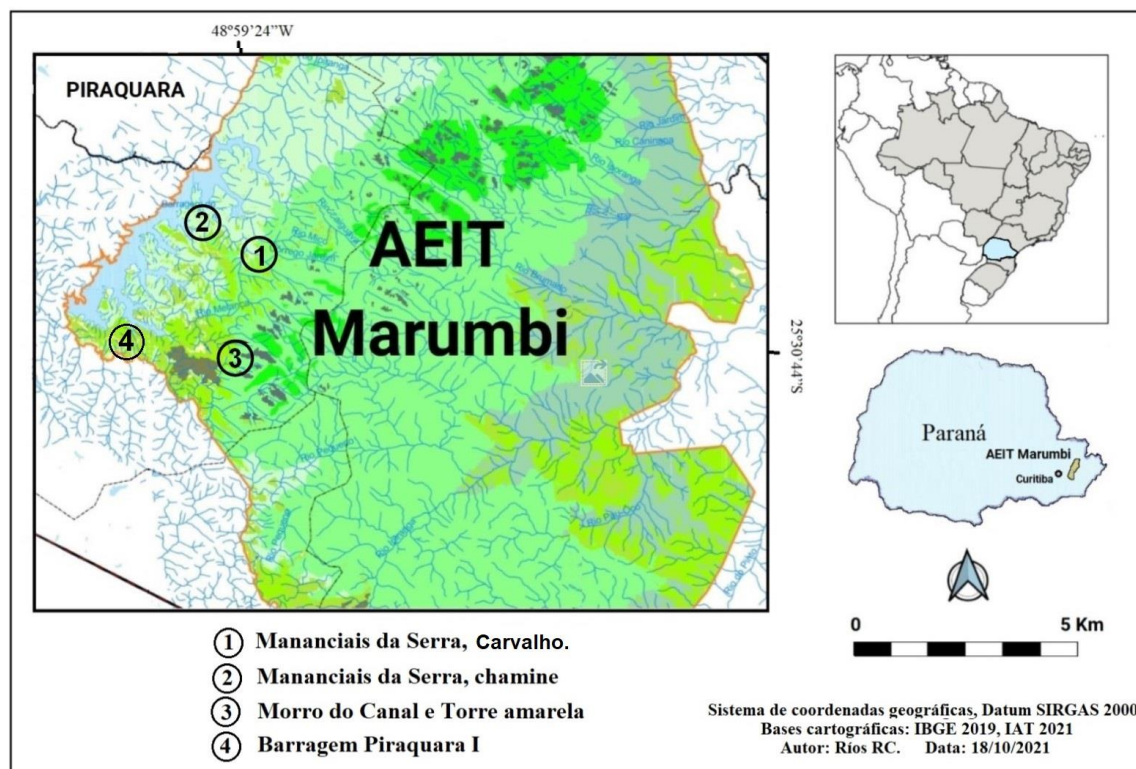


Figura 2: Localização das áreas específicas de estudo da vegetação arbórea e de plantas aclorofiladas no município de Piraquara, PR.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, se enquadra no tipo Cfb (sub-tropical úmido), mesotérmico sem estações secas. Apresenta temperatura média no mês mais frio de 12° C. A precipitação média anual é de 1384 mm, sendo outubro, novembro e dezembro os meses mais chuvosos (IAPAR, 1994).

A vegetação da região é enquadrada como Floresta Ombrófila Densa Montana, porém seria melhor caracterizada como transição entre Floresta Ombrófila Mista e Floresta Ombrófila Densa (REGINATO; GOLDENBERG, 2007).

Tipo de estudo

O estudo será realizado aplicando métodos fitossociológicos reconhecidos ao nível mundial propostos originalmente por Mueller Dombois e ElleMBERG (1974) e aplicados por Felfilli *et al.* (2011) e Einselhor *et al.* (2015).

Procedimento amostral

O trabalho será realizado segundo métodos fitossociológicos com amostragem sistemática e com parcelas múltiplas e permanentes. O levantamento do componente arbóreo adulto será realizado com 82 parcelas de 10 x 20 metros e o componente regeneração natural em parcelas de 1 x 10 metros na áreas: Adutora (20), Salto (18), Morro Carvalho (20) e pastagem (24) (Figura 3).

Descrição dos setores

- Adutora: Área que está aos lados da adutora principal que levava água até Curitiba. A floresta está em bom estado de conservação e apresenta estrutura complexa, com muitas árvores velhas e vai ser considerada como referência. Serão alocadas 20 parcelas segundo mostrado na figura 3.

- Salto: Área que está ao lado da trilha do salto. A floresta apresenta uma estrutura vertical complexa, com muitas árvores velhas e algumas mortas em pé. Esta floresta também vai ser considerada como referência e serão alocadas 18 parcelas como mostrado na figura 3.

- Pastagem: Área de pastagem abandonada desde 2004 e que apresenta regeneração natural da floresta. Tem uma extensão aproximada de 3 hectares. Esta área vai ser comparada com as florestas de referência (adutora e salto) para avaliar a dinâmica da regeneração natural em pastagem abandonada e serão alocadas 24 parcelas (Figura 3).

- Morro Carvalho: Área localizada em trilha que sobe até o topo do morro conhecido como Carvalho. A floresta está em estágio sucessional avançado, com alta diversidade de espécies e numerosas árvores de grandes dimensões. No morro do Carvalho 10 parcelas serão localizadas no patamar entre 1100 – 1150 msnm e 10 parcelas no patamar 1200 – 1250 msnm.

Nas parcelas serão registrados todos os indivíduos de espécies vegetais de hábito arbóreo considerando como tais os exemplares com diâmetro (DAP) a partir de 4,8 cm. A regeneração natural será registrada como sendo todos os indivíduos de mais de 10 cm de altura até 4,7 cm de DAP. As plantas aclorofiladas serão identificadas e numeradas nas mesmas parcelas de regeneração natural e nas numerosas trilhas do Parque Estadual Pico Marumbi e da APA Piraquara (Figura 3). As espécies arbóreas serão classificadas em grupos ecológicos para facilitar a interpretação dos estágios sucessionais da área. A classificação escolhida é a de Budowski (1965) como usada por Vaccaro *et al.* (2004), Paula *et al.* (2004) e Petreire *et al.* (2004). Os grupos são: pioneiras, secundárias iniciais, secundárias tardias e clímax.

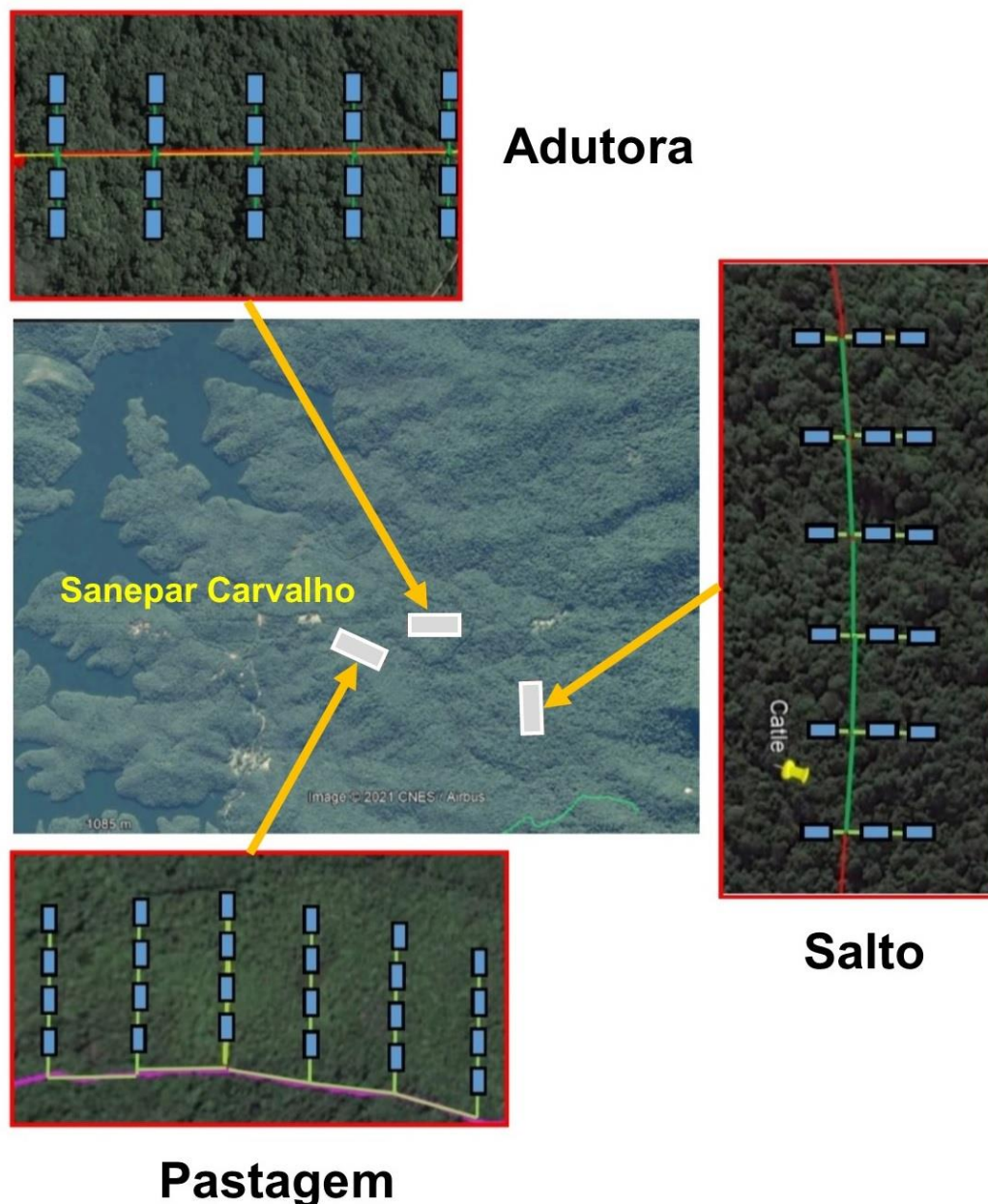


Figura 3: Localização dos setores de estudo com a disposição das parcelas na área Sanepar Carvalho dos Mananciais da Serra. O tamanho das parcelas é meramente ilustrativo e está fora de escala.

Profundidade de horizontes do solo

Em cada parcela de 10 x 20 m será escavada uma trincheira de 1 x 1 x 1 m para medir a espessura dos horizontes do solo o que será necessário para as comparações entre setores. A trincheira estará localizada no centro de cada parcela.

Descrição e análise de dados

Composição florística

A composição florística será definida com base na identificação das espécies amostradas nas parcelas onde também serão calculados os parâmetros fitossociológicos densidade (absoluta e relativa, frequência (absoluta e relativa), dominância (absoluta e relativa) e estes estimadores serão usados no cálculo de Valor de Importância e do respectivo percentual de importância (DR + FR + DoR). As espécies serão identificadas com auxílio de bibliografia especializada e consulta a especialistas em taxonomia vegetal e serão classificadas de acordo com o sistema de classificação APG IV (2016).

Em cada parcela será computado o número de indivíduos por espécies, gênero e família e o Escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) será usado para comparar a composição florística e abundância entre os setores e entre a vegetação adulta e a regeneração natural. A função metaMDS do pacote vegan para o software será usada com o uso do índice de dissimilaridade de Bray Curtis (OKSANEN *et al.* 2017). Uma análise Permutacional de Variância (PERMANOVA) com o uso da função adonis será usado para saber como a floresta que se regenera na pastagem abandonada e as florestas nos diferentes patamares de altitude apresentam diferenças com a floresta de referência (adutora e salto). Para comparar as densidades relativas das espécies por estrato será usado o diagrama de Whittaker (MAGURRAN, 2004).

Diversidade verdadeira

A diversidade verdadeira será avaliada segundo o método proposto por CHAO e JOST (2012) com o uso dos pacotes iNEXT (HSIEH *et al.* 2016) e ggplot2 (WICKHAM, 2016) para o programa R (R CORE TEAM, 2021) que possibilitam a visualização gráfica dos valores $q=0$, $q=1$ e $q=2$, que permitem a comparação da diversidade segundo as abundâncias das espécies. Assim $q=0$ não leva em conta as abundâncias e considera só a riqueza de espécies. A diversidade verdadeira das espécies menos frequentes é comparada por $q=1$ e as espécies mais abundantes são comparadas com $q=2$ (CHAO *et al.*, 2015). A sobreposição ou não dos intervalos de confiança permitem estabelecer as diferenças entre linhas de parcelas (COLWELL *et al.* 2012). Assim, será comparada a riqueza e a diversidade entre a Floresta Ombrófila densa Montana (adutora e salto) com dois patamares de altitude sobre o morro do Carvalho e com a pastagem abandonada de 16 anos.

Comparação de abundâncias e alturas da regeneração natural.

Para comparar as abundâncias e a alturas da regeneração natural entre áreas de referência (adutora e salto) com a pastagem abandonada e com patamares de altitude será usado o teste paramétrico ANOVA com a respectiva testagem de pressupostos e alternativamente o uso do teste não paramétrico Kruskal Wallis quando os pressupostos de normalidade e homocedasticidade não forem atendidos.

Comparação de diâmetros e alturas das árvores.

Os diâmetros e alturas das árvores nos diferentes setores e patamares de altitude serão comparado assim como as diferenças segundo a espessura dos horizontes do solo mediante o teste paramétrico ANOVA com a respectiva testagem de pressupostos e alternativamente o uso do teste não paramétrico Kruskal Wallis quando os pressupostos de normalidade e homocedasticidade não forem atendidos.

Estudo qualitativo da vegetação

Serão desenhados um perfil de vegetação de 50 x 4 metros em cada setor (adutora, salto, pastagem, morro do Carvalho) com o intuito de representar qualitativamente a vegetação da área de estudo e que serão um complemento aos dados quantitativos (DURIGAN, 2003).

Alocação de parcelas permanentes

As parcelas serão sinalizadas de forma permanente com canos PVC brancos e as subparcelas de regeneração natural de 10 m² (1 x 10 m) serão alocadas dentro de cada parcela para árvores adultas (Figura 4).

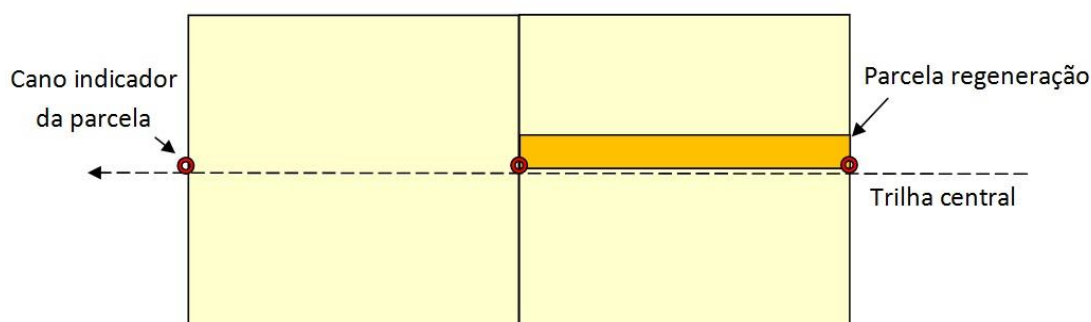


Figura 4: Formato das parcelas permanentes de estudo, Mananciais da Serra Piraquara, Paraná. Em amarelo a parcela de 10 x 20 metros para árvores adultas e em laranja a parcela de regeneração e plantas aclorofiladas com dimensões de 1 x 10 metros.

Coleções botânicas

O material botânico coletado será identificado no Herbário da Escola de Florestas da UFPR e com o auxílio de especialistas das diferentes famílias vegetais. O material será tombado em Herbários da UFPR. Para árvores será coletado material vegetativo e fértil para o tombamento em herbário. No caso de ervas aclorofiladas serão coletados 5 indivíduos completos (raiz, caule, flor e fruto) de cada espécie para tombamento em herbário.

Análise de espécies indicadoras

A análise de espécies indicadoras será usada para determinar quais espécies da regeneração arbórea estão positivamente ou negativamente associadas com parcelas ocupadas por espécies herbáceas aclorofiladas.

Um teste de significância será conduzido usando randomização Monte Carlo no qual os valores de indicadores máximos serão recalculados 1000 vezes ao acaso para confirmar quais parcelas foram ocupadas por ervas aclorofiladas. Esta distribuição será comparada com o máximo valor de espécies indicadoras observadas para determinar o nível de significância (MCCUNE; MEFFORD, 1997). Serão usados os pacotes “indicspecies” e “stats19” e a função “multipatt” para a plataforma R.

Resultados esperados

Para cada um dos setores (adutora, salto, morro Carvalho, pastagem):

- Relação de espécies arbóreas e herbáceas aclorofiladas.
- Tabelas de estrutura arbórea (Densidade, Frequência, Dominância, IVI) para cada setor (adutora, salto, morro do Carvalho, pastagem).
- Histórico de perturbação antrópica e perspectiva de desenvolvimento futuro (Estágio sucessional e projeção).
- Um Perfil de vegetação por setor estudado (adutora, salto, morro do Carvalho, pastagem).
- Análise comparativa entre áreas florestais (adutora e salto) e a pastagem abandonada.
- Gráficos de riqueza e diversidade verdadeira mostrando as diferenças entre os diferentes setores estudados.
- Descrição das espécies chave (arbóreas e herbáceas aclorofiladas) e sua função ecológica na floresta (Ex. espécies em perigo, frutíferas e raras).
- Análise comparativa da relação de ervas aclorofiladas com a regeneração natural de árvores.
- Avaliação de árvores mortas em pé e troncos caídos.
- Avaliação das diferenças existentes segundo a profundidade do solo nos diferentes setores e patamares de altitude.

f) Custo do projeto

O curso terá uma duração de 4 anos e será financiado por fundos próprios do Laboratório de Ecologia Florestal da Universidade Federal do Paraná.

O custo de realização será de R\$ 3.600 por ano, fazendo um total de R\$ 14.400.

g) Cronograma de execução.

Atividade	Ano 1	Ano 2	Ano 3	Ano 4
Alocação de parcelas permanentes	■			
Levantamento de espécies arbóreas. Adutora	■			
Levantamento de espécies arbóreas. Salto		■		
Levantamento de espécies arbóreas. Pastagem		■		
Levantamento de espécies arbóreas. Morro			■	
Levantamento de espécies herbáceas aclorofiladas.	■	■	■	■
Levantamento de regeneração natural. Adutora	■			
Levantamento de regeneração natural. Salto		■		
Levantamento de regeneração natural. Pastagem		■		
Levantamento de regeneração natural. Morro			■	
Digitalização de dados.	■	■	■	
Análise de dados.	■	■	■	
Revisão bibliográfica			■	■
Identificação de espécies e tombamento em herbário.	■	■	■	
Desenho de perfil setor “adutora”	■			
Desenho de perfil setor “salto”		■		
Desenho de perfil setor “pastagem”		■		
Desenho de perfil setor “morro do Carvalho”			■	
Escrita relatório parcial	■	■	■	
Escrita relatório final				■

h) Bibliografia.

APG IV. 2016 An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.181, p.1-20.

BUDOWSKI, G. Distribution of tropical american rain forest species in the light of sucessional processes. Turrialba, v. 15, p. 40 – 45, 1965.

BULLOCK JM, ARONSON J, NEWTON AC, PYWELL R F AND REY-BENAYAS JM. 2011 Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities *Trends Ecol. Evol.* 26 541–9

BRAY DB. 2016. Muir and pinchot in the sierra norte of oaxaca: governance of forest management and forest recovery in pueblos mancomunados *World Dev. Perspect.* 4 8–10

CHAZDON, R. 2016. O Renascimento das florestas. Editora Oficina de textos.

CHAZDON R AND BRANCALION P. 2019. Restoring forests as a means to many ends *Science* 365 24–5

CHAZDON R L AND GUARIGUATA MR. 2016. Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges *Biotropica* 48 716–30.

CHAZDON R L et al. 2016. Carbon sequestration potential of secondgrowth forest regeneration in the Latin American tropics *Sci. Adv.* 2 e1501639

CHAZDON, R. L., LINDENMAYER, D., GUARIGUATA, M. R., CROUZEILLES, R., REY BENAYAS, J. M., AND LAZOS CHAVERO, E. 2020. Fostering natural forest regeneration on former agricultural land through economic and policy interventions. *Environ. Res. Lett.* 15:ab79e6. doi: 10.1088/1748-9326/ab79e6

DURIGAN, G. Métodos para análise da vegetação arbórea. In: Cullen Júnior, L.; Rudran, R.; Valladares-Padua, C. Métodos de estudos em biología da conservação e manejo da vida silvestre. Curitiba. UFPR e Fundação O Boticário de Proteção à Natureza. 2003.

CHAO, A.; CHIU, C. H.; HSIEH, T. C.; DAVIS, T.; NIPPERESS, D. A.; FAITH, D. P. Rarefaction and extrapolation of phylogenetic diversity. **Methods in Ecology and Evolution**, v.6, p.380–388, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12247>.

COLWELL, R.K.; CHAO, A.; GOTELLI, N.J.; LIN, S.-Y.; MAO, C.X.; CHAZDON, R.L.; LONGINO, J.T. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. **Journal of Plant Ecology**, v.5, p.3-21, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1093/jpe/rtr044>

CROUZEILLES R, BARROS F S, MOLIN PG, FERREIRAMS, JUNQUEIRA A B, CHAZDON R L, LINDENMAYER DB, TYMUS J R C, STRASSBURG B BNAND BRANCALION PHS. 2019. Anew approach to map landscape variation in forest restoration success at the global scale *J. Appl. Ecol.* 56 2675–86

CROUZEILLES R et al. 2020. Achieving cost-effective landscape-scale forest restoration through targeted natural regeneration *Conservation Lett.* Accepted (<https://doi.org/10.1111/conl.12709>)

FANTINI, A. C., BAUER, E., DE VALOIS, C. M., AND SIDDIQUE, I. (2017). The demise of swidden-fallow agriculture in an Atlantic Rainforest region: implications for farmers' livelihood and conservation. *Land Use Policy* 69, 417–426. doi: 10.1016/j.landusepol.2017.09.039

FELFILLI, J.M.; CARVALHO, F.a.; LIBANO, A.M.; VENTUROLI, F.; SILVA PEREIRA, B.A.; Mendonça Machado E.L. Análise Multivariada: princípios e métodos em estudos de vegetação. In: *Fitossociologia do Brasil. Métodos e estudos de Casos.* Editora UFV. 2011.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA: A nossa causa. 2014.

GHAZOUL J AND CHAZDON R L. 2017. Degradation and recovery in changing forest landscapes: a multiscale conceptual framework *Annu. Rev. Environ. Resour.* 42 161–88.

GUILHERME FA, PERES COELHO C, CAMARGO SMIDT E, CARRIJO GOMES D & DE SOUZA LF. (2016) *Thismia panamensis*: first record of Thismiaceae for the Brazilian Cerrado in Goiás state. *Check List* 12(2):1–4.

HERNÁNDEZ-RAMIREZ, A.M.; GARCIA-MENDEZ, S. 2015. Diversidad, estructura y regeneración de la selva tropical estacionalmente seca de la Península de Yucatán, México. *Revista de Biología Tropical*. Vol. 63(3): 603-616. 2015.

HSIEH, T. C.; MA, K. H.; CHAO, A. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). **Methods in Ecology and Evolution**, v. 7, p.1451–1456, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>.

IBGE. Manual Técnico da vegetação brasileira. 2^{da} edição revisada e ampliada. 2012

JOLY, C. A., METZGER, J. P., AND TABARELLI, M. (2014). Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. *New Phytol.* 204, 459–473. doi: 10.1111/nph.12989

KLEIN, R.M. Fitofisionomia e notas sobre a vegetação para acompanhar a planta fitogeográfica de parte dos municípios de Rio Branco do Sul, Bocaiúva do Sul, Almirante Tamandaré e Colombo (Pr). *Boletim da Universidade do Paraná- Geografia Física, Curitiba*, v.3,33p. 1962.

LACERDA, A.E. B. Levantamento florístico e estrutural de vegetação secundária em área de contato da Floresta Ombrófila Densa e Mista – PR. Curitiba, 1999. Dissertação (Mestrado)- Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná. 114 pp.

LAZZAROTTI ABREU, T.; RODRIGUES PINTO, J.R.; MEWS, H.A. 2014. Variações na riqueza e na diversidade de espécies arbustivas e arbóreas no período de 14 anos em uma Floresta de Vale, Mato Grosso, Brasil. *Rodriguésia* 65 (1): 073-088.

LINTEMANI, M. G., LOSS, A., MENDES, C. S., AND FANTINI, A. C. (2019). Long fallows allow soil regeneration in slash-and-burn agriculture. *J. Sci. Food Agric.* 100, 1142–1154. doi: 10.1002/jsfa.10123

MAACK, R. Geografia física do Estado do Paraná. Rio de Janeiro: José Olympio, 2 edição. 1981.

MACHADO DE AMARAL, S. et al. 2013. Comparação dos parâmetros fitossociológicos entre três estratos de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista. *Cerne, Lavras*, v. 19, n.3, p. 365-372, 2013.

MAGURRAN, A.E. Measuring biological diversity. Oxford. Blackwell publishing, 256 p. 2004.

MARQUES MCM, LINS E SILVA AC, RAJÃO H, ROSADO BH, FRANCA BARROS, C, ALVES DE OLIVEIRA J, FINOTTI R, NECKEL-OLIVEIRA S, AMORIN A, CERQUEIRA R, GODOY BERGALLO H. Mata Atlântica. O desafio de transformar um passado de devastação em um futuro de conhecimento e conservação. In: *Conhecendo a Biodiversidade*. Organizadores: Luna Peixoto A, Pujol Luz JR, De Brito MA. 2016.

MATOS FA, MAGNAGO L F S, AQUILA CHAN MIRANDA C, DE MENEZES L F T, GASTAUER M, SAFARNV, SCHAEFERCEGR, DA SILVAMP, SIMONELLIMAND EDWARDS FA. 2019. Secondary

forest fragments offer important carbon-biodiversity cobenefits Glob. Change Biol. (<https://doi.org/10.1111/gcb.14824>)

MELO, A.S. 2008. O que ganhamos “confundindo” riqueza de espécies e equabilidade num índice de diversidade? *Biota Neotrópica* 8: 21-27.

MELI P, HOLLKD, BENAYAS JMR, JONESHP, JONES PC, MONTOYADAND MATEOS DM. 2017. A global review of past land use, climate, and active vs. passive restoration effects on forest recovery *PLoS One* 12 e0171368

MUELLER-DUMBOIS, D., ELLEMBERG, H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. New York: John Wiley and Sons.

NUNES F S, SOARES-FILHO B S, RAJÃO R AND MERRY F. 2017. Enabling large-scale forest restoration in minas gerais state, Brazil *Environ. Res. Lett.* 12 044022

OKSANEN, J., BLANCHET, F. G., FRIENDLY, M., KINDT, R., LEGENDRE, P., MCGLINN, D., MINCHIN, P. M., O'HARA, R. B., SIMPSON, G. L., SOLYMOS, P., STEVENS, M. H. H., SZOEC, E., & WAGNER, H. 2017. *Vegan: Community Ecology Package (Version 2.4-3)*. Retrieved from <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>

PAULA, A. de: DA SILVA, A.F.; MARCO Junior, P.; MAES dos SANTOS, F.A.; LOPEZ de SOUZA, A. Sucessão ecológica da vegetação arbórea em uma floresta estacional Semidecidual, Viçosa, MG, Brasil. *Acta Botânica Brasílica*, v. 18, n.3, p. 407-423, 2003.

PELTIER R, DUBIEZ É, DIOWO S, GIGAUD M, MARIEN JN, MARQUANT B, PEROCHES A, PROCES P AND ERMEULEN C .2014. Assisted natural regeneration in slash-and-burn agriculture: results in the democratic republic of the congo *Bois Forests Tropiques* 68 67–79

PENTEADO ALVES NL. *As montanhas do Marumbi*. Curitiba: Edição do autor, 2008. 480 p.

PETRERE, M.; GIORDANO, L.C.; MARCO, P. de. Empirical diversity indices applied to forest communities in different successional stages. *Braz. J. Biol.* V. 64, n.4, p. 841-851, 2004.

PUGH T A, LINDESKOG M, SMITH B, POULTER B, ARNETH A, HAVERDVAND CALLE L. 2019 Role of forest regrowth in global carbon sink dynamics *Proc. Natl Acad. Sci.* 116 4382–7

R DEVELOPMENT CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, 2021.

REGINATO, M.; GOLDENBERG, R. Análise florística, estrutural e fitogeográfica da vegetação em região de transição entre as Florestas Ombrófilas Mista e Densa Montana, Piraquara, Paraná, Brasil. *Hoehnea* 34 (3), 349-364. 2007.

RIBEIRO, M. C.; MARTNESEN, A.C.; METZGER, J.P.; TABARELLI, M.; SCARANO, F.; FORTIN, M. The Brazilian Atlantic Forest: A shrinking Biodiversity Hotspot. In: Frank E. Zachos; Jan Christian Habel (Org.) *Biodiversity Hotspots: distribution and protection of conservation priority areas*. Berlin: Springer-Verlag. 2011.

RÍOS, RC & CRUZ VM. 2021. *Triuris hyalina* Miers: first record of Triuridaceae in the southern Atlantic Forest of Paraná, Brazil. *Check List* 17 (5): 1285–1290. <https://doi.org/10.15560/17.5.1285>

RODERJAN, C. V. O gradiente da Floresta Ombrófila Densa no Morro do Anhangava, Quatro Barras, PR – aspectos climáticos, pedológicos e fitossociológicos. Curitiba 1994. Tese (doutorado). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 119 p.

RODERJAN, C.V., GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S.; HATSCHBACH, G.G. Contribuição ao conhecimento fitoecológico do sul do Brasil. *Rev. Ciência e Ambiente*. Santa Maria (RS), v.24, 2002.

REZENDE, C. L., SCARANO, F. R., ASSAD, E. D., JOLY, C. A., METZGER, J. P., STRASSBURG, B. B. N., et al. (2018). From hotspot to hopespot: an opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspect. Ecol. Conserv.* 16, 208–214. doi: 10.1016/j.pecon.2018.10.002

ROZENDAAL DMA et al 2019. Biodiversity recovery of neotropical secondary forests *Sci. Adv.* 5 eaau3114

SCARANO, F. R., AND CEOTTO, P. (2015). Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. *Biodivers. Conserv.* 24, 2319–2331. doi: 10.1007/s10531-015-0972-y

SCHILLING, A.C.; FERREIRA BATISTA, J.L.; ZARATE DO COUTO, H. 2012. Ausência de estabilização da curva de acumulação de espécies em florestas tropicais. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v.22, n. 1, p. 101-111.

SIMINSKI A, CHRISTIANE ZAMBIAZI D, LOUISE DOS SANTOS K, FANTINI A C. Dynamics of Natural Regeneration: Implications for Landscape Restoration in the Atlantic Forest, Brazil. *Frontiers in Forests and Global Change* March 2021 | Volume 4.

SOUZAI (2021) *Thismia panamensis* (Standl.) Jonker (Thismiaceae): first record for southern Brazil. *Check List* 17 (4): 1055–1059.

WICKHAM, H. *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer-Verlag. 2016.

YANG Y, WANG L, YANG Z, XU C, XIE J, CHEN G, LIN C, GUO J, LIU XAND XIONG D. 2018 Large ecosystem service benefits of assisted natural regeneration *J. Geophys. Res.: Biogeosci.* 123 676–87