

CRESCIMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS SOB INFLUÊNCIA DAS
FACES DE EXPOSIÇÃO SOLAR E VARIAÇÃO SAZONAL NA ÁREA
FOLIAR ESPECÍFICA EM PLANTIO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA
NA MATA ATLÂNTICA

QUEILA COSTA DOS SANTOS

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE - UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

SETEMBRO - 2021

CRESCIMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS SOB INFLUÊNCIA DAS
FACES DE EXPOSIÇÃO SOLAR E VARIAÇÃO SAZONAL NA ÁREA
FOLIAR ESPECÍFICA EM PLANTIO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA
NA MATA ATLÂNTICA

QUEILA COSTA DOS SANTOS

Dissertação apresentada ao Centro de
Biociências e Biotecnologia da
Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro como parte
das exigências para a obtenção do
título de Mestre em Ecologia e
Recursos Naturais.

Orientadora: Dr^a. Angela Pierre Vitória

Coorientador: Dr. José Luiz Alves Silva

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE - UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

SETEMBRO - 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

S237

Santos, Queila Costa dos.

Crescimento de espécies arbóreas sob influência das faces de exposição solar e variação sazonal na área foliar específica em plantio de restauração ecológica na Mata Atlântica / Queila Costa dos Santos. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2021.

45 f. : il.

Bibliografia: 36 - 45.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Biociências e Biotecnologia, 2021.

Orientadora: Angela Pierre Vitoria.

1. Análises de crescimento. 2. Efeitos topográficos. 3. Recuperação ambiental. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 577

CRESCIMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS SOB INFLUÊNCIA DAS
FACES DE EXPOSIÇÃO SOLAR E VARIAÇÃO SAZONAL NA ÁREA
FOLIAR ESPECÍFICA EM PLANTIO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA
NA MATA ATLÂNTICA

QUEILA COSTA DOS SANTOS

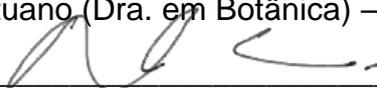
Dissertação apresentada ao Centro de
Biociências e Biotecnologia da
Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro como parte
das exigências para a obtenção do
título de Mestre em Ecologia e
Recursos Naturais.

Aprovada em 09 de setembro de 2021.

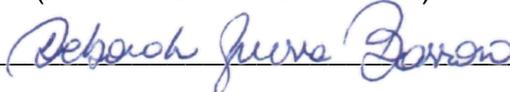
Comissão Avaliadora



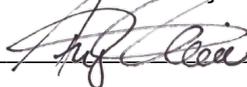
Dulce Gilson Mantuano (Dra. em Botânica) – UFRJ (Titular externo)



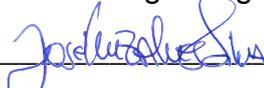
Maura da Cunha (Dra. em Ciências/Biofísica) – UENF (Titular interno)



Deborah Guerra Barroso (Dra. em Produção Vegetal) – UENF (Titular interno)



Angela Pierre Vitória (Dra. em Biologia Vegetal) – UENF (Orientadora)



José Luiz Alves Silva (Dr. em Ecologia) – UENF (Coorientador)



Governo do Estado do Rio de Janeiro
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

DECLARAÇÃO

Eu, Marina Satika Suzuki, coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais (PPG-ERN) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), seguindo a Resolução CPPG nº2 de 2021, declaro validadas as assinaturas constantes da Folha de Assinaturas da Dissertação intitulada “**Crescimento de espécies arbóreas sob influência das faces de exposição solar e variação sazonal na área foliar específica em plantio de restauração ecológica na Mata Atlântica**” de autoria de Queila Costa dos Santos, defendida no dia 09 de setembro de 2021.

Campos dos Goytacazes, 22 de novembro de 2021

Marina Satika Suzuki
Coordenadora PPG-ERN / UENF
ID. Funcional 641333-1



Documento assinado eletronicamente por **Marina Satika Suzuki, Coordenadora**, em 23/11/2021, às 14:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento nos art. 21º e 22º do [Decreto nº 46.730, de 9 de agosto de 2019](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.fazenda.rj.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=6, informando o código verificador **25182166** e o código CRC **75D993B1**.

Referência: Processo nº SEI-260009/002124/2021

SEI nº 25182166

Avenida Alberto Lamego, 2000, - Bairro Pq. Califórnia, Campos dos Goytacazes/RJ, CEP 28013-602
Telefone: - www.uenf.br

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de dizer que sou grata a mim mesma, por chegar até onde cheguei, pois só eu sei o quanto a “jornada” foi difícil, apesar é claro dos momentos felizes vividos durante o caminho.

Agradeço à minha orientadora, Angela Pierre Vitória, por me oferecer a oportunidade de fazer parte do grupo do laboratório de ecofisiologia vegetal, pelos ensinamentos e conhecimentos transferidos a mim durante o decorrer do mestrado, pelo apoio e por tornar realidade a elaboração desta pesquisa.

Agradeço também ao meu coorientador, José Luiz, pelas dicas de estatística, pela paciência e pelo auxílio para a confecção deste trabalho.

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos, ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recurso Naturais da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e ao Laboratório de Ciências Ambientais que tornaram a realização desta pesquisa possível.

Agradeço imensamente à Associação Mico Leão Dourado, pois sem o apoio e dedicação deles a realização desta pesquisa não seria viável. Em especial ao Mateus Mello que me acompanhou em todos os campos e me auxiliou em todos os aspectos que estavam ao seu alcance.

Agradeço ao grupo do laboratório de ecofisiologia vegetal pelas discussões de cunho científico (aprendi muito com vocês), pelo compartilhamento de conhecimentos e técnicas, pelo apoio e por terem me recebido de braços abertos desde o início da minha chegada ao laboratório. Em especial a Tati e Ershiley, pessoas maravilhosas e de um coração enorme que sempre tem uma palavra amiga a oferecer, e a Amanda minha companheira de laboratório e de campo. Só a gente sabe o quanto foi dureza subir e descer aqueles morros debaixo do sol quente e driblar os imprevistos vividos no campo.

Gostaria de agradecer também à minha mãe, irmãs, sobrinhas e sobrinhos que sempre estiveram ao meu lado me apoiando e me incentivando em todos os meus projetos de vida. Ao meu pai que não está mais presente, mas que tenho certeza de que estaria orgulhoso de mim por estar concluindo mais essa etapa.

Aos meus amigos Gustavo, Taira, Carolina e Clarisse pela paciência, compreensão, dedicação, carinho, conversas, choros e risadas, e pelo apoio em

todos os âmbitos da minha vida. Pessoas especiais que fazem parte da minha jornada como pessoa e deixam meus dias mais felizes. Em especial ao meu amigo Gustavo que com certeza fez toda diferença durante a minha trajetória no mestrado, pois esteve ao meu lado me apoiando em todos os momentos durante este período. Agradeço pela companhia, pela amizade, por me ouvir nas horas em que eu mais precisei, pelos conselhos, pelas loucuras, “surtos”, gargalhadas e lágrimas.

E por fim agradeço aos meus amigos dos Pocs das sandalinhas que fizeram total diferença na minha vida e me fizeram crescer muito como pessoa. Obrigada por tornarem meus dias mais leves, pelos rolês mais aleatórios da vida, pelas cervejas às sextas-feiras a noite no bar do Gordo, pelas risadas e choros mais sinceros, por confiarem em mim e me darem a oportunidade de compartilhar um pouco da minha vida com vocês, pela amizade, pela paciência, pelo respeito, pelo carinho, pelos almoços e jantares “terapêuticos”, pelos fins de tarde no apitão.... Enfim, “obrigada por vocês existirem !!!”.

Muito Obrigada!!!!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE ABREVIações	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Histórico da restauração ecológica no Brasil e na Mata Atlântica	1
1.2 Respostas das plantas à heterogeneidade ambiental, espacial e temporal	4
2 OBJETIVO GERAL	8
2.1 Objetivos específicos	8
3 HIPÓTESES	9
4 METODOLOGIA	10
4.1 Área de estudo.....	10
4.2 Espécies selecionadas	13
4.3 Período amostral e análises	14
4.4 Análise de dados	16
5 RESULTADOS	18
5.1 Análises de crescimento	18
5.2 Área foliar específica	25
6 DISCUSSÃO	27
6.1 Taxa de crescimento relativo.....	27
6.2 Área foliar específica	31
7 CONCLUSÃO	35
8 REFERÊNCIAS	36

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Zoneamento da Fazenda Igarapé, Silva Jardim – RJ. Fonte: Associação Mico Leão Dourado / Humberto Amaral Neto (setembro/2019).....10
- Figura 2:** Variação da temperatura média mensal e precipitação mensal total acumulada para o período de janeiro de 2019 à dezembro de 2020 na área de estudo. Fonte: Adaptado de portal.inmet.gov.br (Estação Automática Silva Jardim – RJ, fevereiro / 2021).....11
- Figura 3:** Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ). Distribuição das espécies na área de estudo com destaque em amarelo e vermelho para as faces sul e norte, respectivamente. Fonte: Adaptada de imagem de satélite cedida por AIRBUS DS fevereiro/2021).....12
- Figura 4:** Área de estudo evidenciando a face sul do morrote. Início do plantio em abril 2019 (A) e após aproximadamente dois anos em janeiro de 2021 (B). Fonte: Associação Mico Leão Dourado.....13
- Figura 5:** Espécies selecionadas em campo. (A) *Cecropia glaziovii* (Fonte: Amanda Lúcia Pereira Machado da Silva), (B) *Citharexylum mirianthum*, (C) *Cordia superba*, (D) *Schinus terebinthifolia*, (E) *Schizolobium parahyba*, (F) *Ceiba speciosa* e (G) *Genipa americana*.....14
- Figura 6:** Amostragem das espécies em campo. Coleta de dados de crescimento de *Cecropia glaziovii* (A) e *Schizolobium parahyba* (B). Fonte: Associação Mico Leão Dourado / Fotógrafo: Luiz Thiago (agosto/2019).....16
- Figura 7:** Taxa de crescimento relativo anual em altura (TCR_A) para sete espécies nas faces norte (vermelho) e sul (azul) em área de restauração ecológica da Mata Atlântica na Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ). Letras diferentes indicam diferença significativa ($P < 0,05$) entre faces para a mesma espécie.....19

Figura 8: Relação entre a taxa de crescimento relativo anual em altura (TCR_A) e tamanho inicial em altura nas faces norte (vermelho) e sul (azul) em área de restauração ecológica da Mata Atlântica na Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ).....	20
Figura 9: Taxa de crescimento relativo anual em diâmetro à altura do solo (TCR_{DAS}) para sete espécies nas faces norte (vermelho) e sul (azul) em área de restauração ecológica da Mata Atlântica na Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ). Letras diferentes indicam diferença significativa ($P < 0,05$) entre faces para a mesma espécie.....	21
Figura 10: Relação entre a taxa de crescimento relativo anual em diâmetro à altura do solo (TCR_{DAS}) e tamanho inicial em DAS nas faces norte (vermelho) e sul (azul) em área de restauração ecológica da Mata Atlântica na Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ).....	22
Figura 11: Taxa de crescimento relativo anual em área de projeção de copa (TCR_{AC}) para sete espécies nas faces norte (vermelho) e sul (azul) em área de restauração ecológica da Mata Atlântica na Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ). Letras diferentes indicam diferença significativa ($P < 0,05$) entre faces para a mesma espécie.....	23
Figura 12: Relação entre a taxa de crescimento relativo anual em área de projeção de copa (TCR_{AC}) e tamanho inicial em área de projeção de copa nas faces norte (vermelho) e sul (azul) em área de restauração ecológica da Mata Atlântica na Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ).....	24
Figura 13: Área foliar específica para os períodos seco e chuvoso nos meses de agosto e novembro de 2019, respectivamente, para sete espécies nas faces norte (vermelho) e sul (azul) em área de restauração ecológica da Mata Atlântica na Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ). Letras maiúsculas comparam os períodos e letras minúsculas comparam as faces no mesmo período ($P < 0,05$).....	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Lista das espécies estudadas e suas respectivas famílias botânicas, classe sucessional, grupo funcional e síndrome de dispersão.....14

Tabela 2: Coeficientes de correlação de Pearson entre a taxa de crescimento relativo anual em altura (TCR_A), diâmetro à altura do solo (TCR_{DAS}) e área de projeção de copa (TCR_{AC}) no período de agosto de 2019 e agosto de 2020 para sete espécies nas faces norte e sul em área de restauração ecológica da Mata Atlântica na Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ). Valores acima e abaixo da diagonal principal representam as correlações para as faces norte e sul, respectivamente. NA: não amostrado. Valores em negrito apresentam significância estatística. Significância: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$25

LISTA DE ABREVIATÖES

A – Altura

AC – Área de projeção de copa

AFE – Área foliar específica

AMLD – Associação Mico Leão Dourado

DAS – Diâmetro à altura do solo

MFA – Massa foliar por área

TCR - Taxa de crescimento relativo

TCR_A - Taxa de crescimento relativo em altura

TCR_{AC} - Taxa de crescimento relativo em área de projeção de copa

TCR_{DAS} - Taxa de crescimento relativo em diâmetro à altura do solo

RESUMO

O monitoramento das espécies em programas de restauração permite entender suas respostas frente às variações nas condições ambientais e o sucesso dos plantios. Fatores abióticos, como disponibilidade hídrica e irradiância, variam no espaço e tempo e possuem um impacto direto no crescimento das plantas. Por exemplo, a face norte de morros no hemisfério sul está exposta a uma maior intensidade de irradiância se comparada à face sul, o que pode limitar o crescimento em altura além de outras características das plantas. Este estudo objetivou avaliar o efeito da heterogeneidade microclimática criada pelas faces norte e sul de um morrote sobre o crescimento de plantas e área foliar específica (AFE), bem como o efeito dos períodos seco e chuvoso sobre a AFE de sete espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica em uma área de restauração ecológica. Os resultados indicaram que as faces de exposição solar influenciaram o crescimento das espécies, com espécies da face norte apresentando maiores taxas de crescimento relativo. Além disso, indivíduos com menor altura, diâmetro à altura do solo e área de projeção de copa apresentaram maiores taxas de crescimento relativo. Embora a relação entre face e crescimento não se restrinja aos investimentos em parte aérea, podemos sugerir que o crescimento foi influenciado pelo contexto topográfico e que programas de restauração devem considerar tais efeitos para obter maior sucesso nos plantios. Muitas questões relacionadas ao contexto dos plantios para restauração ecológica de ambientes degradados ainda permanecem em aberto, como por exemplo: Quais espécies possuem maior potencial plástico em termos de aclimação? Mudanças menores se aclimatam melhor do que mudas de maior tamanho? Como cada espécie influencia o funcionamento do ambiente? Estas são questões relevantes ao que concerne a criação de bases mais sólidas para melhorar o sucesso dos plantios ou até mesmo reduzir os custos. Nossos resultados também mostraram que a AFE foi maior durante o período seco, contrário ao que se esperava já que, frequentemente, a AFE está associada ao maior teor de umidade do solo, principalmente em ambientes com sazonalidade bem marcada. Outros estudos com foco em escalas temporais mais longas devem reforçar essa compreensão, principalmente sobre a AFE. Contudo, este estudo demonstrou que espécies arbóreas respondem a diferenças locais na exposição solar criadas pela topografia e a sazonalidade climática regional, sendo este conhecimento importante para a

restauração, uma vez que pode servir como base para melhorar o sucesso dos plantios.

Palavras-chave: Análises de crescimento, Efeitos topográficos, Recuperação ambiental.

ABSTRACT

The monitoring of species in restoration programs allows us to understand their responses to abiotic variations, and to assess the success of plantations. Abiotic factors such as water availability and irradiance vary in space and time, and these variations have a direct impact on plant growth. For instance, the north-facing slopes of hills in the southern hemisphere is exposed to a greater irradiance intensity than south-facing slopes, which may limit the plants height growth among other traits. This study aimed to evaluate the effect of microclimatic heterogeneity created by north- and south-facing slopes on the plant growth and specific leaf area (SLA), as well as the effect of dry and rainy seasons on the SLA variation of seven native tree species from the Atlantic Forest in an area under restoration. The results indicated that slopes distinctly influenced the species growths, with species at the north-facing slope showing higher growth than species at the south-facing slope. In addition, individuals with shorter height, soil-level diameter, and canopy projection area had higher relative growth rates than individuals with opposing characteristics. Although the relationship between slopes and growth is not restricted to aboveground investments, we can suggest that growth was influenced by the topographical context and that restoration programs should consider such effects to achieve greater success in plantations. Many questions related to ecological restoration of degraded environments still remain open, such as: Which species have greater plastic potential in terms of acclimatization? Do shorter seedlings acclimate better than taller seedlings? How does each species influence the functioning of the environment? These are relevant questions for the creation of more solid bases to improve the success of plantations or even reduce costs. Our results also showed that SLA was higher during the dry season, in contrast to our expectation, since SLA is often associated with higher soil moisture content, especially in environments with marked seasonality. Other studies with the focus on longer time scales should reinforce this understanding, particularly about SLA. However, this study demonstrated that plant species respond to local differences in irradiation created by topography and regional climatic seasonality, and this knowledge is important for restoration, as it can serve as a basis for improving planting success.

Keywords: Growth analysis, Topographic effects, Environmental recovery.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Histórico da restauração ecológica no Brasil e na Mata Atlântica

Diversas transformações no território brasileiro com causa antrópica vêm sendo observadas ao longo de sua trajetória histórica. Os principais fatores relacionados a perda de vegetação no país são devidos a atividades humanas, como extração madeireira, expansão de áreas agrícolas e atividades pecuárias (Guerra et al., 2020). Desta forma, as ações voltadas à restauração de ambientes degradados vêm se tornando cada vez mais necessárias.

Até o início dos anos 80 no Brasil, o processo de escolha das espécies utilizadas para a restauração de ambientes degradados envolvia critérios pouco ecológicos, pois não consideravam a utilização de espécies nativas e de ocorrência em domínios fitogeográficos distintos, interações entre plantas e seus dispersores e polinizadores, bem como o processo de sucessão ecológica e as características referentes as exigências e tolerância das espécies em relação aos fatores ambientais (Bellotto, Gandolfi e Rodrigues, 2009). O reduzido conhecimento sobre os fatores estruturadores da dinâmica das comunidades florestais durante o processo de restauração levava a resultados de baixa eficiência, pois não englobava critérios baseados na combinação de espécies e, frequentemente, espécies exóticas eram utilizadas nos plantios (Barbosa, 2006; Bellotto, Gandolfi e Rodrigues, 2009; Almeida, 2016). Nesta época o conceito de sucessão ecológica era fundamentado por um modelo no qual acreditava-se que os ecossistemas seguiam trajetórias unidirecionais culminando em um clímax definitivo. Desta forma, os processos de restauração eram formulados através da tentativa da criação de um modelo de floresta já estabelecida, com o intuito de recriar a flora original da área degradada (Isernhagen et al., 2009). Atualmente a sucessão ecológica baseia-se no conceito de que os ecossistemas naturais são complexos e dinâmicos, passam por distúrbios ao longo de sua trajetória e são passíveis de atingirem diversos clímaxes (Isernhagen et al., 2009).

Foi a partir da introdução da ecologia da restauração como uma área do conhecimento na década de 80 que as atividades de restauração ecológica passaram a trabalhar com o conceito de plantio misto com espécies nativas e a considerar os aspectos referentes ao processo de sucessão, bem como, as

características pertinentes às espécies (Bellotto, Gandolfi e Rodrigues, 2009; Almeida, 2016). Entre os anos de 1982 à 1985, com a constatação de que o uso de espécies exóticas comprometia a eficiência do processo de restauração, o uso de espécies nativas e de crescimento rápido passa a ser priorizado. No entanto, ainda assim utilizavam-se espécies nativas do Brasil sem considerar a sua ocorrência fitogeográfica, o que frequentemente acarretava problemas devido à adaptação das espécies ao seu ambiente de ocorrência natural. Durante esta fase, os programas de restauração baseavam-se no processo de sucessão ecológica, sustentados na classificação das espécies em grupos ecológicos e sua substituição gradual por outras espécies, tendo como maior problemática a diversidade de espécies dentro de cada grupo sucessional que eram utilizadas para a restauração de determinada área (Brançalion et al., 2009; Rodrigues et al., 2009).

Esta nova visão acerca dos problemas ocasionados pelo uso de espécies exóticas e a relevância do processo sucessional proporcionaram um avanço na área da restauração ecológica (Bellotto, Gandolfi e Rodrigues, 2009). Desde então, novas abordagens vêm sendo utilizadas e testadas através da combinação de diversos modelos com o uso de espécies de diferentes classes sucessionais (Nave e Rodrigues, 2007). Durante o período de 1985 à 2000 novas perspectivas são alcançadas com a introdução de uma maior diversidade de espécies nos plantios, ademais, além da conservação dos recursos hídricos e dos solos, a conservação da biodiversidade também começa a ser incorporada. Entretanto, a dificuldade de encontrar mudas de espécies nativas da região disponíveis nos viveiros ainda era um impasse para muitos projetos de restauração (Rodrigues et al., 2009).

Entre os anos 2000 à 2003, o modelo de criação de uma floresta madura passa a não ser mais aplicado e a meta principal passa a ser a restauração dos processos ecológicos através da sucessão natural com foco na autoperpetuação das comunidades florestais. A partir daí a restauração passa a ser vista como um processo passível de distúrbios, o qual não segue uma dinâmica unidirecional. Além disto, também vem sendo estimulado o aproveitamento da diversidade pré-existente através da regeneração natural para a composição da restauração ecológica (Rodrigues et al., 2009).

Atualmente, uma das metodologias utilizadas para restauração de áreas degradadas é o plantio em linha com alternância de espécies que são classificadas em grupos funcionais de preenchimento e de diversidade (Nave e Rodrigues 2007;

Brancalion et al., 2009). O grupo de preenchimento é composto por espécies que possuem rápido crescimento e boa cobertura de copa, enquanto o grupo de diversidade abrange espécies de crescimento mais lento e/ou baixa cobertura de copa, sendo este último grupo aquele que irá substituir as espécies do grupo de preenchimento quando estas entrarem em senescência (Nave e Rodrigues, 2007; Brancalion et al. 2009; Barbosa et al.; 2017). O arcabouço de métodos utilizados na restauração de determinada área é definido a partir de avaliação prévia da área, levando-se em consideração aspectos relacionados às características edáficas, a presença de bancos de sementes, o potencial e a presença de regeneração natural, a riqueza de espécies, a existência de remanescentes florestais e a distância destes remanescentes até a área onde será instaurado o plantio (Rodrigues et al., 2009; Nave et al., 2015; Chazdon e Guariguata, 2016). Sendo assim, o sucesso da restauração está condicionado à capacidade de auto regeneração a partir do plantio (Barbosa, 2006; Nave et al., 2015).

O monitoramento das áreas em processo de restauração ecológica ainda é recente e existe a necessidade de estabelecer critérios de avaliação. Além disso, esforços governamentais através do incentivo de políticas públicas são necessários para estimular a restauração ecológica em larga escala, como por exemplo, instrumentos que disponibilizem quais os requisitos mais detalhados para o monitoramento do sucesso dos projetos de restauração, incentivo às iniciativas de restauração e cumprimento das leis ambientais com mais eficácia (Rodrigues et al.; 2009; Guerra et al., 2020).

Dentre as fitofisionomias brasileiras, a Mata Atlântica é aquela que concentra a maioria dos estudos relacionados à restauração ecológica. A região é o local que abrange o maior número de centros de pesquisas e universidades e, conseqüentemente, os estudos vêm sendo concentrados nesta região (Guerra et al.; 2020). Os projetos de restauração mais antigos na Mata Atlântica datam de 1862, com o principal objetivo de proteger os recursos hídricos e os solos (Rodrigues et al., 2009; Calmon et al., 2011). O processo de ocupação e a expansão de áreas agrícolas levaram à perda da cobertura florestal nativa e, conseqüentemente, à fragmentação dos ecossistemas florestais, principalmente na Mata Atlântica (Martins, 2009; De Rezende et al., 2015; SOS Mata Atlântica, 2020; Vidal e Rodrigues, 2019). Apesar do longo histórico de degradação ambiental e perda de cobertura de vegetação original, o país ainda detém enorme biodiversidade e alta

taxa de endemismo. A Mata Atlântica, incluída na lista dos 36 *hotspots* mundiais de biodiversidade com prioridade de conservação, é caracterizada pelo seu alto grau de endemismo e diversidade de espécies (Myers et al. 2000; Mittermeier, Turner e Larsen, 2011) e é um dos três domínios fitogeográficos mais vulneráveis às mudanças climáticas no mundo (Berllard et al., 2014). A Mata Atlântica conta com apenas 12,4% de remanescentes florestais da sua cobertura vegetal original (SOS Mata Atlântica, 2020).

Um artigo de revisão recente sobre a restauração ecológica no Brasil (Guerra et al.; 2020), demonstrou que a maior parte das pesquisas realizadas sobre esta temática foram para a Mata Atlântica (56% das publicações). De todas as publicações, 81% tiveram como foco principal o estudo de organismos vegetais, principalmente indivíduos arbóreos. O método de restauração mais utilizado para áreas florestais foi o de plantio de mudas. O principal tipo de monitoramento encontrado para a Mata Atlântica constou de análises pontuais, enquanto para as outras fitofisionomias do Brasil os estudos foram focados em análises temporais. De todas as publicações encontradas 70% foram norteadas pela técnica de restauração ecológica com base na sucessão natural ativa/assistida. Para a Mata Atlântica, o principal motivo relativo à degradação ambiental esteve relacionado à agricultura e pecuária. Trabalhos como este evidenciam que a restauração ecológica como uma área do conhecimento, apesar de ainda recente, vem demonstrando um rápido desenvolvimento.

1.2 Respostas das plantas à heterogeneidade ambiental, espacial e temporal

As espécies apresentam diferentes respostas, podendo exibir comportamentos distintos quando plantadas em locais díspares devido a variações no clima e no solo, e aos diversificados métodos de manutenção da área que está sendo recuperada (Bufo, 2008). Um dos principais fatores relacionados à composição das espécies durante o processo de sucessão está condicionado à quantidade e a qualidade da irradiância (Bazzaz e Pickett, 1980), visto que as espécies possuem exigências diferentes quanto a este recurso, devido às suas diferentes capacidades de ajustes (Valladares et al., 2000). O conhecimento sobre a tolerância das espécies à irradiância e o processo de sucessão são considerados premissas básicas que orientam as etapas de restauração e manejo florestal

(Kageyama et al., 1992). Desta forma, a capacidade de aclimação das espécies em relação a irradiância é um elemento importante quando da seleção de espécies para colonização de áreas degradadas a serem recuperadas (Almeida et al., 2005).

As avaliações sobre o crescimento das espécies vegetais auxiliam no conhecimento sobre a capacidade de adaptação das mesmas ao ambiente na qual estão inseridas, refletindo suas competências em termos do fracionamento de fotoassimilados entre os diferentes compartimentos da planta, bem como na sua eficiência em se ajustar às variáveis ambientais (Dias - Filho, 1997; Almeida et al., 2005). Sendo assim, a fotoplasticidade das espécies é o que irá garantir o estabelecimento das mesmas (Lima et al., 2010) já que a intensidade da irradiância afeta o desenvolvimento e crescimento das plantas, pois condiciona a fotossíntese, exercendo efeitos diretos sobre a abertura dos estômatos, a produção de clorofilas e, em excesso, pode levar à fotoinibição (Kozlowski, Kramer e Paltardy, 1991; Valladares e Pearcy, 1997).

Outro aspecto importante a se considerar nas avaliações de crescimento diz respeito aos gradientes locais criados por características do relevo, já que a distribuição da irradiância sofre influência da orientação e da inclinação da face do relevo (Hofierka e Sári, 2002; Corrêa e Francelino, 2015). No hemisfério sul, as áreas voltadas para a face norte recebem maior incidência solar em relação à face sul (Corrêa e Francelino, 2015; Gonçalves, 2015). Além disso, outros fatores como temperatura e disponibilidade hídrica variam tanto em função do contexto topográfico quanto da sazonalidade climática exercendo também influência sobre as respostas das espécies (Sattler, Lindner e Morawetz, 2007), uma vez que a abundância e a distribuição das mesmas estão associadas à disponibilidade dos recursos hídricos (Markesteyn e Poorter, 2009). A disponibilidade hídrica pode variar em função de fatores edáficos, da posição ocupada pelas espécies no relevo e pela variação sazonal na quantidade e distribuição das chuvas (Pereira, 2011). Variações sazonais na precipitação que ocasionam períodos de secas (Engelbrecht, Kursar e Tryee, 2005) podem gerar déficits hídricos e, conseqüentemente, produzir impactos negativos sobre a sobrevivência e o crescimento das espécies vegetais (Pereira, 2011). A temperatura por sua vez, se mantém relativamente constante nas regiões tropicais, entretanto a precipitação anual total e a duração da estação seca variam de acordo com a latitude e topografia (Orians, Dirzo e Cushman, 1996).

Como forma de lidar com as variações ambientais, as espécies apresentam mecanismos de ajustes que as permitam lidar com tais variações. Por exemplo, durante períodos de seca, as espécies podem investir em maior espessura foliar e menor área foliar específica (AFE) a fim de minimizar a perda d'água, com intensificação destas estratégias observadas em espécies de ambientes xéricos (Eduardo, 2017; Almeida et al., 2018). Plantas sobre condições sombreadas frequentemente apresentam maior área foliar para aumentar a captação de luz, apresentando folhas de menor espessura e maior AFE (Lambers et al., 2008). Estas alterações estão atreladas às adaptações das espécies às condições ambientais (Lambers et al., 2008). Desta forma, devido às variações ambientais sazonais, as plantas podem apresentar diferenças entre os atributos foliares como uma forma de se ajustar às condições externas.

À medida que a planta aumenta em tamanho ocorre uma diminuição na taxa de crescimento relativo, devido ao auto sombreamento, envelhecimento, limite de crescimento do próprio indivíduo, renovação de tecidos e investimento em componentes estruturais e de suporte (Evans, 1972; Hunt 1982; Metcalf et al. 2003, Rose et al., 2009; Rees et al., 2010). Isto porque conforme a planta cresce ocorrem mudanças na alocação das frações de biomassa entre os diferentes órgãos da planta. A fração de biomassa foliar é reduzida com o aumento do tamanho, enquanto a fração de biomassa caulinar aumenta (Poorter et al., 2015). Isso pode ser ocasionado devido a competição por captura de luz com árvores vizinhas que podem limitar o aumento da copa. Portanto, a alocação de recursos pode mudar gradualmente para caules e raízes, já que a competição por luz envolve investimento em altura e em diâmetro para segurança mecânica, que por sua vez exige aumento radicular (Poorter et al., 2015). Ademais, os fatores envolvidos no crescimento das plantas são diversos e podem variar de acordo com o tamanho das mesmas, por exemplo, a disponibilidade de irradiância pode vir a ser limitante para plantas com menor estatura em ambientes sombreados, enquanto a disponibilidade de nutrientes pode ser mais restritiva para indivíduos de maior estatura (Liu et al., 2020).

Durante a fase inicial de um plantio de restauração, que correspondente ao período de 1 a 12 meses, a avaliação dos indivíduos plantados pode ser feita através de medições de altura, diâmetro e cobertura de copa, taxa de mortalidade do plantio, indício de predação, deficiência de nutrientes, entre outros. Neste contexto, é importante determinar e monitorar estes atributos, pois eles funcionam como

indicadores do estabelecimento das espécies na área que está sendo restaurada (Belloto et al., 2009). Além disso, muitas questões relacionadas ao contexto dos plantios para restauração ecológica de ambientes degradados ainda permanecem em aberto, como por exemplo: Quais espécies possuem maior potencial plástico em termos de aclimação? Mudanças menores se aclimatam melhor do que mudas de maior tamanho? Como cada espécie influencia o funcionamento do ambiente? Estas são questões relevantes já que cada espécie responde de forma diferenciada ao contexto no qual estão inseridas podendo apresentar maior ou menor potencial de aclimação. Desta forma, estes dados se tornam importantes em termos de estabelecermos maior compreensão e melhorias que podem ser introduzidas nos programas de restauração ecológica com o intuito de criar bases mais sólidas que tragam maiores esclarecimentos e possam melhorar o sucesso dos plantios ou até mesmo reduzir os custos auxiliando assim os gestores responsáveis pela tomada de decisões. Além do efeito microclimático heterogêneo criado pelas faces em termos de irradiância, outros fatores também são afetados pela topografia, como por exemplo, os padrões de distribuição de umidade do solo, temperatura e exposição ao vento (Moeslund et al. 2013). Desta forma, estudos que envolvam não apenas a seleção de espécies com maior potencial aclimatativo, mas que considerem os aspectos relativos ao contexto topográfico devem ser priorizados. Isto trará maior compreensão sobre os processos ecológicos e o funcionamento dos ecossistemas gerando cada vez mais informações que tragam avanços para a restauração ecológica. As espécies vegetais desempenham um papel chave no processo de restauração ecológica promovendo diversos serviços ecossistêmicos e estudos desta natureza são cada vez mais importantes para trazer melhorias em termos de técnicas almejando maior sucesso dentro deste contexto.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da heterogeneidade microclimática criada pelas faces de exposição solar de um morrote sobre o crescimento de plantas, bem como o efeito das faces e estações climáticas sobre a área foliar específica de sete espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica em uma área de restauração ecológica.

2.1 Objetivos específicos

- 1) Identificar a existência de plasticidade das espécies nas diferentes condições relacionadas ao contexto das faces de exposição solar;
- 2) Verificar se o tamanho inicial das mudas interfere no potencial de aclimação, alterando a taxa de crescimento relativo pós plantio sob diferentes condições de irradiância;
- 3) Verificar se a área foliar específica sofre influência da disponibilidade hídrica.

3 HIPÓTESES

1) Diferenças microclimáticas entre faces de morrotes, particularmente relacionadas a irradiância, criam uma relevante heterogeneidade espacial no contexto local com potencial para interferir no crescimento e sobre ajustes na AFE de espécies arbóreas plantadas nestas áreas.

2) Além do efeito criado pelas faces de exposição solar, o crescimento das espécies também estará condicionado ao tamanho inicial dos indivíduos.

3) A variação na disponibilidade de recursos como água e condições de temperatura entre os períodos seco e chuvoso refletem em alterações na AFE, com maiores valores deste atributo durante o período chuvoso.

4 METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada na Fazenda Igarapé, no município de Silva Jardim, Rio de Janeiro (Figura 1). A fazenda faz parte da Área de Proteção Ambiental (APA) da Bacia do Rio São João. A caracterização regional do clima é Aw (Köppen) com verão quente e úmido, e estação seca no inverno (Alvares et al., 2013). A precipitação média anual é de 2.000 mm e temperatura média anual de 25°C (Figura 2). Os meses de junho a agosto correspondem ao período seco com temperaturas mais amenas e menor precipitação, enquanto nos meses de novembro a março há maior ocorrência de chuvas, bem como temperaturas mais elevadas (Lima et al., 2006).

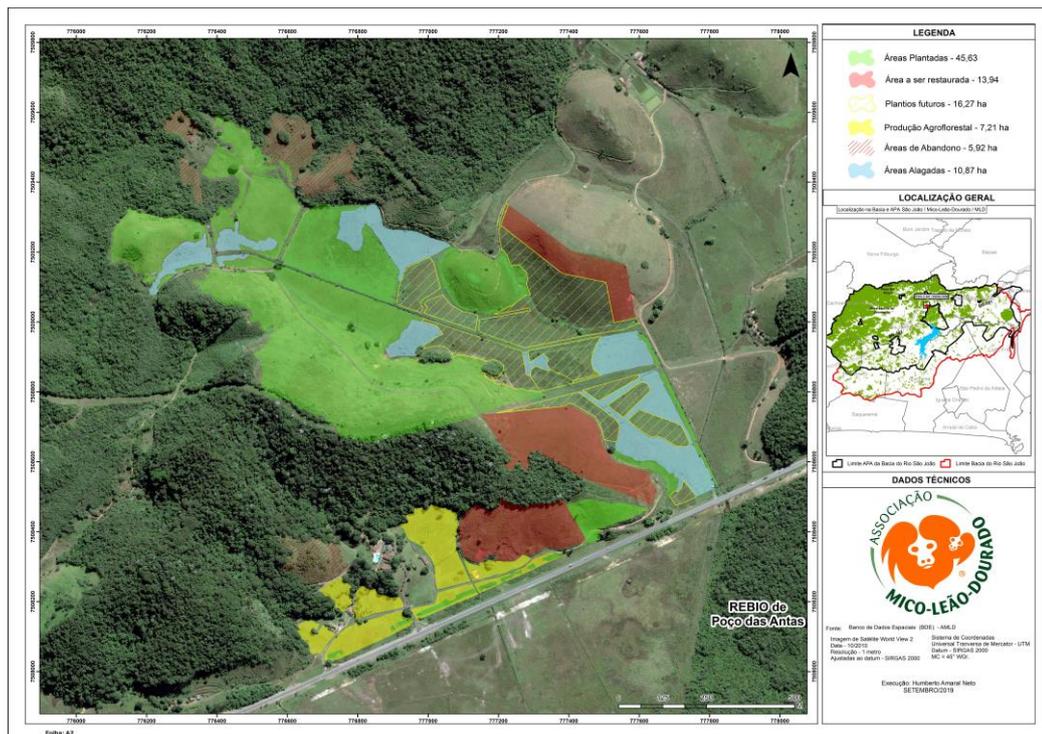


Figura 1: Zoneamento da Fazenda Igarapé, Silva Jardim – RJ. Fonte: Associação Mico Leão Dourado / Humberto Amaral Neto (setembro/2019).

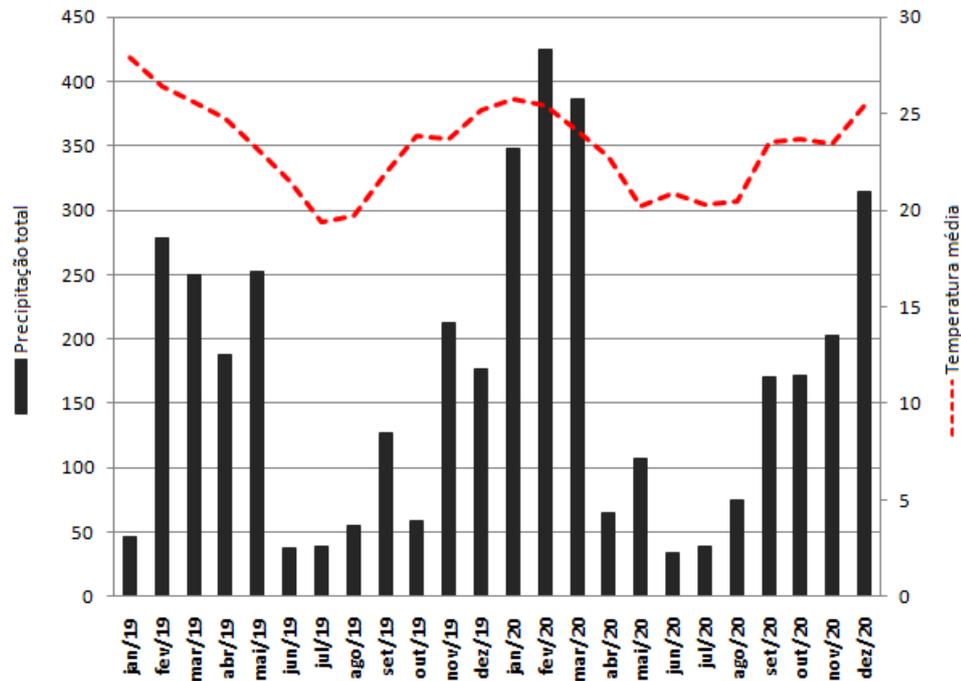


Figura 2: Variação da temperatura média mensal e precipitação mensal total acumulada para o período de janeiro de 2019 à dezembro de 2020 na área de estudo. Fonte: Adaptado de portal.inmet.gov.br (Estação Automática Silva Jardim – RJ, fevereiro / 2021).

A fazenda foi adquirida pela Associação Mico Leão Dourado (AMLD) em fevereiro de 2018 e possui cerca de 273 hectares, sendo que deste total 100 hectares são áreas desmatadas. As áreas desmatadas foram usadas para a criação de gados e cavalos, com fim das atividades pastoris em 2016. Atualmente, a AMLD e parceiros trabalham na implantação de um projeto que foi iniciado em novembro de 2018 com o objetivo de restaurar os 100 hectares de área desmatada através do plantio misto de espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica. As áreas ao entorno do plantio de restauração da fazenda são compostas por fragmentos florestais pertencentes a fitofisionomia Floresta Ombrófila Densa - subformação Terras Baixas com parte inicial Submontana (Veloso, Filho e Lima, 1991).

O plantio das mudas realizado pela AMLD e parceiros na Fazenda Igarapé foi feito com espaçamento de 3x2 m, utilizando-se diferentes espécies principalmente aquelas com síndrome de dispersão zoocórica a fim de atrair a fauna local. Além disso, também foram plantadas nas entrelinhas espécies da família Leguminosae, como por exemplo, a espécie arbustiva *Cajanus cajan*, conhecida popularmente como feijão-guandú, com o intuito de maximizar a fixação de nitrogênio. As mudas foram adquiridas em viveiros locais em sacos plásticos e tinham aproximadamente 40 cm de altura, tendo sido plantadas em covas de cerca de 30x30x30 cm. Cerca de

46 hectares já tiveram mudas plantadas, totalizando 43.480 indivíduos de 89 espécies, priorizando aquelas que são características da região. O número de indivíduos por espécie variou de acordo com a disponibilidade de mudas nos viveiros.

As covas receberam adubação orgânica com húmus (2 kg por cova), e adubação de cobertura com fertilizante NPK na proporção de 20-05-20, na dosagem de 50 g por coroa em três aplicações. A manutenção do plantio é realizada em média a cada 2 meses, intercalada com o controle químico e semi-mecanizado com roçadeiras. Além disto, também é realizado o combate a formigas com isca granulada. Apesar de não ter sido quantificado, o replantio na área foi baixo.

A pesquisa foi conduzida nas faces norte e sul em um dos morrotes da Fazenda Igarapé (Figura 3), composto por aproximadamente 4 hectares de área total plantada. Aproximadamente 1.600 mudas por hectare foram plantadas no morrote entre os meses de março e abril de 2019 (Figura 4A). A visão geral após cerca de dois anos de plantio é apresentada na Figura 4B. Ambas as faces do morrote receberam o mesmo tratamento conforme descrito acima.

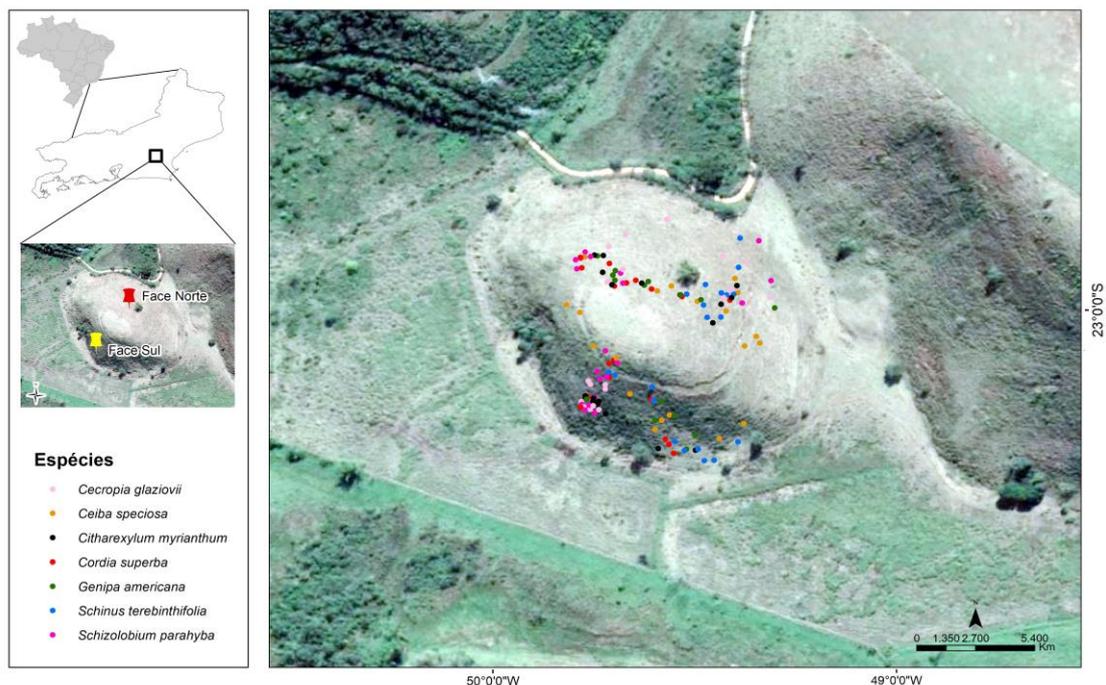


Figura 3: Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ). Distribuição das espécies na área de estudo com destaque em amarelo e vermelho para as faces sul e norte, respectivamente. Fonte: Adaptada de imagem de satélite cedida por AIRBUS DS fevereiro/2021.



Figura 4: Área de estudo evidenciando a face sul do morrote. Início do plantio em abril 2019 (A) e após aproximadamente dois anos em janeiro de 2021 (B). Fonte: Associação Mico Leão Dourado.

4.2 Espécies selecionadas

Foram selecionadas sete espécies (Tabela 1 e Figura 5), das quais foram amostrados de 6 a 10 indivíduos por espécie em cada face (norte/sul) da área de estudo. A classificação das espécies em classes sucessionais, grupos funcionais e síndrome de dispersão foi baseada em Barbosa et al. (2017). O critério para a escolha das espécies foi a quantidade de indivíduos e a presença da espécie em

ambas as faces do morrote. Posteriormente, os indivíduos foram marcados, identificados com plaquetas de alumínio no campo e monitorados.

Tabela 1: Lista das espécies estudadas e suas respectivas famílias botânicas, classe sucessional, grupo funcional e síndrome de dispersão.

Espécie	Classe sucessional	Grupo funcional	Síndrome de dispersão
<i>Cecropia glaziovii</i> Snethl.		Diversidade	Zoocórica
<i>Citharexylum myrianthum</i> Cham.		Diversidade	Zoocórica
<i>Cordia superba</i> Cham.	Pioneiras	Preenchimento	Zoocórica
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi.		Preenchimento	Zoocórica
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.)		Diversidade	Autocórica
<i>Ceiba speciosa</i> (A. St.-Hil.)	Não Pioneiras	Preenchimento	Anemocórica
<i>Genipa americana</i> L.		Diversidade	Zoocórica

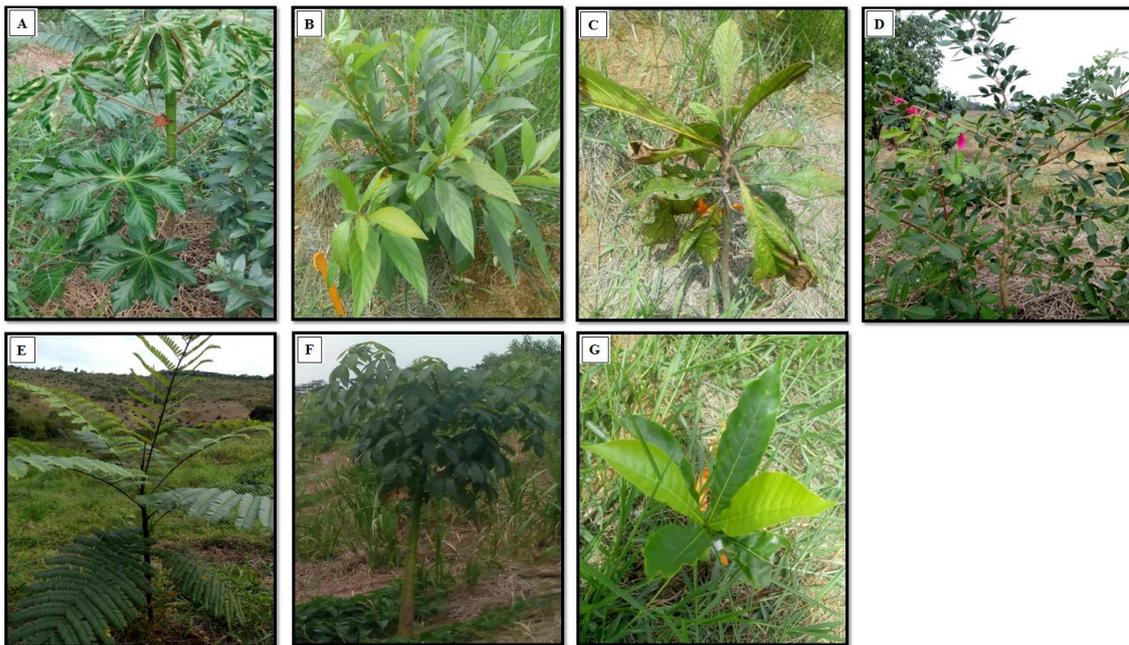


Figura 5: Espécies selecionadas em campo. (A) *Cecropia glaziovii* (Fonte: Amanda Lúcia Pereira Machado da Silva), (B) *Citharexylum mirianthum*, (C) *Cordia superba*, (D) *Schinus terebinthifolia*, (E) *Schizolobium parahyba*, (F) *Ceiba speciosa* e (G) *Genipa americana*.

4.3 Período amostral e análises

Foram mensurados altura (A), diâmetro à altura do solo (DAS) e área de projeção de copa (AC) durante os meses de agosto de 2019 e agosto de 2020 (Figura 6A e B). O DAS foi mensurado com o auxílio de um paquímetro, sendo as

medidas padronizadas à 10 cm acima do solo. A altura foi medida com auxílio de uma régua métrica, sendo considerada a distância entre o colo e a extremidade apical da planta. A área de projeção da copa foi estimada com o auxílio de uma régua métrica e, posteriormente, calculada através da fórmula $AC (m^2) = (DC_1 \times DC_2 \times \pi)/4$, onde DC_1 refere-se a maior projeção no sentido da linha do plantio enquanto DC_2 refere-se a maior projeção transversal (Zamith e Scarano, 2006; Sano, 2016).

As taxas de crescimento relativo em diâmetro à altura do solo (TCR_{DAS}), altura (TCR_A), e área de projeção de copa (TCR_{AC}) foram estimadas para cada um dos indivíduos através das seguintes equações (segundo Hunt, 1990):

$$TCR_A = (\log A_{t2} - \log A_{t1}) / (t_2 - t_1)$$

$$TCR_{DAS} = (\log DAS_{t2} - \log DAS_{t1}) / (t_2 - t_1)$$

$$TCR_{AC} = (\log AC_{t2} - \log AC_{t1}) / (t_2 - t_1)$$

Onde:

log = logaritmo base 10

A_{t1} e A_{t2} = Medida da altura inicial e final respectivamente;

DAS_{t1} e DAS_{t2} = Medida do diâmetro à altura do solo inicial e final respectivamente;

AC_{t1} e AC_{t2} = Medida da área de projeção de copa inicial e final respectivamente;

t_1 e t_2 = Tempo inicial e final das medições, respectivamente.



Figura 6: Amostragem das espécies em campo. Coleta de dados de crescimento de *Cecropia glaziovii* (A) e *Schizolobium parahyba* (B). Fonte: Associação Mico Leão Dourado / Fotógrafo: Luiz Thiago (agosto/2019).

Para cada indivíduo foram coletados discos foliares para o cálculo da AFE nos meses de agosto e novembro de 2019, referente aos períodos seco e chuvoso, respectivamente. Para mensurar a AFE foram retirados 12 discos foliares com o auxílio de um furador de metal de 11 mm de diâmetro de 6 folhas de cada um dos indivíduos. Foram selecionadas folhas jovens totalmente expandidas, e sempre que possível, sem sinais de herbivoria e saudáveis (Pérez-Harguindeguy et al., 2013). Os discos foram retirados do terço médio das folhas evitando-se a nervura principal, secos em estufa a 60°C por 72 h e, posteriormente, pesados. A AFE foi calculada a partir da razão entre a área do disco foliar (mm²) pelo seu peso seco (mg⁻¹) (Perez-Harguindeguy et al., 2013).

Para mensurar a AFE da espécie *Schizolobium parahyba* que possui folhas compostas bipinadas, foram retirados 4 folíolos de 6 folhas por indivíduo. Posteriormente a área foliar dos folíolos foi mensurada via imagens fotográficas e analisadas no programa Image J. A AFE foi calculada a partir da razão entre a área dos folíolos e seu peso seco.

4.4 Análise de dados

Os dados que não apresentaram normalidade ou homoscedasticidade foram transformados em (log, y^2 e y^{-2}) a depender da variável quando necessário para

ajustar os dados e atender os pressupostos das análises. Foram realizadas Análises de Variâncias simples (ANOVA one-way) para comparação dos valores das taxas de crescimento relativo em altura, diâmetro à altura do solo e área de projeção de copa entre as faces norte e sul. Os dados de AFE também foram submetidos a ANOVA para comparação dos períodos seco e chuvoso. Para comparação entre faces dentro do mesmo período os dados de AFE foram submetidos a ANOVA two way, seguida de Teste Tukey. As espécies que apresentaram valores significantes de TCR variando entre faces foram submetidas a análises de covariância (ANCOVA) incluindo no modelo o tamanho inicial dos dados de crescimento dos indivíduos como covariável. Valores de TCR_{AC} e tamanho inicial em área de projeção de copa das espécies *Ceiba speciosa* e *Citharexylum myrianthum* não foram incluídos nas análises, pois durante o período de coletas (agosto de 2020) as espécies estavam sem folhas. Matrizes de correlação de Pearson foram utilizadas para avaliação das associações entre as variáveis de TCR. Todas as análises foram realizadas no programa R Studio versão 3.6.3.

5 RESULTADOS

5.1 Análises de crescimento

Diferenças significativas no crescimento dos indivíduos entre as faces de exposição solar foram encontradas para algumas espécies, com maiores valores de TCR na face norte. A TCR_A diferiu entre faces para *Cordia superba* ($p = 0.01$) e *Schizolobium parahyba* ($p = 0.03$) (Figura 7). Já a TCR_{DAS} variou quanto à face para *Ceiba speciosa* ($p = 0.0004$), *Cecropia glaziovii* ($p = 0.006$), *Cordia superba* ($p = 0.005$) e *Schizolobium parahyba* ($p = 0.0008$) (Figura 9). Enquanto a TCR_{AC} diferiu apenas para *Cecropia glaziovii* ($p = 0.005$) (Figura 11). Não foi observado a formação de um grupo de espécies priorizando o investimento em altura, DAS ou área de projeção de copa simultaneamente.

O tamanho inicial das espécies em altura ($p = 0,027$), DAS ($p = < 0,0001$) e área de projeção de copa ($p = 0,009$) explicaram parte da variação da TCR entre as faces. Relações negativas foram encontradas entre o tamanho inicial dos indivíduos e TCR, ou seja, indivíduos com maior tamanho inicial em altura, DAS e área de projeção de copa apresentaram menores valores de TCR para algumas espécies (Figuras 8, 10 e 12). A influência do tamanho inicial sobre as TCRs foi independente do efeito da face, já que não foi encontrada significância estatística para os termos de interações entre as variáveis avaliadas.

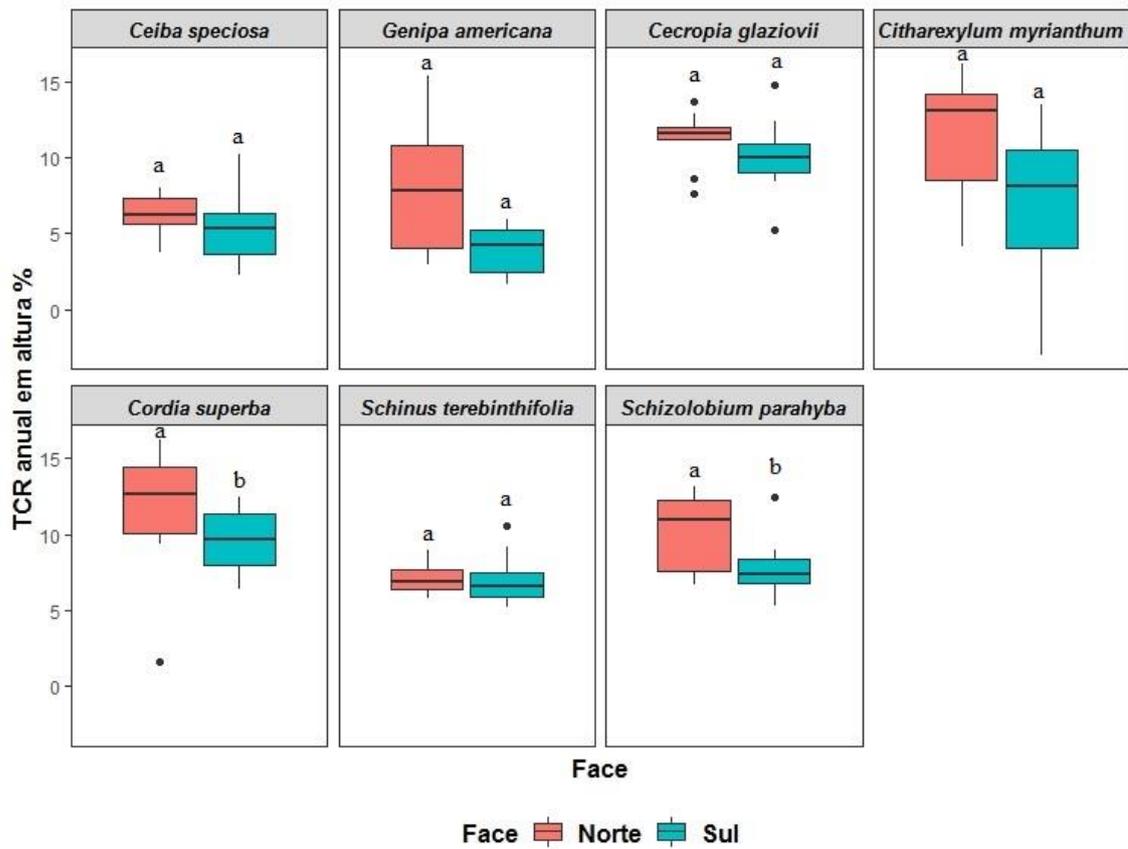


Figura 7: Taxa de crescimento relativo anual em altura (TCR_A) para sete espécies nas faces norte (vermelho) e sul (azul) em área de restauração ecológica da Mata Atlântica na Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ). Letras diferentes indicam diferença significativa ($P < 0,05$) entre faces para a mesma espécie.

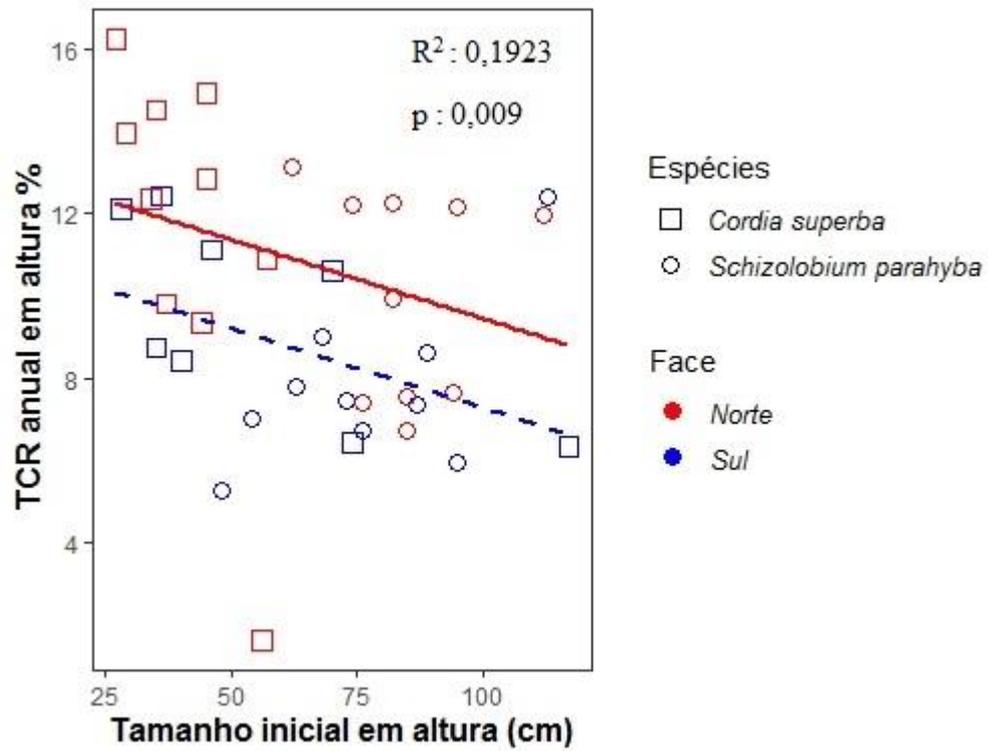


Figura 8: Relação entre a taxa de crescimento relativo anual em altura (TCR_A) e tamanho inicial em altura nas faces norte (vermelho) e sul (azul) em área de restauração ecológica da Mata Atlântica na Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ).

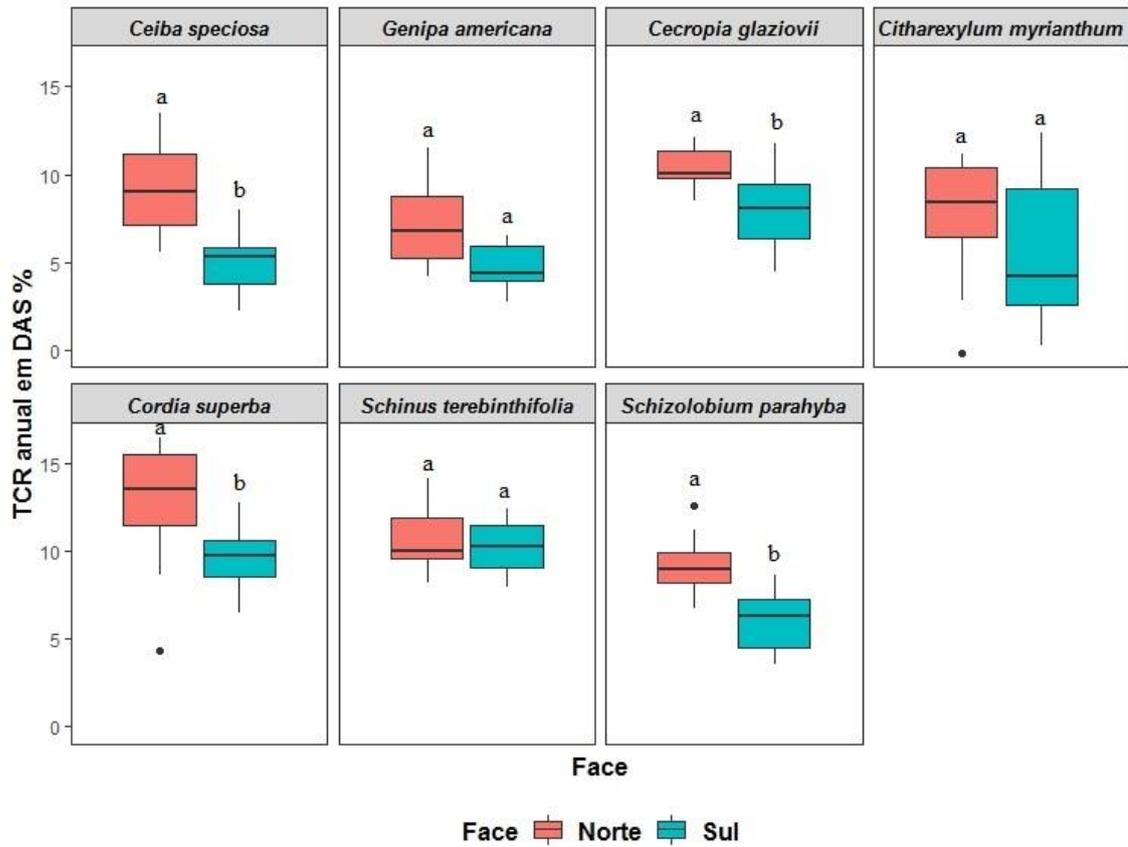


Figura 9: Taxa de crescimento relativo anual em diâmetro à altura do solo (TCR_{DAS}) para sete espécies nas faces norte (vermelho) e sul (azul) em área de restauração ecológica da Mata Atlântica na Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ). Letras diferentes indicam diferença significativa ($P < 0,05$) entre faces para a mesma espécie.

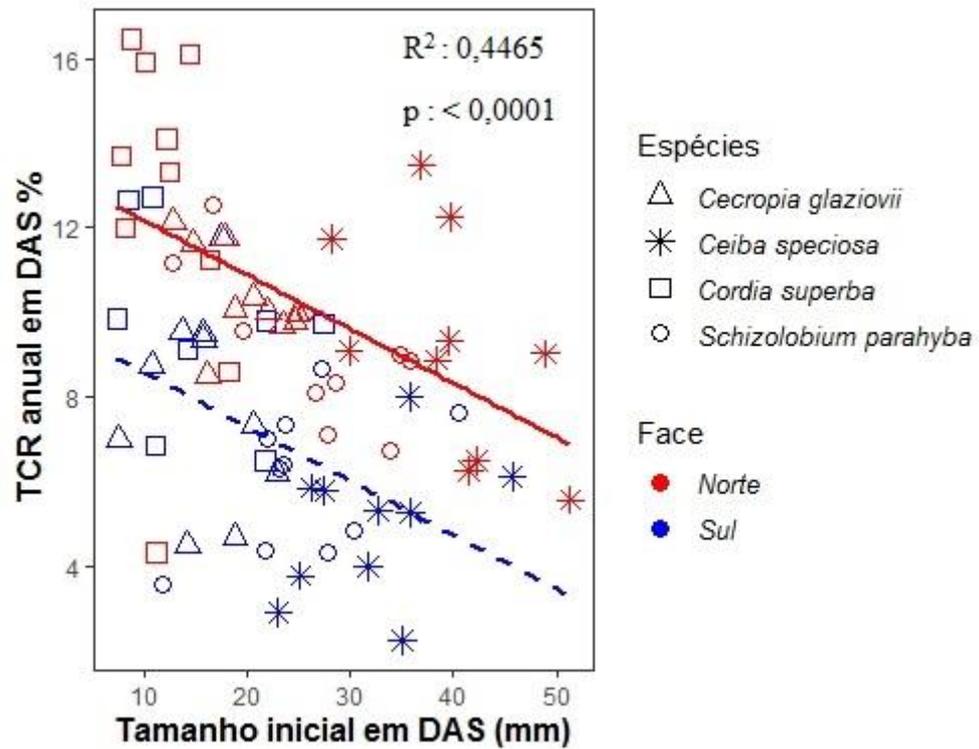


Figura 10: Relação entre a taxa de crescimento relativo anual em diâmetro à altura do solo (TCR_{DAS}) e tamanho inicial em DAS nas faces norte (vermelho) e sul (azul) em área de restauração ecológica da Mata Atlântica na Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ).

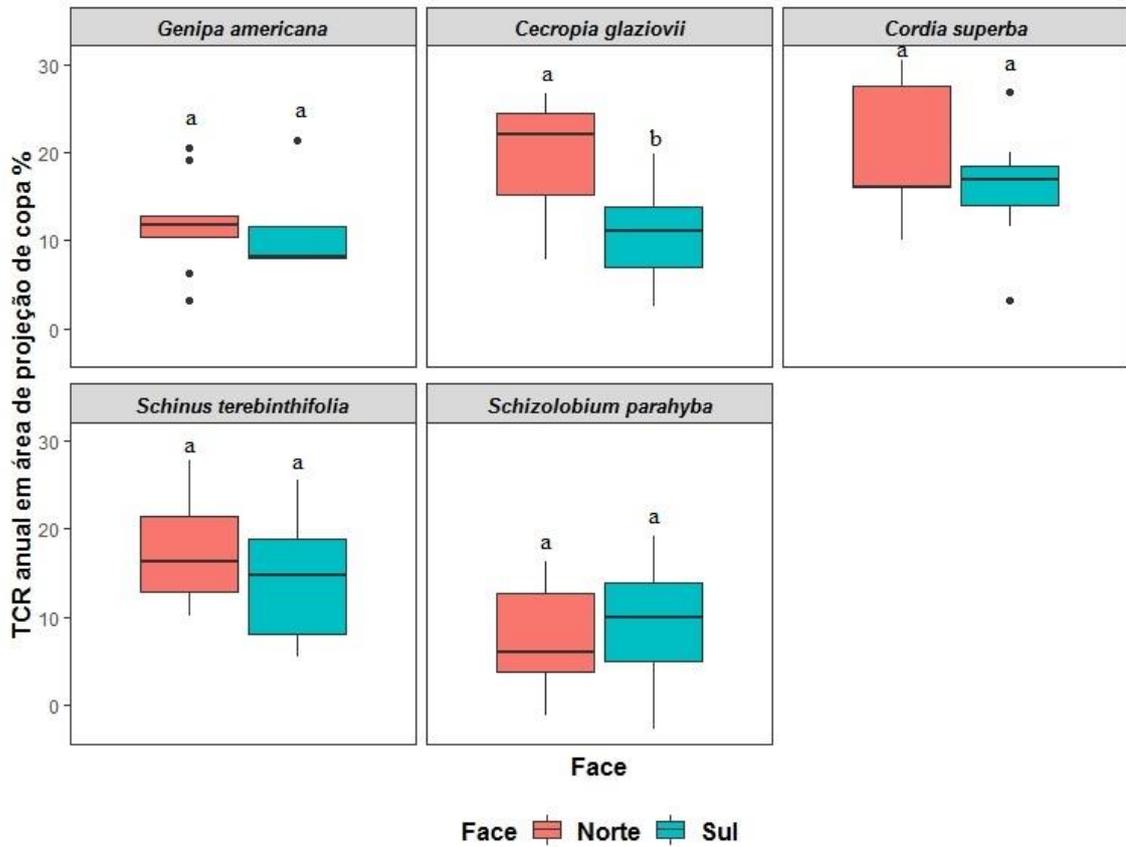


Figura 11: Taxa de crescimento relativo anual em área de projeção de copa (TCR_{AC}) para sete espécies nas faces norte (vermelho) e sul (azul) em área de restauração ecológica da Mata Atlântica na Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ). Letras diferentes indicam diferença significativa ($P < 0,05$) entre faces para a mesma espécie.

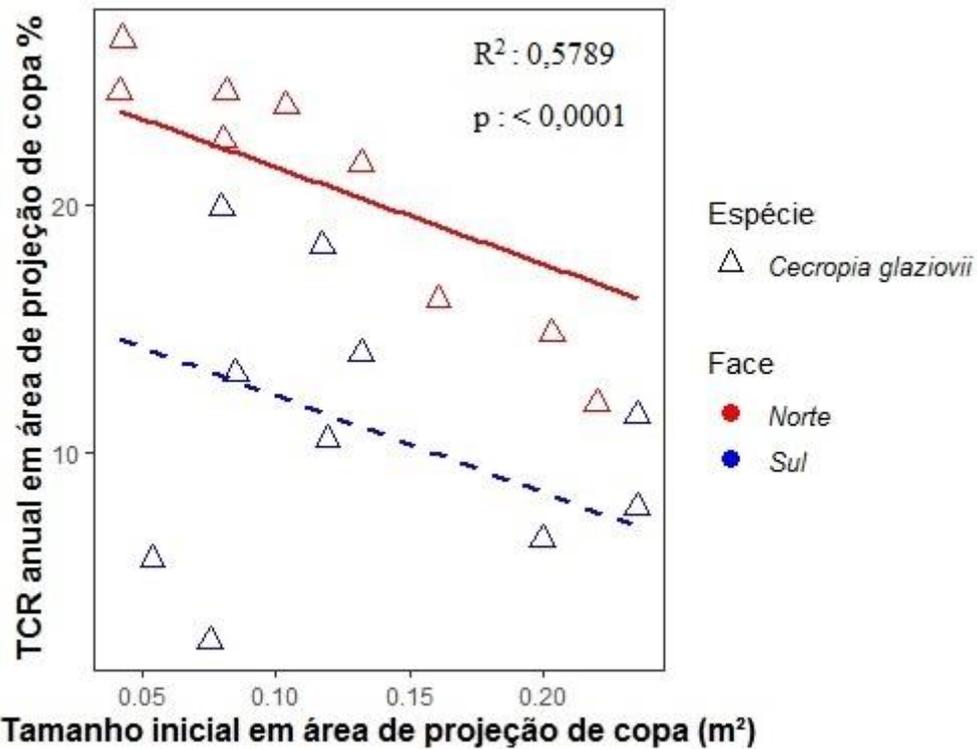


Figura 12: Relação entre a taxa de crescimento relativo anual em área de projeção de copa (TCR_{AC}) e tamanho inicial em área de projeção de copa nas faces norte (vermelho) e sul (azul) em área de restauração ecológica da Mata Atlântica na Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ).

A associação entre as variáveis de TCR demonstraram que (Tabela 2): 1) A TCR_A e TCR_{DAS} foram as variáveis mais correlacionadas, 2) *Schinus terebinthifolia* foi a única espécie que não apresentou correlação entre qualquer TCR, 3) *Cordia superba* foi a única espécie que apresentou correlação entre todas as TCRs, e 4) *Cordia superba* e *Genipa americana* foram as únicas espécies que apresentaram correlação entre as TCRs na face norte.

Tabela 2: Coeficientes de correlação de Pearson entre a taxa de crescimento relativo anual em altura (TCR_A), diâmetro à altura do solo (TCR_{DAS}) e área de projeção de copa (TCR_{AC}) no período de agosto de 2019 e agosto de 2020 para sete espécies nas faces norte e sul em área de restauração ecológica da Mata Atlântica na Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ). Valores acima e abaixo da diagonal principal representam as correlações para as faces norte e sul, respectivamente. NA: não amostrado. Valores em negrito apresentam significância estatística. Significância: * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$; *** $P \leq 0,001$.

Espécies		TCR_A	TCR_{DAS}	TCR_{AC}
<i>Cecropia glaziovii</i>	TCR_A		0.39	-0.40
	TCR_{DAS}	0.51		0.02
	TCR_{AC}	0.63	0.77***	
<i>Citharexylum myrianthum</i>	TCR_A		0.31	NA
	TCR_{DAS}	0.75**		NA
	TCR_{AC}	NA	NA	
<i>Cordia superba</i>	TCR_A		0.92***	0.81***
	TCR_{DAS}	0.73*		0.62
	TCR_{AC}	0.20	0.59	
<i>Schinus terebinthifolia</i>	TCR_A		-0.40	0.15
	TCR_{DAS}	-0.22		-0.31
	TCR_{AC}	-0.47	0.19	
<i>Schizolobium parahyba</i>	TCR_A		0.21	0.13
	TCR_{DAS}	0.65*		0.00
	TCR_{AC}	0.61	0.28	
<i>Ceiba speciosa</i>	TCR_A		0.47	NA
	TCR_{DAS}	0.66*		NA
	TCR_{AC}	NA	NA	
<i>Genipa americana</i>	TCR_A		0.91***	0.10
	TCR_{DAS}	NA		0.29
	TCR_{AC}	NA	-0.86	

5.2 Área foliar específica

A AFE variou significativamente entre os períodos seco e chuvoso ($p < 0.0001$), sendo os maiores valores médios encontrados durante o período seco. Não foram encontradas diferenças significativas da AFE entre faces durante o período

seco. Entretanto, durante o período chuvoso, as espécies *Ceiba speciosa*, *Cecropia glaziovii* e *Cordia superba* apresentaram maiores valores de AFE na face sul ($p < 0.0001$) (Figura 13).

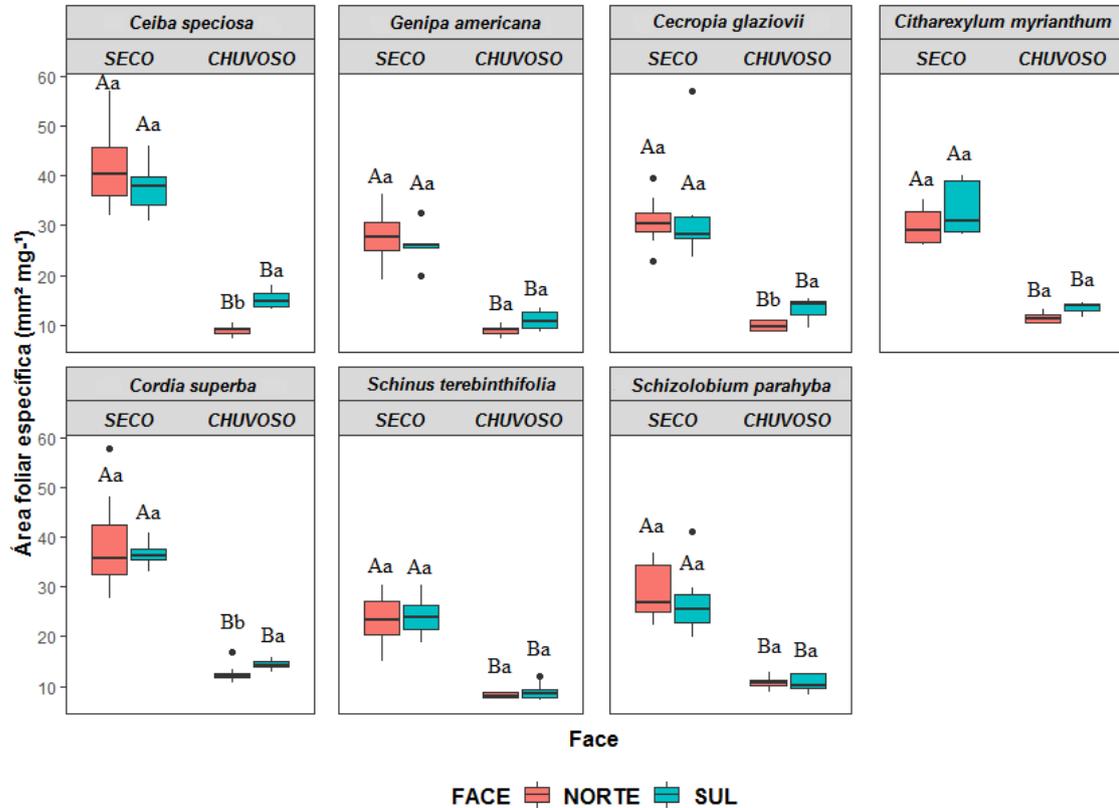


Figura 13: Área foliar específica para os períodos seco e chuvoso nos meses de agosto e novembro de 2019, respectivamente, para sete espécies nas faces norte (vermelho) e sul (azul) em área de restauração ecológica da Mata Atlântica na Fazenda Igarapé – Silva Jardim (RJ). Letras maiúsculas comparam os períodos e letras minúsculas comparam as faces no mesmo período ($P < 0,05$).

6 DISCUSSÃO

É bem estabelecido que o contexto topográfico afeta o padrão de distribuição da irradiância, ocasionando variações na temperatura do ar e na umidade do solo entre as vertentes do relevo principalmente em escalas regionais (Hofierka & Šúri, 2002; Filho e Sá, 2007; Moeslund et al., 2013; Corrêa e Francelino, 2015). Contudo, a temperatura pode mudar mesmo dentro de uma faixa de poucos quilômetros (< 2 km²) e este padrão é atribuído aos efeitos da elevação e declividade (Moeslund et al. 2013). Além disso, outros fatores interagem em conjunto com a topografia para explicar as diferenças na umidade do solo. Por exemplo, foi demonstrado que a depender da vertente do terreno, a exposição ao vento pode variar, afetando o padrão de umidade do solo, ocasionar erosões e exercer efeitos sobre o transporte de partículas do solo, bem como, afetar a distribuição de propágulos (Moeslund et al., 2013). A topografia também exerce controle sobre a distância vertical do lençol freático e da drenagem e escoamento da água advinda das chuvas (Machado, Nunes e Romão, 2009; Moeslund et al., 2013). Diante do exposto, a interação destes fatores é uma das principais características que afetam a distribuição das plantas vasculares terrestres (Moeslund et al., 2013).

6.1 Taxa de crescimento relativo

No hemisfério sul, a face norte de morros é aquela que recebe maior incidência solar (Corrêa e Francelino, 2015; Gonçalves, 2015). No presente estudo, as espécies da face norte apresentaram as maiores TCR, indicando que o contexto topográfico exercido pelas faces de exposição solar influenciou o crescimento dos indivíduos de algumas espécies aqui avaliadas, corroborando nossa primeira hipótese. Em um monoplantio de *Eucalyptus sp* no sudoeste de São Paulo foi verificado maior crescimento em altura das árvores na face norte em comparação com as da face sul, tanto para plantios com idade inferior a quatro anos quanto para aqueles com idade superior a cinco anos (Gonçalves, 2015). Já em outro estudo sobre a diversidade estrutural de comunidades arbóreas realizado em área florestal subtropical na China (He et al., 2017) a distribuição da energia térmica nas encostas mais quentes voltadas para o sul diminuiu o número de caules, número de espécies e área basal para plântulas e indivíduos jovens, enquanto para árvores adultas o

número de caules e a área basal foi beneficiado pelo aumento da energia térmica. Diante destes achados os autores discutem que a competição pelo recurso luminoso possivelmente é o principal fator que explica a variação de respostas entre plântulas e adultos. Isto é explicado devido ao fato de que árvores adultas com copas mais densas se beneficiam da maior incidência de luz nas encostas mais ensolaradas. Conseqüentemente, isto se refletiria em maior crescimento das árvores de grande porte maximizando assim seu grau de competição e limitando o crescimento das plântulas.

Correlações entre a TCR baseada em biomassa acima do solo e a fração potencial anual de radiação direta e difusa foram identificadas para plântulas de espécies arbóreas em floresta tropical úmida na Costa Rica (King, 1991). As plântulas que estavam parcialmente ou quase totalmente sombreadas e espécies associadas a clareiras alocaram cerca de 2/3 do crescimento da parte aérea acima do solo em caule e galhos, enquanto plântulas de espécies tolerantes à sombra investiram mais em biomassa foliar sob menores frações de radiação (King, 1991). Em condições de pleno sol, algumas espécies podem alocar maior porcentagem de biomassa para as raízes (Almeida et al., 2005; Poorter, 1999) o que poderia refletir em maior absorção para compensar as maiores taxas de fotossíntese e de transpiração (Claussen, 1996; Veneklaas e Poorter, 2006). Este padrão também foi observado em plântulas e indivíduos adultos de espécies de árvores tropicais com o aumento da irradiância (Poorter e Nagel, 2000; Veneklaas e Poorter 2006). Para mudas de 15 espécies nativas de uma região tropical semidecidual em São Paulo foi verificado que no geral indivíduos cultivados na sombra (natural ou artificial) tiveram menor crescimento em altura e taxa de crescimento relativo quando comparadas com aquelas cultivadas a pleno sol (Souza e Válio, 2003a). Os autores discutem que seria esperado maior crescimento em altura para os indivíduos no ambiente sombreado (ex: sub-bosque) devido ao alongamento caulinar, mas explicam que em ambientes mais sombreados a densidade do fluxo de fótons é menor, o que limita a fotossíntese e a produção de fotoassimilados o que, conseqüentemente, reduziu o crescimento em altura (Souza e Válio, 2003a). Todas essas diferenças entre condições de sombreamento e exposição solar podem corroborar, mesmo que indiretamente, nosso resultado de maior crescimento na face mais ensolarada, pois apesar da maior parte dos exemplos mencionados acima não tratarem do efeito da

face, sabemos que a irradiância aumenta na face norte, e os mecanismos são muito semelhantes.

A biomassa acima do solo de plantas lenhosas possui uma forte relação com a altura da planta (Duursma e Falster, 2016). As relações entre altura e diâmetro estão associadas a captura de luz, estabilidade e suporte mecânico e hidráulico (Zhang et al., 2020). Conforme a planta cresce, ela reduz o seu investimento em massa ou área foliar e começa a alocar mais recursos em massa lenhosa acima do solo para tecidos de suporte (King, 1991; Duursma e Falster, 2016). No sul da China, plântulas tiveram uma tendência de aumento em altura a uma taxa de crescimento mais rápida do que em diâmetro à altura do solo em comparação com indivíduos adultos (Zhang et al., 2020). Em estágio de plântula as espécies sofrem menos com a ação do vento em ambientes florestais e então necessitariam investir mais no crescimento em altura do que em diâmetro para maximizar a captura de luz devido ao sombreamento por outras árvores vizinhas. Também foram observadas variações nas relações entre altura e diâmetro para os locais, não sendo encontrado um padrão para explicar essas diferenças. Isto sugere que as espécies possuem mecanismos diferentes de crescimento para se ajustarem as condições do meio, tanto para prevenção de torções quanto para captura de luz (Zhang et al., 2020). Os resultados reportados pelas análises de correlação demonstraram significância para a associação entre as TCR_A e TCR_{DAS} para algumas espécies em ambas as faces. Desta forma, podemos sugerir que algumas espécies são mais sensíveis às possíveis variações microclimáticas entre as faces da área de estudo. Importante destacar que o local de estudo é uma área aberta em processo de restauração, sem que as mudas estejam sobre a proteção de um sub-bosque, o que lhes confeririam sofrer menores efeitos relacionados a ação do vento.

Plantas maiores apresentam taxa de crescimento relativo menor em relação a plantas de menor tamanho, pois conforme a planta cresce ela diminui sua proporção de área foliar para investir em biomassa para outros tecidos (Gilbert et al., 2016). Em acordo com a nossa segunda hipótese, os dados mostram que o tamanho inicial dos indivíduos influenciou a TCR. Assim, observamos que além do efeito das faces de exposição solar, indivíduos que inicialmente apresentaram maior altura, diâmetro à altura do solo e área de projeção de copa apresentaram menores TCR. Resultado este, que corrobora outros estudos. Por exemplo, em uma comunidade arbórea de floresta subtropical no norte de Taiwan, a TCR estimada

para o diâmetro do caule declinou com o aumento do tamanho para a maioria das 43 espécies estudadas; e os autores reforçam que as questões que norteiam o efeito da dependência do tamanho sobre a TCR ainda permanecem pouco esclarecidos, mas vem sendo exploradas e atribuídas a diversos fatores (Lida et al., 2014). Estes efeitos incluem o envelhecimento da planta, mudanças na alocação de biomassa entre os órgãos, alterações nos níveis de sombreamento do ambiente em relação a outras espécies, mudança no investimento entre crescimento vegetativo e reprodutivo, alterações de luz e limitação de recursos hídricos com o aumento em altura, entre outros (Evans, 1972; Hunt 1982; King, 1991; Metcalf et al. 2003, Rose et al., 2009; Rees et al., 2010). Essa afirmativa também é reforçada por outro estudo realizado com mudas de 3 espécies de dossel encontradas comumente em florestas tropicais no norte da Austrália, onde também foi evidenciado que a distribuição de matéria seca mudou com a idade da planta. No entanto, essa distribuição não seguiu um só padrão, ou seja, ocorreram flutuações de acordo com a idade da planta e a depender da espécie (Claussen, 1996).

Na busca de um maior entendimento sobre os efeitos dependentes do tamanho sobre a TCR, vem sendo discutido o papel das mudanças nas relações entre atributos funcionais morfológicos e fisiológicos (principalmente área foliar específica, densidade da madeira, massa da semente e altura máxima) e o estágio ontogênico das plantas. Assim, o efeito negativo ocasionado pelo aumento do tamanho das plantas sobre a TCR vem sendo compreendido com base nos atributos funcionais, como na redução do montante de área foliar para sustentar a biomassa total da planta conforme ela aumenta de tamanho, a qual passa a investir em outros tecidos que lhe garantiriam suporte hidráulico e mecânico (Baraloto et al., 2005; Shipley, 2006; Lida et al., 2014; Shen et al. 2014; Gilbert et al., 2016; Falster et al. 2018). Ademais, as flutuações abióticas afetam a TCR uma vez que também ocasionam mudanças entre estas relações citadas acima (King, 1991; Gilbert et al., 2016).

No presente estudo testamos os valores médios e de amplitude da AFE das espécies do nosso conjunto de dados, no entanto não encontramos significância deste atributo para contribuir com efeitos sobre a TCR (dados não mostrados). Sugerimos que estes achados podem estar ligados ao período curto entre o plantio e o estabelecimento das mudas em campo. Ressaltamos que o efeito do tamanho inicial dos indivíduos sobre a TCR pode ser explicado à luz do maior investimento

em biomassa para outras estruturas que não compõem a parte aérea, como a raiz, ou para outros tecidos que possam aumentar o suporte mecânico e hidráulico para suportar seu maior tamanho (King, 1991; Lida et al., 2014; Gilbert et al., 2016).

6.2 Área foliar específica

Nossos dados também demonstram que a sazonalidade direcionou ajustes sobre a AFE em indivíduos no início do plantio. A folha é um órgão que apresenta grande plasticidade e, desta forma, sofre grande influência dos fatores ambientais (Bussotti et al., 2000; dos Anjos et al., 2015). Variações na AFE são devidas ao acúmulo de amido ou de compostos secundários e alterações anatômicas ou morfológicas (Lambers e Poorter, 1992). Fatores abióticos como disponibilidade hídrica, suprimento de luz e nutrientes são alguns dos aspectos que afetam AFE. O padrão de expansão ou redução da AFE em relação as condições de irradiância é frequentemente relatado (Evans e Poorter, 2001; Campos e Uchida, 2002; Souza e Válio, 2003a; Rozendaal et al., 2006; Mendes e Marengo 2010; Vitória et al., 2016, 2019). Em geral, plantas que crescem sob locais sombreados aumentam sua AFE como forma de aumentar sua área de captura de luz, enquanto aquelas que crescem sob locais ensolarados geralmente apresentam folhas com menor AFE e maior massa foliar por área (MFA) (Evans e Poorter, 2001; Souza e Válio, 2003b). Em locais mais iluminados as espécies investem menos em AFE e mais em espessura foliar (Boeger & Poulson, 2006; Sanches et al., 2010; Perez-Harguindeguy et al., 2013), já que um aumento neste último atributo pode estar relacionado a alterações anatômicas como, por exemplo, o aumento das camadas de tecidos fotossintéticos (Niinemets, 1999; Hanba et al., 2002, Boeger & Poulson, 2006; Sanches et al., 2010). Isto pode refletir em um aumento das taxas fotossintéticas (Niinemets, 1999; Sanches et al., 2010), ao passo que a redução da AFE auxiliaria a minimizar a perda de água via transpiração (Klich, 2000; Mendes et al., 2001).

Em áreas florestais sob clima mediterrâneo no sul da Espanha, observou-se que a MFA foi maior (menor AFE) para aquelas espécies distribuídas nos habitats mais secos (De La Riva et al., 2016). Esse padrão em parte foi atribuído ao hábito foliar das espécies, com decíduas e perenes apresentando menor e maior MFA, respectivamente, e representando estratégias para maximização da captura de

recursos versus longevidade foliar, retenção de nutrientes e proteção contra dessecação (De La Riva et al., 2016). Outros estudos também relatam o mesmo padrão no aumento da MFA em locais com menor disponibilidade hídrica, por exemplo, para 5 espécies de árvores em floresta tropical do Escudo das Guianas uma maior MFA foi relacionada ao menor índice de umidade topográfico (Schmitt et al., 2020). Em avaliação da variação temporal de atributos morfológicos em 10 espécies de ambiente de restinga, foi demonstrado que a MFA aumentou nos meses mais secos e estes resultados foram independentes da filogenia e morfologia foliar, indicando que neste ambiente os recursos hídricos têm um papel fundamental em relação a ocupação das espécies (Rosado e De Mattos, 2007). A AFE de 4 espécies arbóreas decíduas apresentou forte correlação positiva com o aumento do conteúdo de umidade do solo em 9 fragmentos florestais sob clima de monções na Índia (Chaturvedi e Raghubanshi, 2018). O mesmo mecanismo é esperado para plântulas. Por exemplo, para plântulas de 4 espécies arbóreas com diferentes níveis de deciduidade em uma floresta tropical seca na Índia foi observado que AFE diferiu em resposta ao aumento do teor de umidade do solo em escala espacial e temporal. A média dos valores de AFE foi maior na área mais úmida, bem como, durante a estação pré- monção caracterizada por altas temperaturas. No entanto, apenas duas das quatro espécies avaliadas apresentaram relação significativa com o maior teor de umidade do solo. Por outro lado, apesar da não significância para as outras duas espécies avaliadas houve uma tendência de aumento da AFE em relação ao maior teor de umidade do solo (Chaturvedi et al., 2013).

Em estudo experimental em casa de vegetação, realizado com plântulas de 5 espécies decíduas e perenes, de floresta tropical seca na Índia, foi observado um decréscimo nos valores de AFE com o aumento do estresse hídrico, indicando que folhas mais espessas confeririam maior proteção contra dissecação (Khurana e Singh, 2004). Nossos resultados contradizem o padrão relatado na literatura já que maiores valores de AFE foram encontrados durante a estação chuvosa. Destacamos que a maioria dos trabalhos citados foram realizados em habitats florestais secos com forte sazonalidade entre as estações climáticas e com espécies adaptadas a estes ambientes. Porém, em conjunto estes estudos demonstram principalmente que a disponibilidade hídrica é um dos principais filtros ambientais relacionados aos ajustes morfológicos foliares das plantas às condições do meio.

Durante o período seco, as espécies em ambas as faces não apresentaram diferenças significativas para a AFE. Isto sugere que as variações microclimáticas entre as faces durante o período seco não foram suficientes para promover ajustes neste atributo. Entretanto, quando a água não foi um fator limitante (período chuvoso) a AFE apresentou valores significativamente maiores para a face sul em três das sete espécies avaliadas, demonstrando a heterogeneidade das espécies em suas respostas às variações microclimáticas quando os recursos estão mais disponíveis. Menores valores de AFE na face norte no período chuvoso poderiam ser o reflexo do maior investimento dos fotoassimilados em massa da folha, tornando-as mais pesadas. A MFA é o inverso da AFE. Apesar de uma maior MFA estar relacionada a um maior desenvolvimento do mesofilo foliar, componente fundamental que comporta células fotossintetizantes, isto pode dificultar a difusão do CO₂. Importante destacar que espécies com alta MFA apresentam baixas taxas fotossintéticas. No entanto, isso irá depender do destino da alocação do carbono assimilado, uma vez que a MFA varia a depender da densidade e espessura foliar. Desta forma, os aspectos foliares estruturais podem ser bastante diferenciados entre as espécies e irá depender da via de alocação do recurso adquirido que pode estar mais associado a tecidos do mesofilo ou para outros tecidos estruturais não fotossinteticamente ativos (De Mattos et al., 2004; De La Riva et al., 2016).

Os atributos foliares também sofrem alterações por aspectos relacionados a características intrínsecas da própria espécie e isto também poderia explicar a não ocorrência de variações destes atributos para algumas espécies aqui avaliadas, já que características genéticas e fatores ontogênicos desempenham um papel chave sobre os mecanismos adaptativos das espécies em relação as condições do meio (Mendes e Marengo 2010; Craven et al., 2011; dos Anjos et al. 2012; Karavin, 2013). Em um estudo realizado com 63 espécies arbóreas em floresta decidual no centro sul do México foi verificado que a radiação incidente, temperatura média diária e evapotranspiração potencial apresentaram significância para o efeito das faces de exposição solar, onde maiores valores foram encontrados na face sul mais ensolarada, particularmente durante a estação seca. Já durante a estação chuvosa os valores das variáveis abióticas foram maiores na face norte, indicando que para florestas secas tropicais o efeito da face pode não se apresentar como um filtro ambiental claro sobre as estratégias das espécies quanto ao uso da água (Méndez-Toribio et al., 2017).

Em um estudo comparativo conduzido em floresta tropical úmida e floresta tropical seca no Panamá, foi verificado que a capacidade fotossintética das espécies diminuiu durante o período seco devido à menor disponibilidade de água no solo e maior déficit de pressão de vapor, refletindo assim diferentes ajustes sazonais (Craven et al., 2011). Durante o período chuvoso não houve diferença na capacidade fotossintética das espécies entre os dois locais. Já durante o período seco, a redução da capacidade fotossintética foi maior para as espécies da floresta tropical seca (Craven et al., 2011). Em outro estudo comparativo avaliando os efeitos da variação sazonal em floresta seca e úmida localizadas na Costa Rica foi observado que apesar da maioria da explicação para a variação dos atributos foliares das espécies ser interespecífica, a variação sazonal e o tipo de floresta também tiveram efeito significativo (Gotsch et al., 2010). Os valores de AFE mantiveram-se semelhantes entre as duas estações na floresta úmida. Entretanto, para a floresta seca houve um aumento nos valores de AFE do período seco para o chuvoso (Gotsch et al., 2010).

Em conjunto, esses resultados demonstram que as variações na AFE possivelmente foram devidas a disponibilidade de água e luz. Desta forma, abordagens em escalas temporais mais longas e que empreguem outras características pertinentes ao contexto topográfico devem reforçar o entendimento sobre estas questões.

7 CONCLUSÃO

A face de exposição solar desempenhou um importante papel no crescimento dos indivíduos, sendo a face norte a que promoveu maior crescimento para algumas das espécies. O diâmetro à altura do solo foi o atributo mais responsivo à face de exposição solar. A taxa de crescimento relativo esteve relacionada negativamente com o tamanho inicial dos indivíduos e este efeito foi independente da face, o que pode ser um indicativo de que mudas menores se aclimatam melhor, apresentando maior taxa de crescimento relativo. Os valores de AFE foram maiores no período seco para todas as espécies, mas em relação às faces de exposição solar variaram somente durante o período chuvoso para três espécies. Isto sugere que a disponibilidade hídrica tenha tido um papel preponderante à irradiância na influência sobre este atributo. Enfatizamos que o efeito topográfico deva ser considerado para auxiliar na escolha das espécies, bem como, para a compreensão de indicadores que possam trazer melhorias em termos de aperfeiçoamento de técnicas e manejo capazes de promover avanços no contexto das áreas de restauração ecológica.

8 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D.S. Histórico e tendências atuais da recuperação ambiental. *In: Recuperação ambiental da Mata Atlântica [online]*. 3 ed. rev. and enl. Ilhéus, BA, Editus, p. 18-21, 2016.
- ALMEIDA, G.R.; do REGO, L.V.C; GOMES, D'Avilla R.F.L; LOPES, S. de F.; TROVÃO, D.M. de B.M. Traços funcionais foliares de espécies arbustivas arbóreas de um fragmento de caatinga no semiárido paraibano. *In: 1º Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido: diversidade, tendências, tensões e perspectivas*. Paraíba, 2018.
- ALMEIDA, S. M. Z.; SOARES, A. M.; DE CASTRO, E. M.; VIEIRA, C. V.; GAJEGO, E. B. Alterações morfológicas e alocação de biomassa em plantas jovens de espécies florestais sob diferentes condições de sombreamento. *Ciência Rural*, v. 35, n. 1, p. 62-68, 2005.
- ALVAREZ, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., De MORAES GONÇALVES, J.L., SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, p. 711–728, 2013.
- BARALOTO, C.; FORGET, P. M.; GOLDBERG, D. E. Seed mass, seedling size and neotropical tree seedling establishment. *Journal of Ecology*, v. 93, n. 6, p. 1156-1166, 2005.
- BARBOSA, L. M. et al. *Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do Estado de São Paulo*. Instituto de Botânica: São Paulo, 344 p., 2017.
- BARBOSA, L. M. *Manual para recuperação de áreas degradadas do Estado de São Paulo: Matas Ciliares do Interior Paulista*. São Paulo: Instituto de Botânica, 129 p., 2006.
- BAZZAZ, F. A; PICKETT, S. T. A. Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. *Annual review of ecology and Systematics*, v. 11, p. 287-310, 1980.
- BELLARD, C.; LECLERC, C.; LEROY, B.; BAKKENES, M.; VELOZ, S., THUILLER, W.; COURCHAMP, F. Vulnerability of biodiversity hotspots to global change. *Global Ecology and Biogeography*, v. 23, p. 1376-1386, 2014.
- BELLOTTO, A.; VIANI, R. A. G.; NAVE, A. G.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Monitoramento das áreas restauradas como ferramenta para avaliação da efetividade das ações de restauração e para definição metodológica. *In: RODRIGUES, R.R. (Ed). Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial*

dos conceitos e ações de restauração florestal. 2ª ed. São Paulo: LERF/ESALQ - Instituto Bio Atlântica, p. 132-150, 2009.

- BELLOTTO, A.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. Fase 1: Restauração fundamentada no plantio de árvores, sem critérios ecológicos para a escolha e combinação das espécies. *In: RODRIGUES, R.R. (Ed). Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal*. 2ª ed. São Paulo: LERF/ESALQ - Instituto Bio Atlântica, p. 15-17, 2009.
- BOERGER, M. R. T.; POULSON, M. Efeitos da radiação ultravioleta-B sobre a morfologia foliar de *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. (Brassicaceae). *Acta botânica Brasilica*, v. 20, n. 2, p. 329-338, 2006.
- BONGERS, F. J.; OLMO, M.; LOPEZ-IGLESIAS, B.; ANTEN, N. P. R.; VILLAR, R. Drought responses, phenotypic plasticity, and survival of Mediterranean species in two different microclimatic sites. *Plant Biology*, v. 19, ed. 3, p. 386-395, 2017.
- BRANCALION, P. H. S.; INSERNHAGEN, I.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Fase 2: plantio de árvores nativas brasileiras fundamentada na sucessão florestal. *In: RODRIGUES, R.R. (Ed). Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal*. 2ª ed. São Paulo: LERF/ESALQ – Instituto Bio Atlântica, p. 18-27, 2009.
- BUFO, L.V.B. *Restauração florestal e estoque de carbono em modelos de implantação de mudas sob diferentes combinações de espécies e espaçamentos*. Dissertação (Mestrado) em Ecologia Aplicada. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Piracicaba- São Paulo, 87 p., 2008.
- BUSSOTTI, F.; BORGHINI, F.; CELESTI, C.; LEONZIO, C.; BRUSCHI, P. Leaf morphology and macronutrients in broadleaved trees in central Italy. *Trees*, v. 14, p. 361–368, 2000.
- CALMON, M.; BRANCALION, P. H. S.; PAESE, A.; ARONSON, J.; CASTRO, P.; DA SILVA, S. C.; RODRIGUES, R. R. Emerging Threats and Opportunities for Large-Scale Ecological Restoration in the Atlantic Forest of Brazil. *Restoration Ecology*, v. 19, n. 2, p. 154-158, 2011.
- CAMPOS, M. A. A.; UCHIDA, T. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 37, n. 3, p. 281-288, 2002.
- CHATURVEDI, R. K.; RAGHUBANSHI, A. S. Leaf size and specific leaf area of tropical deciduous trees increase with elevation in soil moisture content. *International Journal of Hydrology*, v. 2, n. 4, p. 466 - 469, 2018.

- CHATURVEDI, R. K.; RAGHUBANSHI, A. S.; SINGH, J. S. Growth of tree seedlings in a tropical dry forest in relation to soil moisture and leaf traits. *Journal of Plant Ecology*, v. 6, n. 2, p. 158–170, 2013.
- CHAZDON, R. L.; GUARIGUATA, M.R. Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. *Biotropica*, v. 48, p. 716-730, 2016.
- CLAUSSEN, J. W. Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. *Forest Ecology and Management*, v. 80, p. 245-255, 1996.
- CORRÊA, M.P.; FRANCELINO, M.R. Avaliação da Influência da Radiação na Regeneração Natural de Mata Atlântica. In: *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR*. João Pessoa - PB, INPE, p. 6445-6450, 2015.
- CRAVEN, D.; DENT, D.; BRADEN, D.; ASHTONA, M. S.; BERLYNA, G. P.; HALL J. S. Seasonal variability of photosynthetic characteristics influences growth of eight tropical tree species at two sites with contrasting precipitation in Panama. *Forest Ecology and Management*, v. 261, p. 1643–53, 2011.
- DE LA RIVA, E. G.; OLMO, M.; POORTER, H.; UBERA, J. L.; VILLAR, R. Leaf Mass per Area (LMA) and Its Relationship with Leaf Structure and Anatomy in 34 Mediterranean Woody Species along a Water Availability Gradient. *Plos one*, p. 1-18, 2016.
- DE MATTOS, E. A.; BRAZ, M. I. G.; CAVALIN, P. O.; ROSADO, B. H. P.; GOMES, J. M.; MARTINS, L. S. T.; ARRUDA, R. C. O. Variação espacial e temporal em parâmetros fisioccológicos de plantas. In: DA ROCHA, C. F. D.; ESTEVES, F. A.; SCARANO, F. R. *Pesquisas de longa duração na Restinga de Jurubatiba: ecologia, história natural e conservação*. Ed. Rima, p. 99 - 116, 2004.
- DE REZENDE, C. L. et al. Atlantic Forest spontaneous regeneration at landscape scale. *Biodiversity and Conservation*, v. 24, n. 9, p. 2255–2272, 2015.
- DIAS-FILHO, M.B. Physiological response of *Solanum crinitum* Lam. to contrasting light environments. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 32, n. 8, p. 789-796, 1997.
- DOS ANJOS, L.; OLIVA, M. A.; KUKI, K. N. (2012) Fluorescence imaging of light acclimation of Brazilian Atlantic Forest tree species. *Photosynthetica*, v. 50, p. 95–108, 2012.
- DOS ANJOS, L.; OLIVA, M. A.; KUKI, K. N.; MIELKE, M. S.; VENTRELLA, M. C.; GALVÃO, M. F.; PINTO, L. R. M. Key leaf traits indicative of photosynthetic plasticity in tropical tree species. *Trees*, v. 29. p. 247-258, 2015.

- DUURSMA, R.A. AND FALSTER, D.S. Leaf mass per area, not total leaf area, drives differences in above-ground biomass distribution among woody plant functional types. *New Phytologist*, v. 212, p. 368-376, 2016.
- EDUARDO. D. F. *Atributos funcionais morfológicos e anatômicos foliares de plantas de campo rupestre ferruginoso respondem abundância?* Dissertação (Mestrado em Evolução, Biodiversidade e Meio Ambiente). Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto – MG, 29 p., 2017.
- ENGELBRECHT, B.M.J.; COMITA, L.S.; CONDIT, R.; KURSAR, T.A.; TUREE, M.T.; TURNER, B.L.; HUBBELL, S.P. Drought sensitivity shapes species distribution patterns in tropical forests. *Nature*, v. 447, p. 80–82, 2007.
- ENGELBRECHT, B.M.J.; KURSAR, T.A.; TYREE, M.T. Drought effects on seedling survival in a tropical moist forest. *Trees*, v. 19, p. 312-321, 2005.
- EVANS, G. C. *The quantitative analysis of plant growth*. Blackwell Scientific, Oxford, 734 p., 1972.
- EVANS, J. R. E.; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. *Plant, Cell Environment*, v. 24, p. 755-767, 2001.
- FALSTER, D. S.; DUURSMA, R. A.; FITZJOHN; R. G. How functional traits influence plant growth and shade tolerance across the life cycle. *Proceedings of the National Academy of Science*, v. 115, n. 29, E6789-E6798, 2018.
- FILHO, E. I. F.; SÁ, M. M. Influência das variáveis do terreno na radiação solar. *In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Florianópolis, Brasil, INPE, p. 5751-5753, 2007.
- GIBERT, A.; GRAY, E.F.; WESTOBY, M.; WRIGHT, I.J.; FALSTER, D.S. On the link between functional traits and growth rate: meta-analysis shows effects change with plant size, as predicted. *Journal of Ecology*, v. 104, p. 1488-1503, 2016.
- GONÇALVES, D.R.C. *Avaliação do efeito da face de exposição solar sobre o crescimento de plantios comerciais de Eucalyptus sp na região sudoeste do estado de São Paulo*. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 90 p., 2015.
- GOTSCH, S. G.; POWERS, J. S.; LERDAU, M. T. Leaf traits and water relations of 12 evergreen species in Costa Rican wet and dry forests: patterns of intra-specific variation across forests and seasons. *Plant Ecology*, v. 211, p. 133–146, 2010.

- GUERRA, A.; REIS, L. K.; BORGES, F. L. G.; OJEDA, P. T. A.; PINEDA, D. A. M.; MIRANDA, C. O.; MAIDANA, D. P. F. L.; DOS SANTOS, M. R.; SHIBUYA, P. S.; MRQUES, M. C. M.; LAURENCE, S. G. W.; GARCIA, L. C. Ecological restoration in Brazilian biomes: Identifying advances and gaps. *Forest Ecology and Management*, v. 458, 2020.
- HANBA Y. T.; KOGAMI, H.; TERASHIMA, I. The effect of growth irradiance on leaf anatomy and photosynthesis in *Acer* species differing in light demand. *Plant Cell Environment*, v. 25, p. 1021-1030, 2002.
- HE, S.; ZHONG, Y.; SUN, Y.; SU, Z.; JIA, X.; HU, Y.; ZHOU, Q. Topography-associated thermal gradient predicts warming effects on woody plant structural diversity in a subtropical forest. *Nature: Cientific Reports*, v. 7, n. 40387, p. 1-10, 2017.
- HOFIERKA, J.; SÚRI, M. The solar radiation model for Open source GIS: Implementation and applications. In: *Proceedings of the Open Source GIS-GRASS Users Conference*. Trento, Italia, p. 11-13, 2002.
- HUNT, R. *Plant growth curves: a functional approach to plant growth analysis*. Edward Arnold, London, 248 p., 1982.
- HUNT, R. *Basic growth analysis*. London: Unwin Hyman, 112 p., 1990.
- IIDA, Y.; KOHYAMA, T.S.; SWENSON, N.G.; SU, S.-H.; CHEN, C.-T.; CHIANG, J.-M.; SUN, I.-F. Linking functional traits and demographic rates in a subtropical tree community: the importance of size dependency. *Journal of Ecology*, v. 102, p. 641-650, 2014.
- ISERNHAGEN, I.; BRANCALION, P.H.S.; RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Fase 4: Abandono da cópia de um modelo de floresta madura e foco na restauração dos processos ecológicos responsáveis pela reconstrução de uma floresta. In: RODRIGUES, R.R. (Ed). *Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal*. 2ª ed. São Paulo: LERF/ESALQ - InstitutoBioAtlântica, p. 35-41, 2009.
- KAGEYAMA, P.Y.; REIS, A.; CARPANEZZI, A.A. Potencialidades e restrições da regeneração artificial na recuperação de áreas degradadas. In: *Simpósio Nacional Sobre Recuperação De Áreas Degradadas*. Curitiba: UFPR/FUPEF, p. 1-16, 1992.
- KARAVIN, N. Effects of leaf and plant age on specific leaf area in deciduous tree species *quercus cerris* L. Var. *Cerris*. *Bangladesh J.Bot.*, v. 42, n. 2, p. 301-306, 2013.

- KHURANA, E.; SINGH, J.S. Germination, and seedling growth of five tree species from tropical dry forest in relation to water stress: impact of seed size. *Journal of Tropical Ecology*, v. 20, p. 385–396, 2004.
- KING, D. A. Correlations Between Biomass Allocation, Relative Growth Rate and Light Environment in Tropical Forest Saplings. *Functional Ecology*, v. 5, n. 4, p. 485-492, 1991.
- KLICH, M. G. Leaf Variations in *Elaeagnus angustifolia* related to environmental heterogeneity. *Environmental and Experimental Botany*, v. 44, p. 171- 183, 2000.
- KOZLOWSKI, T.T., KRAMER, P.J.; PALTARDY, S.G. *The physiological ecology of woody plants*. San Diego: Pallardy Academic Press, 657 p., 1991.
- LAMBERS, H.; CHAPIM III, F.S.; PONS, T.L. Plant physiological ecology. *In: Growth and Allocation: Seção 5*, ed. 2, New York, Springer, p. 340- 345, 2008.
- LAMBERS, H.; POORTER, H. Inherent variation in growth rate between higher plants: a search for physiological causes and ecology consequences. *Advances in Ecology Research*, v. 23, p. 187-261, 1992.
- LIMA, H. C.; PESSOA, S. V. A.; BRUNI, R. R. G.; MORAES, L. F. D.; GRANZOTTO, S. V.; IWAMOTO, S.; Di Ciero, J. Caracterização Fisionômico-Florística e Mapeamento da Vegetação da Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia*, v. 57, n. 3, p. 369-389, 2006.
- LIMA, M.A.O.; MIELKE, M. S.; LAVINSKY, A. O.; FRANÇA, S.; DE ALMEIDA, A. A. F.; GOMES, F. P. Crescimento e plasticidade fenotípica de três espécies arbóreas com uso potencial em sistemas agroflorestais. *Scientia Forestalis*, v. 38, n. 87, p. 527-534, 2010.
- LIU, Z.; HIKOSAKA, K.; LI, F.; ZHU, L.; JIM, G. Plant size, environmental factors and functional traits jointly shape the stem radius growth rate in an evergreen coniferous species across ontogenetic stages. *Journal of Plant Ecology*, v. 14, n. 2, p. 257-269, 2020.
- MACHADO, L. E. G.; NUNES, E. D.; ROMÃO, P. A. Análise da influência da topografia na variação sazonal de fitofisionomias na bacia do Rio Veríssimo – GO. *In: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Natal - RN, Brasil, INPE, p. 2817-2822, 2009.
- MARKESTEIJN, L.; POORTER, L. Seedling root morphology and biomass allocation of 62 tropical tree species in relation to drought-and shade-tolerance. *Journal Ecology*, v. 97, p. 311–325, 2009.

- MARTINS, S.V. *Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração*. 2ª ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2009.
- MENDES, K. R.; MARENCO, R. A. Leaf traits and gas exchange in saplings of native tree species in the Central Amazon. *Scientia Agricola*, v. 67, n.6, p. 624 – 623, 2010.
- MENDES, M. M.; GAZARINI, L. C.; RODRIGUES, M. L. 2001. Acclimatation of *Myrtus communis* to contrasting Mediterranean light environments – effects on structure and chemical composition of foliage and plant water relations. *Environmental and Experimental Botany*, v. 45, p. 165-178, 2001.
- MÉNDEZ-TORIBIO, M.; IBARRA-MANRÍQUEZ, G.; NAVARRETE-SEGUEDA, A.; PAZ, H. Topographic position, but not slope aspect, drives the dominance of functional strategies of tropical dry forest trees. *Environmental Research Letters*, v. 12, n. 6, p.1-12, 2017.
- METCALF, J. C., ROSE, K. E.; REES, M. Evolutionary demography of monocarpic perennials. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 18, p. 471–480, 2003.
- MITTERMEIER, R. A.; TURNER, W. R.; LARSEN, F. W. Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. In: Zachos, F.E., Habel, J.C. (Eds.), *Biodiversity Hotspots: Distribution and Protection of Priority Conservation Areas*. Springer-Verlag, Berlin, p. 3–22, 2011.
- MOESLUND, J. E.; ARGE, L.; BOCHER, P. K.; DALGAARD, T.; SVENNING, J. C. Topography as a driver of local terrestrial vascular plant diversity patterns. *Nordic Journal of Botany*, v. 31, p. 129–144, 2013.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 853-858, 2000.
- NAVE, A.G.; et al. *Manual de restauração ecológica – Técnicos e produtores rurais no extremo sul da Bahia*. Bioflora Tecnologia da Restauração, Piracicaba – São Paulo, 50 p., 2015.
- NAVE, A.G.; RODRIGUES, R.R. Combination of Species Into Filling and Diversity Groups as Forest Restoration Methodology. In: RODRIGUES, R. R., MARTINS, S. V.; GANDOLFI, S. *High Diversity Forest Restoration in Degraded Areas: Methods and projects in Brazil*. New York: Nova Science Publishers, v. 1, p. 103-126, 2007.

- NIINEMETS, Ü. Components of leaf dry mass per area – thickness and density – alter leaf photosynthetic capacity in reverse directions in woody plants. *New Phytologist*, v. 144, p. 35–47, 1999.
- ORIAN, G.H.; DIRZO, R.; CUSHMAN, J.H. Ecological Studies. In: Dirzo and Cushman (eds), *Biodiversity and Ecosystem Processes in Tropical Forests*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Orians, v. 122, p. 1-8, 1996.
- PEREIRA, L. *Resistência à seca em plântulas de espécies arbóreas da floresta estacional semidecídua*. Dissertação de mestrado: Instituto de biologia da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 70 p., 2011.
- PEREZ-HARGUINDEGUY, N. et al. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany*, v. 61, n. 3, p. 167-234, 2013.
- POORTER, H.; JAGODZINSKI, A. M.; RUIZ-PEINADO, R.; KUYAH, S.; LUO, Y.; OLEKSYN, J.; USOLTSEV, V. A.; BUCKLEY, T. N.; REICH, P. B.; SACK, L. How does biomass distribution change with size and differ among species? An analysis for 1200 plant species from five continents. *New Phytologist*, v. 208, p. 736–749, 2015.
- POORTER, H.; NAGEL, O. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO₂, nutrients, and water: a quantitative review. *Australian Journal of Plant Physiology*, v. 27, n. 6, p. 595–607, 2000.
- POORTER, L. Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. *Functional Ecology*, v. 13, p. 396-410, 1999.
- REES, M.; OSBORNE, C. P.; WOODWARD, F. I.; HULME, S. P.; TURNBULL, L. A.; TAYLOR, S. H. Partitioning the Components of Relative Growth Rate: How Important Is Plant Size Variation? *The American Naturalist* (Epub), v. 176, n. 6, 2010.
- RODRIGUES, R.R.; LIMA, R.A.F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A.G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation*, v. 142, p. 1242-1251, 2009.
- ROSADO, B. H. P.; DE MATTOS, E. A. Variação temporal de características morfológicas de folhas em dez espécies do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, Macaé, RJ, Brasil. *Acta bot. bras.*, v. 21, n. 3, p. 741-752, 2007.
- ROSE, E. K.; ATKINSON, R. L.; TURNBULL, L. A.; REES, M. The costs and benefits of fast living. *Ecology Letters*, v. 12, p. 1379-84, 2009.

- ROZENDAAL, D. M. A.; HURTADO, V. H.; POORTER, L. Plasticity in leaf traits of 38 tropical tree species in response to light; relationships with light demand and adult stature. *Functional Ecology*, v. 20, p. 207- 216, 2006.
- SANCHES, M. C.; RIBEIRO, S. P.; DALVI, V. C.; SILVA, M. B.; SOUZA, H.C.; LEMOS-FILHO, J. P. Differential leaf traits of neotropical tree *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze (Lecythidaceae): comparing saplings and emergent trees. *Trees*, v. 24, p. 79-88, 2010.
- SANO, B. *Relação entre características funcionais e o desempenho de espécies arbóreas nativas em um plantio de restauração*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, 33 p., 2016.
- SATTLER, D.; LINDNER, A.; MORAWETZ, W. A função da sazonalidade no levantamento estrutural de uma floresta montana tropical em Rio de Janeiro, Brasil. *Ciência e Conservação na Serra dos Órgãos*. Brasília: IBAMA, p. 106 – 116, 2007.
- SCHMITT, S.; HÉRAULT, B.; DUCOURET, E.; BARANGER, A.; TYSKLIND, N.; HEUERTZ, M.; MARCON, E.; CAZAL, S. O.; DERROIRE, G. Topography consistently drives intra- and inter-specific leaf trait variation within tree species complexes in a Neotropical Forest. *Oikos*, v. 129, ed. 10, p. 1521-1530, 2020.
- SHEN, Y.; SANTIAGO, L. S.; SHEN, H.; MA, L.; LIAN, J.; CAO, H.; LU, H.; YE, W. Determinants of change in subtropical tree diameter growth with ontogenetic stage. *Oecologia*, v. 175, p. 1315–1324, 2014.
- SHIPLEY, B. Net assimilation rate, specific leaf area and leaf mass ratio: which is most closely correlated with relative growth rate? A meta-analysis. *Functional Ecology*, v. 20, n. 4, p. 565-574, 2006.
- SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. *Atlas dos remanescentes florestais da mata atlântica*. Período 2018-2019. São Paulo, SP: Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2020.
- SOUZA, R.P.; VÁLIO, I. F. M. Leaf optical properties as affected by shade in saplings of six tropical tree species differing in successional status. *Brazilian Journal Plant Physiology*, v. 15, p. 49-54, 2003 b.
- SOUZA, R.P.; VÁLIO, I. F. M. Seedling growth of fifteen brazilian tropical tree species differing in sucessional status. *Revista Brasileira Botânica*, v. 26 p. 35-47, 2003 a.
- VALLADARES, F.; WRIGHT, S.J.; LASSO, E.; KITAJIMA, K.; PEARCY, R.W. Plastic phenotypic response to light of 16 congeneric shrubs from a panamanian rainforest. *Ecology*, v. 81, p.1925–1936, 2000.

- VALLADARES, F.; PEARCY, R. W. Interactions between water stress, sun-shade acclimation, heat tolerance and photoinhibition in the sclerophyll *Heteromeles arbutifolia*. *Plant, Cell & Environment*, v.20, n.1, p.25-36, 1997.
- VELOSO, H. P.; FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 124 p., 1991.
- VENEKLAAS, E. J.; POORTER, L. Growth and carbon partitioning of tropical tree seedlings in contrasting light environments. *In: Inherent variation in plant growth: Physiological mechanisms and ecological consequences*, p. 41-60, 2006.
- VIDAL, C.Y.; RODRIGUES, R.R. *Restauração da diversidade: os viveiros do estado de São Paulo*. Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz” – ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 84 p., 2019.
- VITÓRIA, A. P.; ALVES, L. F.; SANTIAGO, L. S. Atlantic forest and leaf traits: an overview. *Trees – Structure and Function*, v. 33, p. 1535-1547, 2019.
- VITÓRIA, A. P.; VIEIRA, T. O. ; CAMARGO, P. B.; SANTIAGO, L. S. Using leaf $\delta^{13}C$ and photosynthetic parameters to understand acclimation to irradiance and leaf age effects during tropical forest regeneration. *Forest Ecology and Management*, v. 379, p. 50-60, 2016.
- ZAMITH, L.R. & SCARANO F.R. Restoration of a restinga sandy coastal plain in Brazil: survival and growth of planted woody species. *Restoration Ecology*, v. 14, p. 87-94, 2006.
- ZHANG, W. P.; ZHAO, L. LARJAVAARA, M.; MORRIS, E. C.; STERCK, F. J.; WANG, G. X. Height-diameter allometric relationships for seedlings and trees across China. *Acta Oecologica*, v. 108, 2020.