

**LIDIANA NAYARA RALPH**

***Tapirira guianensis* Aubl.: UMA ABORDAGEM AUTOECOLÓGICA E  
SILVICULTURAL**

**RECIFE  
Pernambuco – Brasil  
Agosto – 2022**

**LIDIANA NAYARA RALPH**

***Tapirira guianensis* Aubl.: UMA ABORDAGEM AUTOECOLÓGICA E  
SILVICULTURAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como um dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Florestais.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Lícia Patriota Feliciano

**Coorientador:** Prof. Dr. Ricardo Gallo

**RECIFE**  
**Pernambuco – Brasil**  
**Agosto – 2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

R163t

Ralph, Lidiana Nayara

Tapirira guianensis Aubl.: uma abordagem autoecológica e silvicultural / Lidiana Nayara Ralph. - 2022.  
190 f. : il.

Orientadora: Ana Licia Patriota Feliciano.

Coorientador: Ricardo Gallo.

Inclui referências.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Recife, 2022.

1. Distribuição geográfica. 2. Efeito do ambiente. 3. Espécie florestal nativa. 4. População florestal. 5. Transplante de plântulas. I. Feliciano, Ana Licia Patriota, orient. II. Gallo, Ricardo, coorient. III. Título

CDD 634.9

---

**LIDIANA NAYARA RALPH**

***Tapirira guianensis* Aubl.: UMA ABORDAGEM AUTOECOLÓGICA E  
SILVICULTURAL**

**Banca Examinadora:**

---

Profa. Dra. Natane Amaral Miranda  
Departamento de Silvicultura – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

---

Profa. Dra. Luciana Coelho de Moura  
Departamento de Engenharia Florestal – Universidade Federal de Mato Grosso

---

Prof. Dr. Mauro Vasconcelos Pacheco  
Departamento de Ciências Florestais – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

---

Prof. Dr. Robério Anastácio Ferreira  
Departamento de Ciências Florestais – Universidade Federal de Sergipe

**Orientadora:**

---

Profa. Dra. Ana Lícia Patriota Feliciano  
Departamento de Ciência Florestal – Universidade Federal Rural de Pernambuco

**RECIFE**  
**Pernambuco – Brasil**  
**Agosto – 2022**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela minha vida e saúde.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

Aos gestores da REBIO (Reserva Biológica de Saltinho), pelo apoio logístico e auxílio na condução da pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e à Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela grande oportunidade na minha vida.

À coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais, na pessoa da Profa. Ana Lícia Patriota Feliciano, pelo apoio e suporte em todas as solicitações.

Aos Departamentos de Ciência Florestal (DCFL) e Agronomia (DEPA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

À Professora Dra. Ana Lícia Patriota Feliciano, pela oportunidade de orientação desta tese, pelo grande apoio, pelos ensinamentos (e foram muitos) e por toda a receptividade e acolhimento na UFRPE.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Ricardo Gallo, que contribuiu demasiadamente com ensinamentos e sugestões para o sucesso deste trabalho.

Ao Laboratório de Análise de Sementes Florestais (Departamento de Ciências Florestais – UFRPE).

A minha família, que sempre me apoiou integralmente.

À família que me recebeu de braços abertos em Piedade.

Ao Corpo Docente da Pós-graduação da UFRPE, por todos os ensinamentos e pela dedicação.

Aos colaboradores da Reserva Biológica de Saltinho, pelo grande trabalho e suporte nas coletas de dados no campo.

E, finalmente, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para a realização desta obra. Meu sincero agradecimento, MUITO OBRIGADA!

RALPH, LIDIANA NAYARA. *Tapirira guianensis* Aubl.: uma abordagem autoecológica e silvicultural. 2022. Orientadora: Ana Lícia Patriota Feliciano. Coorientador: Ricardo Gallo.

## RESUMO GERAL

As elevadas taxas de supressão da vegetação provocam a redução da população de espécies, afetando as gerações futuras e, ao passar dos anos, essa condição pode reduzir a variabilidade genética e o polimorfismo. Assim, essa pesquisa teve como objetivo geral analisar aspectos da autoecologia de uma população de *Tapirira guianensis* e sua distribuição geográfica, bem como avaliar a técnica de resgate de plântulas para a espécie. O trabalho foi estruturado em capítulos, que estão organizados de acordo com os objetivos: no capítulo I, analisar a influência de variáveis bioclimáticas na distribuição geográfica dos sítios de ocorrência da *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae); o capítulo II foi analisar a estrutura populacional e a distribuição espacial de uma população natural em um fragmento de Mata Atlântica no Estado de Pernambuco, Brasil; o capítulo III, avaliar o potencial da população de plântulas como fonte de propágulo para a produção de mudas, visando a restauração de áreas degradadas e os possíveis efeitos das classes de altura e intensidade de redução foliar no desenvolvimento da espécie *Tapirira guianensis*; e, no capítulo IV, avaliar os efeitos dos ambientes e genótipos no desenvolvimentos de plântulas de *Tapirira guianensis*. Dessa forma, verificou-se que a espécie tem um nicho bioclimático diverso e pode ser amplamente utilizada em programas de recuperação de áreas degradadas em diversos domínios fitogeográficos. A população de *Tapirira guianensis* apresenta o maior número de indivíduos nas menores classes de diâmetro e o padrão de distribuição da espécie é do tipo agregado na Reserva Biológica de Saltinho, Pernambuco, Brasil. Quanto à técnica de resgate de plântulas, percebeu-se que a redução da área foliar em 50 % contribui para o desenvolvimento e estabelecimento da muda e que é uma ferramenta útil para os programas de restauração florestal. O ambiente interfere no desenvolvimento da planta, sendo a casa de sombra o melhor ambiente para o crescimento e desenvolvimento das mudas. Dentro da população de *Tapirira guianensis* na Reserva Biológica de Saltinho, os genótipos 8 e 10 podem ser selecionados como melhores indivíduos para obtenção de material propagativo.

**Palavras-chave:** distribuição geográfica, efeito do ambiente, espécie florestal nativa, população florestal, transplante de plântulas.

RALPH, LIDIANA NAYARA. *Tapirira guianensis* Aubl.: an autecological and silvicultural approach. 2022. Advisor: Ana Lícia Patriota Feliciano. Co-advisor: Ricardo Gallo.

#### ABSTRACT

As very high levels of passing of life cause, the reduction of the population of species of the years, this future condition and the reduction of genetic variability and polymorphism. Thus, this research aimed to analyze the aspects of the autecology of a population of *Tapirira guianensis* and its geographic distribution, as well as to evaluate the technique of rescuing seedlings for the species. The work was organized in specific locations according to the objectives: In chapter I, the influence of bioclimatic variables on the occurrence distribution of *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae). Chapter II analyzed the population structure, a spatial distribution of a natural population in a fragment of natural forest in a fragment of natural slaughter in the state of Pernambuco, Brazil, in chapter III the potential of the population as a source of propagules, to the production of seedling plants the restoration of degraded areas and the possible effects of height classes and intensity of leaf species reduction on the development of *Tapirira guianensis* evaluation and in chapter IV the effects of environments and genotypes on the development of *Tapirira guianensis* plants. In this way, different programs are used in various bioclimatic recovery niches and can be used in diverse areas of use in different phytogeographic domains. The population of *Tapirira guianensis* has the largest number of individuals in the smallest diameter classes, the distribution pattern of the species is aggregate type in the Saltinho Biological Reserve, Pernambuco, Brazil. As for the seedling rescue technique, it was noticed that the reduction of the leaf area by 50 % contributes to the development and establishment of the seedling and that it is a useful tool for forest restoration programs. The environment interferes in the development of the plant, and the shade house is the best environment for growth, within the population of *Tapirira guianensis* in the Saltinho Biological Reserve, genotypes 8 and 10 can be selected as the best individuals to obtain propagation material.

**Keywords:** geographic distribution, environmental effect, native forest species, forest population, seedling transplantation.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	9
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	13
2.1 A espécie <i>Tapirira guianensis</i> Aubl.....	13
2.2 Distribuição, importância fitogeográfica e descritores estruturais .....	15
2.3 Resgate de plântulas .....	18
2.4 Estrutura populacional.....	20
2.5 Distribuição espacial .....	23
2.7 Interação genótipo x ambiente.....	26
2.8 Parâmetros genéticos .....	27
2.9 Diversidade genética .....	29
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	32
<b>CAPÍTULO I</b> .....	51
OCORRÊNCIA DE <i>Tapirira guianensis</i> Aubl. NO BRASIL E INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS	
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	54
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	56
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	58
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	67
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	68
<b>CAPÍTULO II</b> .....	72
ESTRUTURA POPULACIONAL E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE <i>Tapirira</i> <i>guianensis</i> Aubl.	
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	75
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	78
2.1 Área de estudo .....	78



2.2 Coleta e análise de dados.....	79
2.3 Estrutura diamétrica.....	80
2.4 Análise estrutural.....	81
2.5 Distribuição espacial .....	81
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>83</b>
<b>4. CONCLUSÃO.....</b>	<b>92</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>93</b>
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>98</b>

CLASSES DE ALTURA E INTENSIDADES DE REDUÇÃO FOLIAR NO  
RESGATE DE PLÂNTULAS DE *Tapirira guianensis* Aubl.

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>101</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>105</b>
2.1 Área de coleta.....	105
2.2 Resgate de plântulas .....	106
2.2 Transporte.....	107
2.4 Transplante das plântulas .....	107
2.5 Tratos culturais .....	108
2.6 Variáveis analisadas .....	108
2.7 Análises estatísticas .....	111
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>112</b>
<b>4. CONCLUSÃO.....</b>	<b>126</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>127</b>
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>133</b>
INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE EM MUDAS DE <i>Tapirira guianensis</i> Aubl. RESGATADAS EM FLORESTA ATLÂNTICA PARA FINS DE RESTAURAÇÃO	
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>136</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>139</b>

2.1 Área de coleta .....	139
2.2 Resgate de plântulas .....	140
2.3 Transporte.....	141
2.4 Transplante das plântulas .....	142
2.5 Tratos culturais .....	142
2.6 Variáveis analisadas .....	143
2.7 Análises estatísticas e genéticas .....	146
2.8 Índice de seleção de matrizes .....	148
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>149</b>
3.1 Variáveis analisadas .....	149
3.2 Parâmetros genéticos .....	165
3.3 Correlação genotípica.....	169
3.4 Divergência genética e análise multivariada .....	170
3.5 Índice de seleção.....	176
<b>4. CONCLUSÃO.....</b>	<b>178</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>179</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>188</b>

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O isolamento de comunidades biológicas reduz a biodiversidade e altera os processos biológicos, provocando novos padrões de distribuição e estrutura populacional de espécies florestais em diferentes ambientes (MORETTI et al., 2020). Assim, torna-se preciso conhecer as características de cada espécie para que as tomadas de decisões em planos de manejo, práticas conservacionistas e silviculturais sejam adotadas adequadamente (NEGRINI et al., 2012; CRUZ et al., 2021).

A estrutura populacional e a distribuição espacial estão entre as principais análises realizadas em estudos ecológicos, por fazer inferência sobre passado, presente e futuro das espécies florestais (VIEIRA et al., 2021) e por serem altamente influenciadas pelo comportamento ecológico dos agentes de fluxo gênico (VASCONCELOS et al., 2020). Com isso, a realização de intervenções em áreas florestais deve ser precedida de informações acerca da diversidade, frequência, dominância, distribuição diamétrica e padrão espacial das espécies.

Dessa forma, a estrutura de uma população, embora seja uma informação estática, é o resultado dos processos demográficos aos quais os indivíduos estão sujeitos, refletindo no balanço entre as taxas vitais (COOMES; ALLEN, 2007). Estudos populacionais podem enfocar várias características de uma dada população, como estrutura de tamanho (números de indivíduos de diferentes tamanhos), de idade (número de indivíduos em cada estágio do ciclo de vida), espacial (variação de densidade e distribuição dos indivíduos) ou genética (frequência de alelos na população) (AQUINO et al., 2002; ARANTES; SCHIAVINI, 2011).

Assim, por agregar uma série de informações, a análise dessas estruturas pode ser empregada para avaliar quatro parâmetros demográficos básicos: recrutamento, morte e padrões de imigração e emigração dentro da população (SILVERTOWN; CHARLESWORTH, 2005).

A partir desse conhecimento, é possível compreender como a população arbórea está se regenerando, verificar as condições em que se encontra a floresta, bem como determinar quais indivíduos devem ser mantidos na área ou podem ser explorados, de forma que a reprodução seja garantida (OLIVEIRA et al., 2021), possibilitando a identificação e seleção de indivíduos que expressam elevados padrões de qualidade, denominados de plantas matrizes.

Segundo a Lei nº 10.711 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a planta matriz é aquela fornecedora de material de propagação, que mantém características da

planta mãe, garantindo a variabilidade genética para gerações futuras (BRASIL, 2003). Normalmente, os atributos avaliados para seleção de árvores adultas são a altura, diâmetro, forma do tronco, forma da copa e sanidade (ARAÚJO et al., 2013).

No entanto, partindo do princípio de que a variabilidade genética de uma espécie se dá pelo tempo e espaço (EPPERSON; ALLARD, 1989), a distribuição espacial dos genótipos em uma população que é influenciada pela síndrome de dispersão deve ser um critério para seleção de plantas matrizes.

A dispersão das espécies arbóreas dentro de uma população, em maioria, é restrita à vizinhança da planta matriz, com isso, pode-se supor que árvores próximas apresentam menor diversidade genética do que árvores distantes (GRAUDAL et al., 1997). Devido à grande exploração dos recursos naturais, surge o processo de fragmentação, que provoca a perda de parte dessa diversidade, no entanto, com o intuito de minimizar esse processo, alguns estudos vêm sendo realizados com o objetivo de reestruturar os sistemas florestais com uso de espécies arbóreas (CROUZEILLES et al., 2019; SAFAR; MAGNANO; SCHAEFER, 2020; SALOMÃO; BARBOSA; CORDEIRO, 2020; BRAGA et al., 2021).

As elevadas taxas de desmatamento e exploração seletiva, que são perturbações crônicas, provocam a redução da população de espécies, afetando as gerações futuras e, ao passar dos anos, essa condição pode reduzir a variabilidade genética e o polimorfismo, promovendo o surgimento de organismos menos vigorosos e populações com indivíduos semelhantes (SILVA et al., 2017a).

Assim, a composição genética de uma determinada espécie é de fundamental importância para a sobrevivência de indivíduos em condições variáveis, assim como para a biologia evolutiva e conservacionista (SILVA et al., 2017b).

Os processos de recuperação de uma área degradada podem ser iniciados por meio de diferentes métodos, como a intervenção antrópica, por meio do reflorestamento com mudas e manejo adequado ou pelo processo da regeneração natural. Entretanto, o aproveitamento das espécies nos programas silviculturais é dificultado pela baixa produção de sementes ao longo dos anos, definição da época ideal de colheita, heterogeneidade no processo de maturação, dormência e recalcitrância das sementes, podendo, dessa forma, resultar no insucesso de operações de restauração florestal (PINHAL et al., 2011; SILVA et al., 2015b).

Desta forma, buscando minimizar os problemas encontrados na propagação de espécies florestais e maximizar a riqueza das mesmas em projetos de restauração, estudos vêm sendo desenvolvidos no intuito de estabelecer técnicas para a propagação de espécies

florestais nativas (KETTENHUBER; SOUSA; SUTILI, 2019; PIMENTA et al., 2019; BARBOSA et al., 2020; SOUZA et al., 2020).

Além disso, tem-se adotado a técnica de resgate de plântulas em áreas florestais com estágio sucessional avançado, ou mesmo em processo de recuperação, como estratégia para produção de mudas de espécies florestais nativas que apresentam limitações quanto à propagação sexuada e assexuada, como forma de tentar acelerar o processo de recuperação das áreas degradadas. O transplante de plântulas de florestas nativas e áreas de supressão vegetal são alternativas viáveis do ponto de vista ecológico e econômico (MIRANDA-NETO; MARTINS; SILVA, 2019).

A técnica de resgate de plântulas possibilita a conservação do material genético, que é fundamental para a constituição da diversidade necessária em um programa de restauração florestal (ZIMMERMAN et al., 2017), além de dispensar as etapas de coleta, beneficiamento e armazenamento de sementes (CELEGARI et al., 2011). Além disso, as plântulas em fase de desenvolvimento no sub-bosque das florestas podem preservar a genética e a florística de fragmentos florestais (VIANI; BRANCALION; RODRIGUES, 2012).

Mesmo sabendo da importância da técnica de resgate, pouco se conhece sobre as metodologias aplicadas para cada espécie, ainda não foram determinados os parâmetros ideais, como tamanho de plântula, época de transplante e manejo das plântulas antes e após o plantio (VIANI; BRANCALION; RODRIGUES, 2012). Pesquisas nesse contexto podem contribuir e facilitar futuros projetos de restauração florestal, colaborando com o melhor aproveitamento dos recursos investidos e, principalmente, a efetiva restauração ecológica das florestas degradadas, além de produzir conhecimento e subsidiar projetos de pesquisa.

Diante do exposto, a estrutura populacional e padrão de distribuição espacial das espécies arbóreas nativas são fundamentais para o entendimento da ecologia de populações florestais, podendo ser aplicados na avaliação dos processos dinâmicos naturais, auxiliando na compreensão de aspectos ecológicos, na seleção de plantas matrizes, como também para conhecer o comportamento das populações vegetais.

A *Tapirira guianensis* Aubl. é uma espécie florestal nativa, pertencente à família Anacardiaceae, que apresenta grande distribuição pelo País (SILVA-LUZ; PIRANI, 2013). É classificada como pioneira/secundária inicial e pode ser empregada na recuperação de áreas degradadas e matas ciliares (SANTANA et al., 2009; SANTOS; FERREIRA, 2013).

Com a escassez de sementes e irregularidade de produção destas, estudar a técnica de resgate de plântulas de *Tapirira guianensis* Aubl. em áreas nativas contribui para os programas de conservação, restauração e melhoramento genético, assim como para o manejo

dos ambientes naturais, além de colaborar com as estratégias de seleção de genótipos com características superiores, tendo em vista a exploração intensa dos habitats e a carência de informação de programas efetivos de conservação das espécies nativas.

Dessa forma, esse estudo foi fundamentado nas seguintes hipóteses: 1) a distribuição geográfica da espécie no Brasil é influenciada pelo clima; 2) a população de *Tapirira guianensis* da Reserva Biológica de Saltinho concentra o maior número de indivíduos nas menores classes de altura e diâmetro; 3) o resgate de plântula é um método viável para a obtenção de material vegetal da espécie *Tapirira guianensis* e é influenciado pelo tamanho da plântula e redução de folhas/técnicas em viveiro; e 4) existe efeito da interação genótipo x ambiente no desenvolvimento e crescimento de mudas de genótipos de *Tapirira guianensis*.

Assim, essa pesquisa teve como objetivo geral analisar descritores de uma população de *Tapirira guianensis* e sua distribuição geográfica, bem como avaliar a técnica de resgate de plântulas para a espécie. E, como objetivos específicos, analisar a estrutura populacional de *Tapirira guianensis* em uma área de Mata Atlântica; analisar o padrão de distribuição espacial para uma população de *Tapirira guianensis*; verificar as variáveis bioclimáticas que interferem na distribuição geográfica da espécie no Brasil; selecionar genótipos de *Tapirira guianensis* com base na distribuição espacial; avaliar a sobrevivência e características morfológicas de plântulas de *Tapirira guianensis* pela técnica do resgate de plântulas; e avaliar a diversidade genética das plantas matrizes de acordo com o desenvolvimento das progênies.

O trabalho foi estruturado em quatro capítulos: Capítulo I – Distribuição geográfica dos sítios de ocorrência da espécie *Tapirira guianensis* Aubl.; Capítulo II – Estrutura populacional e distribuição espacial da espécie *Tapirira guianensis* Aubl.; Capítulo III - Classes de altura e intensidades de redução foliar no resgate de plântulas de *Tapirira guianensis* Aubl.; e Capítulo IV – Interação genótipo x ambiente em mudas de *Tapirira guianensis* Aubl. resgatadas em floresta atlântica para fins de restauração.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A espécie *Tapirira guianensis* Aubl.

A família Anacardiaceae compreende aproximadamente 80 gêneros, 800 espécies e apresenta distribuição pantropical, ocorrendo, ocasionalmente, em regiões temperadas (PELL et al., 2011). No Brasil, encontram-se 15 gêneros representados por *Anacardium*, *Lithraea*, *Schinus*, *Spondias* e *Tapirira* (SILVA-LUZ; PIRANI, 2013) e cerca de 70 espécies conhecidas por seus frutos e sementes comestíveis, destacando-se as frutíferas arbóreas de importância econômica, como *Anacardium occidentale* L. e *Spondias mombin* L., tendo a *Tapirira guianensis* Aubl. como a espécie nativa mais comum da família (GUIMARÃES et al., 2020).

Presente em todas as formações florestais, abundante em florestas primárias e secundárias e distribuída por todo Brasil, a espécie é considerada generalista por apresentar maiores tolerâncias às alterações do ambiente, bem como uma maior amplitude ecológica (KURTZ; GOMES; SCARANO, 2013; OLIVEIRA; FAGUNDES; VELOSO, 2021), e é conhecida popularmente como tapiriri, tapirira, copiúva, guapiruba, cedrói, aroeirana, fruta-de-pombo, cupiúba e pau-pombo.

A *Tapirira guianensis* é uma árvore tropical, dióica, perenifólia, heliófita de folhas compostas e largas (RAFFELSBAUER et al., 2019), que mede de 8 a 30 metros de altura, com tronco de 40 a 60 centímetros (SANTANA et al., 2009; SILVA-LUZ; PIRANI, 2013). De acordo com o grupo sucessional, pode ser classificada como pioneira a secundária inicial, de rápido crescimento (FERNANDES; VENTURIERI; JARDIM, 2012; SILVA et al., 2018).

Para os aspectos dendrológicos, podem-se destacar as características do fuste, que pode ser reto ou tortuoso de forma cônica com crescimento monopodial, com a presença de sapopemas em sua base. O ritidoma é rijo, espesso e estriado, a casca viva é lisa e apresenta exsudação de resina. A copa é do tipo simples com folhagem verde-opaca e ramificação do tipo racemosa, densifoliada e esgalhamento do tipo alterno. Os ramos são lisos e em formato circular.

As folhas são compostas e os folíolos têm inserção peciolada, ápice acuminado, base cuneada, superfície lisa, filotaxia alterna, apresentam estipula apical, são compostas, pinadas, imparipinadas com 3 a 13 folíolos membranáceos, glabros, elípticos e oblongos a oblanceolados. As inflorescências são pequenas, com aproximadamente 3 milímetros de diâmetro, apresentam pedúnculo, são actinomorfas, pentâmeras, dialipétalas e gamossépalas.

As inflorescências podem ser consideradas masculinas, femininas ou ainda andróginas (TOLKE et al., 2021). Ocasionalmente, são encontradas inflorescências do tipo andróginas em indivíduos masculinos e femininos, acredita-se que a separação dos sexos nesta espécie pode ser relativamente recente e evoluída a partir da bissexualidade.

A antese ocorre em novembro e se estende até maio, com pico no mês de fevereiro, já a frutificação se inicia no mês de fevereiro e se estende até abril, com picos no período de março, a maturação dos frutos inicia em março e vai até o período de julho (SANTOS; FERREIRA, 2013; PAJEWSKI et al., 2019).

O fruto é uma drupa elipsóide quase esférica, que mede aproximadamente 10,20 - 13,00 milímetros de comprimento e 7,64 - 12,00 milímetros de largura, são indeiscentes e de superfície glabra. A coloração do exocarpo varia do verde quando imaturos ao roxo-escuro quando amadurecem e as sementes têm formato elipsoidal, com tegumento fino e estriado. Caracterizam-se pela ausência de endosperma, embrião curvo, eixo embrionário falciforme, eixo hipocótilo-radícula externo aos cotilédones, plúmula não desenvolvida e gema apical rudimentar. Santos-Moura et al. (2012) classificaram as sementes de *Tapirira guianensis* como recalcitrantes e afirmaram que a viabilidade e o vigor são reduzidos à medida que o teor de água é reduzido.

Quanto ao uso, a espécie possui um grande potencial para meliponicultura de acordo com a pesquisa de Silveira-Júnior et al. (2020), que avaliaram os espectros polínicos do grão de pólen de espécies florestais nativas com potencial apícola, madeireiro e para produção de lenha (SCHMITT et al., 2018). Gonçalves; Marcati e Scheel-Ybert (2012) identificaram as características da madeira carbonizada e perceberam um potencial para produção de carvão vegetal.

Além disso, diversos estudos vêm sendo realizados com o uso da *Tapirira guianensis*, como Tolke et al. (2015), que estudaram a composição do disco floral e avaliaram as principais substâncias excretadas, Anselmo-Moreira et al. (2018), que quantificaram os metabólitos primários e secundários, e Silva et al. (2021), que avaliaram a composição morfofisiológica e perceberam plasticidade de acordo com as alterações climáticas.

Já Silva et al. (2020) observaram a composição química de sementes e encontraram elevadas concentrações de ácidos graxos insaturados, que atuam no “colesterol ruim” (LDL) e no “colesterol bom” (HDL). Ademais, pesquisas têm demonstrado a presença de compostos secundários das famílias dos taninos, cumarinas, flavonas, flavonóis, flavanonas, saponinas, esteróides e alcalóides nas folhas de *Tapirira guianensis* (LONGATHI et al., 2011).



Calassara et al. (2020) isolaram e caracterizaram flavonóides presentes nas folhas e investigaram o potencial de redução da disfunção endotelial por meio da redução do tônus vascular e do estresse oxidativo. Resultados animadores também foram observados com o uso do extrato de folhas, sementes e cascas da *Tapirira guianensis*, que apresentaram atividade citotóxica, mostrando eficácia no uso contra linhagens de células tumorais (DAVID et al., 1998; MAHMOUD et al., 2011; SILVA-OLIVEIRA et al., 2016; ROSA et al., 2021; KATO et al., 2021), além da ação anti-inflamatória (TAYLOR et al., 2013), antioxidante e vasodilatadora (RODRIGUES et al., 2017).

Além disso, essa espécie é amplamente utilizada em projetos de reflorestamento (SOUZA et al., 2010; SANTOS; FERREIRA, 2013; BARROS; CORRÊA; CRUZ, 2016; CARVALHO et al., 2017; VASCONCELOS et al., 2020), apresenta eficiência no uso da água (AGUIAR et al., 2016), plasticidade fenotípica (SANTOS et al., 2021) e pode ser indicada para projetos de recuperação de áreas com solos com pouca disponibilidade de nitrogênio (LIMA et al., 2018).

## **2. 2 Distribuição, importância fitogeográfica e descritores estruturais**

Entende-se por fitogeografia o estudo da distribuição geográfica e dos fatores que interferem na ocorrência das espécies vegetais, englobando a morfologia, fisiologia, climatologia e pedologia (PEREIRA; SILVA; MOURA, 2018). A importância deste estudo está atrelada ao conhecimento da adaptação e plasticidade das diversas espécies em relação às condições bióticas e abióticas, auxiliando no planejamento de conservação dos biomas (RIZZINI, 1997; LINDOSO; FELFILI, 2007).

Diante disso, o conhecimento acerca da distribuição fitogeográfica é fundamental para determinar o histórico de evolução, migração e interação biológica das espécies que constituem as formações vegetais.

A *Tapirira guianensis* Aubl. tem ampla distribuição na América Central, Amazônia Colombiana e Venezuelana, Guianas e no Brasil. No Brasil, a espécie ocorre em diversas formações vegetais, como os domínios fitogeográficos da Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, com destaque para as formações florestais, cerradão e em áreas de terrenos úmidos nas matas ripárias (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 1995; DURINGAN et al., 2004).

A Amazônia é formada por florestas tropicais úmidas, sazonais e savanas, caracterizada pelo seu clima equatorial, com temperaturas médias anuais que variam entre 21

e 28 °C e precipitação anual entre 1.027 e 3.731mm (OLIVEIRA; OLIVEIRA-FILHO; EISENLOHR, 2020).

Em estudos no bioma Amazônico, foi encontrada a espécie *Tapirira guianensis* em um mosaico composto por savana, floresta semidecídua e floresta de igapó (LIMA et al., 2020), floresta ombrófila densa não aluvial (LAU; FERREIRA; JARDIM, 2020), floresta de várzea (LAU; JARDIM, 2013), floresta ombrófila densa aluvial (BATISTA et al., 2011) e em ecótono Amazônia-Cerrado, compreendendo cerrado típico, cerradão e floresta estacional semidecidual (CARNEIRO et al., 2019).

O bioma Caatinga é formado por floresta tropical seca sazonal e savana estépica sob clima semiárido quente, com temperaturas médias anuais variando de 19 a 28 °C e precipitação variando de 372 a 1.664 mm. Pesquisas mostram a presença de *Tapirira guianensis* em região semiárida de ecótono de floresta sazonal-Caatinga (COLA, 2020), complexo vegetacional de Caatinga, Cerrado e Restinga (ARAÚJO et al., 2020; OLIVEIRA; LUCENA; SAMPAIO, 2020) e floresta mista de Cerrado-Caatinga (PASSOS; UGIDOS, 1997).

O domínio Cerrado é formado por savanas tropicais, savanas florestadas (Cerradão), matas de galerias (florestas ribeirinhas) e florestas sazonais. O clima característico é do tipo tropical sazonal, com precipitação variando entre 696 e 2.443 mm e temperatura entre 17 e 29 °C. A espécie *Tapirira guianensis* foi uma das espécies de maior importância nos trabalhos de Pinto; Lima e Meira-Neto (2020) e Pazini et al. (2020) em áreas de Cerrado, Ferreira et al. (2020) em área de Cerrado *sensu stricto*, Vasconcelos et al. (2020) em área de Cerradão, Távora e Koide (2020) em mata de galeria, Silva et al. (2020) em formações savânicas e Pio et al. (2020) em matas ciliares.

A Mata Atlântica é constituída por formações florestais tropicais e sazonais, como floresta ombrófila densa, floresta ombrófila mista, floresta ombrófila aberta, floresta estacional semidecidual e floresta estacional decidual, além das restingas e manguezais. Devido à extensão latitudinal, ocorre uma variação climática, podendo ser do tipo tropical úmido, subtropical de altitude, inverno seco subtropical ou temperado. A temperatura varia de 11 a 28 °C e a precipitação média anual está entre 643 e 3.525 mm (IBGE, 2004).

Por apresentar uma ampla distribuição fitogeográfica, a espécie *Tapirira guianensis* pode ser encontrada em floresta estacional semidecidual (SANTANA et al., 2020; ONO; SILVA; GUIMARÃES, 2020), floresta estacional semidecidual montana (ARAÚJO; QUEIROZ; LOPEZ, 2019; CASTRO et al., 2020), floresta ombrófila aberta (LIMA et al., 2020), floresta ombrófila densa montana (KONDRAT; ARAGAKI; GOMES, 2020), restinga

(ALMEIDA-JÚNIOR; PIMENTEL; ZICKEL, 2007; MEDEIROS et al., 2010) e floresta ombrófila densa das terras baixas (PAULA; SOARES, 2011; LOPES et al., 2016).

As florestas pantanosas estão sujeitas à inundação devido ao aumento do lençol freático durante a estação das chuvas, são naturalmente fragmentadas e associadas aos solos hidromórficos. Apresenta uma grande interação com outros domínios fitogeográficos, como cerrado, florestas tropicais e caatinga. O clima característico é o tropical continental, com temperatura média de 23 a 25 °C e precipitação em torno de 1.000 mm anuais. Indivíduos de *Tapirira guianensis* foram encontrados em áreas de pantanal por Pott; Pott; Damasceno-Júnior (2009) e Kurtz; Gomes; Scarano (2013).

A importância fitogeográfica associada à *Tapirira guianensis* está relacionada a sua adaptabilidade aos diversos ambientes. Essa espécie é polinizada por uma variedade de insetos generalistas e a dispersão dos frutos e sementes é do tipo zoocórica, realizada principalmente por aves. Os frutos são procurados pela fauna, atraindo agentes dispersores, estimulando a biodiversidade e promovendo estabilidade ecológica (GUZZO, 1999; MENZ et al., 2011), permitindo que o ecossistema se mantenha em equilíbrio mesmo com alterações ambientais.

Baseado nisso e por ser uma espécie nativa, a *Tapirira guianensis* é, frequentemente, recomendada para restauração e recuperação de áreas degradadas, atividades de conservação e expansão de formações florestais (TADAIESKY et al., 2020; LIMA et al., 2022).

Por se tratar de uma espécie pioneira/secundária inicial, apresenta crescimento inicial rápido e se desenvolve em locais com intensa luminosidade, fornecendo sombreamento e melhores condições para espécies de estágio sucessional avançado. A *Tapirira guianensis* é uma planta melífera, fornecendo néctar e pólen em abundância, favorecendo a dinâmica ecológica da comunidade arbórea florestal, além disso contribui para o armazenamento de água, proteção e enriquecimento nutricional do solo, auxiliando no desenvolvimento das demais espécies (FERNANDES; VENTUERI; JARDIM, 2012).

No Estado de Pernambuco, a *Tapirira guianensis* ocorre em diferentes habitats, assim como observado no trabalho de Costa-Júnior et al. (2008), que, avaliando a estrutura de um fragmento de floresta ombrófila densa, conhecido localmente como Mata das Caldeiras, localizado no Município de Catende-PE, percebem como a espécie se destacou por ser a de maior densidade, frequência e dominância da formação florestal. Os resultados desse trabalho também mostram sua representatividade em relação às demais, sendo encontrada em todos os estratos da floresta (dossel, sub-bosque e emergentes).

Além disso, em Pernambuco, a espécie *Tapirira guianensis* foi encontrada em áreas de restinga, como observado nos trabalhos de Sacramento; Zickel e Almeida-Júnior (2007), Almeida-Júnior; Pimentel e Zickel (2007) e Cantarelli et al. (2012), que tinham como objetivo listar as espécies que compõem a restinga da praia do Paiva, da Ilha de Itamaracá e praia de Guadalupe, respectivamente.

Diante do exposto, destaca-se a importância da *Tapirira guianensis*, baseada no seu estágio sucessional, ampla distribuição e adaptação nas diversas formações vegetais, estando menos suscetível ao esgotamento genético.

### **2.3 Resgate de plântulas**

Com a degradação ambiental, iniciada desde a Revolução Industrial no século XVIII, surgiu a necessidade de recuperar áreas degradadas e conservar as florestas existentes e isso estimula e desperta o interesse no desenvolvimento de métodos que otimizem as técnicas de propagação das espécies florestais nativas (MONTEIRO, 2011; SCCOTI et al., 2011).

As dificuldades de se obter mudas diversificadas, de qualidade e em quantidade para atender aos projetos de restauração deixam nítido que o investimento na produção de mudas é fundamental para projetos futuros, garantindo diversidade e a sustentabilidade desses ecossistemas (SOUZA; BATISTA, 2004).

A variabilidade intraespecífica, os diversos mecanismos de dormência, elevados índices de predação e o conhecimento limitado acerca da fenologia e ecofisiologia da maioria das espécies florestais são os principais entraves para produção de mudas de espécies nativas (OLIVEIRA et al., 2003; ZAMITH; SCARANO, 2004; VIANI; RODRIGUES, 2007).

Devido a esses motivos, a busca por metodologias, processos e técnicas que maximizem a diversidade e a disponibilidade de mudas para a restauração florestal é um desafio para os pesquisadores. Com isso, o resgate de indivíduos em formações florestais passa a ser recomendado (RODRIGUES; GANDOLFI, 2004; SANTOS, 2019).

O resgate de plântulas é uma técnica bastante antiga, definida como a remoção de espécies arbóreas nativas que regeneram em fragmentos florestais para a adaptação e desenvolvimento em viveiros ou diretamente em campo, com posterior transferência para local definitivo (ADJERS et al., 1998; RIBEIRO et al., 2011; VIANI; BRANCALION; RODRIGUES, 2012).

Nesse estágio de desenvolvimento, a plântula se encontra bastante vulnerável a modificações ambientais e o resgate provoca elevado nível de estresse devido a essa mudança,

podendo ocasionar altas taxas de mortalidade. Portanto, no viveiro, as plântulas passam por um período mínimo de três meses recebendo as condições ideais de sol, água, umidade e nutrientes, após essa etapa, as mudas passam por um processo de rustificação, com exposição a pleno sol, restrições hídricas e nutricionais, para se adaptarem às condições naturais do plantio definitivo (CALEGARI, 2009).

Assim, a técnica de resgate e transferência de indivíduos é uma alternativa promissora, que pode contribuir com o aumento da diversidade e disponibilidade de mudas. Além disso, traz algumas vantagens para o processo de formação de mudas, como a eliminação de etapas do processamento de sementes (coleta, beneficiamento, quebra de dormência, tratamento pré-germinativo e armazenamento) (CALEGARI et al., 2011).

Para aquelas espécies que têm um déficit de disponibilidade de material vegetal por causa da irregularidade na produção e germinação de sementes, a utilização dessa técnica reduz os custos de produção e possibilita a conservação genética, mesmo assim, a produção de mudas por meio do resgate de plântulas é pouco expressiva no Brasil (MARTINS, 2010; CALEGARI et al., 2011).

O resgate da flora nativa possui alguns gargalos que dificultam a implantação dessa técnica em larga escala. Dentre eles, a escassez de metodologias específicas (SANTOS, 2019) e taxa de sobrevivência (VIANI; BRANCALION; RODRIGUES, 2012). A resposta de uma mesma espécie pode variar de acordo com metodologia de resgate aplicada (OLIVEIRA, 2014; VIANA et al., 2015; ZIMMERMANN et al., 2017). Assim, dada a importância do resgate e a alta diversidade de espécies nativas, é preciso que outros estudos sejam desenvolvidos para que metodologias e protocolos de resgate sejam estabelecidos (SILVA et al., 2017).

Os diferentes resultados encontrados mostram que o resgate de plântulas está relacionado a muitas variáveis que interferem na sobrevivência dos indivíduos, como na diversidade das espécies coletadas. Mesmo não existindo tanta clareza em relação à forma como essas variáveis interagem e afetam a viabilidade da técnica, os resultados são satisfatórios (VIANI; BRANCALION; RODRIGUES, 2012; SANTOS et al., 2014; SANTOS et al., 2019).

Entre as variáveis para o sucesso do desenvolvimento das plantas após o resgate está o corte das folhas, que é uma prática que pode ser adotada durante o processo de transplante, pois reduz o estresse hídrico e contribui para a visualização da emissão de folhas novas (SILVA et al., 2015).

Ademais, a intensidade luminosa, temperatura, concentração de CO<sub>2</sub>, umidade e tipo de substrato são fatores que afetam e influenciam no crescimento e desenvolvimento vegetal (PIEREZAN; SCALON; PEREIRA, 2012). Com esse tipo de informação, é possível reduzir as taxas de mortalidade, aumentar a qualidade das mudas e reduzir os custos (SABINO et al., 2016).

No estudo de Paula, Paiva e Maranhão (2013), foi observado que as plântulas de *Alchornea castaneifolia* (Willd.) A. Juss., contidas na classe acima de 15 cm de altura em substrato areia, apresentaram as maiores médias de crescimento, entretanto, as plântulas da classe de altura de 10-15 cm apresentaram 100% de sobrevivência, sendo recomendado esse intervalo de altura para o resgate e propagação dessa espécie em viveiro.

Ramos et al. (2014) estudaram o desenvolvimento de plântulas de *Mezilaurus itauba* Meisn. provenientes da regeneração natural e perceberam que a presença do cotilédono e o substrato solo florestal foram a melhor combinação para o crescimento em parte aérea, raiz, diâmetro e taxa de sobrevivência.

A técnica de resgate de plântulas da regeneração natural se mostrou bastante viável para espécies das famílias Fabaceae e Lauraceae, que são de grande importância para os programas de revegetação. Foram obtidas elevadas taxas de sobrevivência e crescimento, dispensando as etapas convencionais de produção por sementes, minimizando os custos de produção (SANTOS et al., 2014).

Silva et al. (2015) resgataram plântulas de *Lychnophora pohlii* Sch. Bip. e observaram que a classe de altura entre 2,5 e 20 cm, sem redução foliar, foi responsável pelos melhores resultados de incremento em altura e diâmetro quando comparadas com as plântulas classe de altura entre 25 e 55 cm.

Contudo, os estudos de resgate de plântulas que possam direcionar e esclarecer a viabilidade desse potencial estratégia, com foco nas espécies da família Anacardiaceae, são de fundamental relevância, uma vez que as espécies dessa família apresentam capacidade de se estabelecer em ambientes com diferentes níveis de degradação, podendo ser utilizadas nos programas de restauração (SILVA et al., 2018).

## **2.4 Estrutura populacional**

Em ecologia, uma população pode ser definida como um grupo de indivíduos da mesma espécie que ocupam uma determinada área em um determinado momento do tempo e que apresentam alta probabilidade de cruzamentos entre si, em comparação com a

probabilidade de cruzamentos com indivíduos de outra população (POMMERENING; GRABARNIK, 2019). Entender as particularidades referentes à estrutura, dinâmica e diversidade da comunidade florestal é fundamental para apoiar o conjunto de decisões e ações estratégicas que visam promover a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais, além de monitorar a biodiversidade (MAÇANEIRO et al., 2020).

As características ecológicas das espécies, tais como nicho, habitat, reprodução, distribuição e estrutura, são imprescindíveis para entender os processos ecológicos e organizacionais das comunidades vegetais, porém, ainda são escassos estudos sobre estrutura populacional que auxiliem na caracterização dos ecossistemas brasileiros, especialmente nas florestas tropicais do Brasil (DUARTE et al., 2019).

A degradação e fragmentação florestal são processos generalizados que, inevitavelmente, levam à perda de biodiversidade, mudanças climáticas e esgotamento dos serviços ecossistêmicos (FERRAZ et al., 2014; JOLY; METZGER; TABARELLI, 2014; MAGNAGO et al., 2014).

Essas perdas trazem inúmeros desafios para conservação, como a transformação das comunidades de plantas, alterando não apenas os processos ecológicos que mantêm os serviços ecossistêmicos adequados, mas também afetando o desenvolvimento socioeconômico e o bem-estar dos seres humanos (PEREKI et al., 2013; KARUKU, 2018).

Além disso, a heterogeneidade do habitat (ROMERO et al., 2016) e as atividades naturais, como deslizamentos de terra, formação de clareiras devido à queda de árvores, deposição de serapilheira, inundações, incêndios florestais, tempestades e espécies invasoras, também afetam a diversidade de espécies, a estrutura populacional, a distribuição espacial e a regeneração natural de um ecossistema florestal (DUTTA; DEVI, 2013).

Assim, o conhecimento sobre a estrutura populacional, que é a distribuição dos indivíduos de uma determinada floresta, é importante para o desenvolvimento de estratégias de gestão e conservação da biodiversidade (PAUL; KHAN; DAS, 2019).

Uma espécie pode apresentar diferenças na estrutura populacional entre diferentes sítios, pois os aspectos de adaptação e a relação de uma espécie com outra (DUTTA; DEVI, 2013) indica a história de perturbação de espécies e seu ambiente, que pode ser usado para prever a tendência da população de determinadas espécies (BOGALE; DATIKO; BELACHEW, 2017; COCHEV et al., 2019).

O conhecimento da estrutura populacional auxilia nas ações de uso e conservação de uma determinada espécie no seu ambiente, contribuindo para caracterizar seu comportamento

e possibilitando projeções futuras para população em questão, principalmente em florestas nativas (MONTAGNA et al., 2018; REIS et al., 2018).

Avaliar a estrutura de tamanho de uma população de indivíduos florestais é prever a permanência da espécie na floresta, sabendo que o déficit de indivíduos de pequeno porte pode indicar menores taxas de sobrevivência e recrutamento, em contrapartida, a ausência de indivíduos de maior porte e reprodutivamente ativos e viáveis indica a deficiência na produção de propágulos e fluxo gênico (VARELLA et al., 2018).

Aspectos como distribuição de árvores em classes de tamanho são fundamentais para compreender como as espécies florestais nativas vivem em comunidade (SCOLFORO; MELO, 1997). Além disso, a distribuição diamétrica, idade e densidade de indivíduos de uma população vegetal são alguns dos parâmetros importantes para avaliar a viabilidade do manejo, bem como a definição de propósitos econômicos e financeiros (BAILEY; DELL, 1973; ABREU, 2014; LIMA; LEÃO, 2013).

Almeida, Slusarski e Souza (2016), estudando a estrutura populacional de *Lonchocarpus cultratus* (Vell.), perceberam que a distribuição diamétrica resultou em uma curva na forma de J-invertido, com o maior número de indivíduos nas menores classes de diâmetro, como esperado para florestas inequiâneas. A distribuição dos valores de altura se mostrou irregular, esse comportamento é característico de espécies de estágios iniciais de sucessão, a população analisada se encontra em processo de amadurecimento, mantendo a capacidade auto regenerante, com comportamento característico de espécies de estágios iniciais de sucessão.

Antonini e Nunes-Freitas (2004), avaliando a estrutura populacional de *Miconia prasina* D.C. em duas áreas de Floresta Atlântica, concluíram que as duas populações estudadas apresentaram o maior número de indivíduos nas classes inferiores de altura, com poucos indivíduos nas classes de maior tamanho, indicando que ambas populações estão em crescimento e que a estrutura da vegetação e a incidência luminosa podem influenciar a estrutura etária das duas populações.

Milanesi e Brack (2019), avaliando a estrutura populacional de *Ocotea odorifera* Vell., perceberam que a população apresentou predominância das menores classes de tamanho, além disso, verificaram algumas populações com padrão J-invertido e outras sem este padrão, o que provavelmente foi consequência da ação de supressão sofrida pela população.

Stedille et al. (2019) observaram a estrutura populacional de *Ilex paraguariensis* St. Hill. em uma floresta com araucárias e encontraram uma estrutura populacional com predomínio do padrão J-invertido. Ribeiro, Fonseca e Silva (2001) relatam que isso ocorre



quando as populações arbóreas apresentam uma predominância de indivíduos menores, decaindo exponencialmente à medida que se tornam maiores, indicando um balanço positivo entre recrutamento e mortalidade, característica marcante das populações autorregenerativas.

Felker et al. (2017), estudando a estrutura populacional de *Escallonia bifida* Link & Otto., notaram que sua alta densidade e frequência podem estar relacionadas às condições do ambiente, áreas de capoeira e capoeirão, que não limitam a entrada de luz, como também acreditam que o sombreamento promovido pelos indivíduos arbóreos de *E. bifida* podem ter contribuído para a diminuição na população da espécie, principalmente indivíduos regenerantes, visto que a espécie é exclusiva de ambientes heliófilos.

## 2.5 Distribuição espacial

O entendimento do comportamento das espécies em populações naturais é a premissa básica para elaboração de tecnologias adequadas tanto para manejo quanto para a conservação de uma espécie. Nesse contexto, conhecer a estrutura, aliada ao tipo de distribuição espacial de uma espécie, é crucial para compreender a forma como ela utiliza seus recursos, bem como para a elaboração de estratégias de manutenção, recuperação e conservação das espécies em áreas naturais (RICKLEFS, 2003).

A distribuição espacial determina como estão organizados os indivíduos, seu grau de agrupamento e a direção em que este padrão se distribui (MAYORGA; MOLINA, 2017). Na área florestal, esse padrão fornece dados para o entendimento de ocorrências de eventos que afetam direta ou indiretamente as relações da vegetação, sejam elas intraespecífica, interespecífica ou com o meio.

No entanto, informações sobre o padrão de distribuição espacial e seus fatores condicionantes ainda são pouco significativas para a grande maioria das espécies vegetais que ocorrem no Brasil (WU; YANG, 2013; MEIRA-JUNIOR et al., 2017).

Em se tratando de populações nativas, a distribuição espacial é fortemente influenciada por ações humanas, o que acaba interferindo em todo ciclo reprodutivo da espécie e, conseqüentemente, na sua diversidade genética. Além de modificações na estrutura da vegetação, ambientes degradados podem alterar a distribuição espacial de espécies e podem influenciar, também, nas rotas dos dispersores e polinizadores (MEIRA-JUNIOR et al., 2017).

O padrão de distribuição espacial de cada população ou comunidade é caracterizado pela frequência e proximidade de ocorrência dos indivíduos dentro da unidade amostral,

sendo uma das principais características da estrutura populacional das espécies (MEIRA-JUNIOR et al., 2017).

Os fatores que interferem no padrão espacial podem ser divididos em três categorias: 1) fatores morfológicos (propagação vegetativa e mecanismos de dispersão); 2) fatores ambientais e a heterogeneidade ambiental (topografia, profundidade do solo, disponibilidade de nutrientes, vento, corrente de água e distúrbios naturais); e 3) fatores fitossociológicos (dominância, frequência, valor de importância que podem interferir na competição intra e interespecífica) (SILVA et al., 2012).

O estudo do padrão espacial, além de ser o primeiro passo para espécies que não tenham estudos detalhados, permite gerar hipóteses sobre processos que dão origem a determinado padrão, assim como possibilita conhecer os processos sucessionais e ecológicos, que são fundamentais para a compreensão do ecossistema florestal (DALE, 1999; RODE et al., 2010; POTTKER et al., 2016).

Dentre os padrões espaciais encontrados na natureza, estão o aleatório, agregado e uniforme (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2010). Esses padrões não são permanentemente fixos no espaço porque dependem de fatores abióticos e bióticos, que variam ao longo do tempo (SCHULZE et al., 2019).

O padrão aleatório, aquele que a localização de um indivíduo não interfere na localização de outro da mesma espécie, pode estar relacionado com a perturbação ocasionada pelo corte seletivo e síndrome de dispersão da espécie. Quando não há pressões antagônicas ou restrições de distribuição de progênies, a distribuição espacial tende a ser aleatória (KANIESKI et al., 2012).

Duarte et al. (2019) avaliaram a distribuição espacial de *Drimys angustifolia* Miers. em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana e encontraram aleatoriedade entre os indivíduos, uma vez que fatores como condições ambientais, disponibilidade de recursos e distúrbios naturais ou antrópicos influenciam na estrutura e dinâmica vegetal (BARBOSA et al., 2017).

Negrini et al. (2012) citam que espécies com síndrome de dispersão zoocórica podem possuir padrão de distribuição aleatório, devido a maiores distâncias percorridas pelos dispersores. Relatam ainda que essa síndrome reduz a competição entre as plântulas e a planta mãe e a predação de sementes e plântulas próximas à árvore matriz, aumentando a possibilidade de recrutamento das espécies, que, muitas vezes, são dispersas de forma aleatória. Entretanto, a aleatoriedade dos indivíduos dificulta a localização, locomoção e posterior arraste dos mesmos, demandando estudos mais precisos (SOUZA et al., 2011).

O padrão de distribuição agregado ocorre, principalmente, em razão do maior número de sementes e plântulas próximas da planta mãe. A presença de algum recurso tem alta influência na localização dos indivíduos de uma mesma espécie, havendo uma tendência de as progênies permanecerem próximas aos indivíduos parentais, apresentando baixos índices de dispersão (NEGRINI et al., 2012).

Quevedo et al. (2021), trabalhando em um fragmento de floresta estacional subtropical, encontraram padrão de distribuição agregado para as espécies *Casearia sylvestris* Sw. e *Aiouea saligna* Meins., afirmando que tal comportamento está associado ao tipo de dispersão das espécies.

Por fim, em ambientes saturados, com elevada competição, toxicidade ou inibição biológica, normalmente, ocorre o padrão de distribuição uniforme (SILVA et al., 2012; FREITAS; MAGALHÃES, 2014).

É muito comum encontrar variação nas distribuições espaciais conforme ocorrem mudanças nos estágios de vida das espécies (MIRANDA et al., 2016). Pode-se citar, como exemplo, o estudo de Dalmaso et al. (2013), realizado na Flona de Irati no Paraná, que, avaliando os padrões espaciais da espécie *Ocotea odorifera* Vell., perceberam que o padrão agregado foi observado para os indivíduos regenerantes, enquanto os indivíduos adultos apresentaram padrão aleatório.

Existem diversos métodos para análise do padrão de distribuição, um deles é por meio de medidas de distâncias, que utilizam duas abordagens gerais: 1. Seleção aleatória de indivíduos de uma população, medindo a distância entre indivíduos vizinhos mais próximos; e 2. Seleção aleatória de pontos específicos, localização e medição da distância entre os indivíduos de uma população (KREBS, 1999; DALMASO et al., 2012).

Um outro método é a função K de Ripley, que é uma estatística descritiva do padrão espacial, sendo uma das ferramentas mais aplicadas, principalmente quando as coordenadas das árvores são conhecidas (SILVA et al., 2012). Permite avaliar o grau de interação entre árvores de uma população ou comunidade (PENTTINEN; STOYAN; HENTTONEN, 1992) com a função K, o padrão espacial pode ser avaliado sob diferentes escalas, diferentemente dos índices de agregação, os quais consideram apenas uma escala (MEIRA-JUNIOR, 2017).

No estudo de Capretz et al. (2012), o padrão espacial da espécie *Metrodorea nigra* St. Hill. foi predominantemente aleatório, sobretudo a partir de uma escala de distância de 50 m, no entanto, apresentou tendência de agrupamento em distâncias menores. Para a espécie *Trichilia clausenii* C. DC., o padrão espacial foi agregado à função K de Ripley e apontou

grupos bem definidos até a escala de 50 m, para espécie *Aspidosperma polyneuron* Mull.Arg., a aleatoriedade foi rejeitada na escala entre 5 e 75 m e aceita nas demais escalas.

Gomes et al. (2016), estudando o padrão espacial de três populações de Myrtaceae em uma Floresta Atlântica, perceberam que o padrão espacial das populações de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg. e *Myrciaria delicatula* DC. foram predominantemente agregados, já para *Myrcianthes gigantea* D. Legrand., o padrão foi aleatório. Assim, pode-se afirmar que as populações de Myrtaceae possuem respostas diferenciadas quanto à estrutura espacial em áreas com os mesmos filtros ambientais.

Pottker et al. (2016) verificaram que a espécie *Ocotea odorifera* Vell. se distribuíram em grandes agrupamentos concentrados nas regiões mais elevadas da área de estudo, devido à drenagem do solo. Segundo Bernasol e Lima-Ribeiro (2010), o tipo de solo é um recurso que influencia significativamente na localização das árvores de uma mesma espécie.

Meira-Junior et al. (2017), avaliando a distribuição espacial de *Eremanthus incanus* Less. em duas áreas com níveis de conservação distintos, notaram que a degradação da área prejudicou o estabelecimento dos indivíduos e, com isso, alterou a distribuição espacial, que na área conservada se mostrou do tipo agregado. Bem como Costa et al. (2018), que verificaram padrão de distribuição agregado para *Symphonia globulifera* L.f. ao avaliar a distribuição espacial em uma floresta de várzea.

Freitas e Magalhães (2014), estudando a florística, diversidade e distribuição espacial de espécies arbóreas em um trecho de floresta estacional semidecidual, perceberam que o padrão de distribuição agregado predomina em florestas tropicais. Com isso, sugere-se que há uma força de atração, em que a chance de ocorrência de um indivíduo é aumentada pela presença de outros da mesma espécie ou pela disponibilidade de um recurso comum (CAIN; BOWMAN; HACKER, 2011).

Neste sentido, as espécies florestais nativas ainda constituem um grupo de plantas que necessita de estudos em relação a sua ocorrência, distribuição, diversidade e dinâmica populacional, como premissas para o estabelecimento de programas de manejo e conservação. Reafirmando que a estrutura populacional e a distribuição espacial são ferramentas de fundamental importância para auxiliar no momento de inferir sobre quais são as melhores metodologias de conservação e manejo.

## **2.7 Interação genótipo x ambiente**

O conceito de interação genótipo x ambiente (G x A) é baseado na variação de genótipos em resposta a diferentes ambientes (SHELBOURNE, 1972), com isso, pode-se dizer que a resposta de um genótipo para uma certa característica é resultado da relação de elementos genéticos, ambientais e da interação genótipo x ambiente (SILVA, 2019).

Quando um genótipo é selecionado, surge a necessidade de verificar e avaliar seu desempenho em condições edafoclimáticas adversas, para que, assim, seja possível prever o desenvolvimento deste genótipo no local definitivo (ROSADO et al., 2012).

Entretanto, de acordo com Nunes et al. (2015), apenas a identificação da interação G x A não responde de maneira completa e exata acerca do comportamento dos genótipos em relação às variações do ambiente, caso exista interação, é necessário o conhecimento de adaptabilidade e estabilidade para prever a capacidade de resposta a estímulos ambientais (QUEIROZ et al., 2014; SOLONECHNY et al., 2018).

A adaptabilidade se refere à capacidade do genótipo em responder às condições ambientais, enquanto a estabilidade está associada à previsão do comportamento de determinado genótipo (EBERHART; RUSSEL, 1966). Assim, criar e selecionar genótipos estáveis e de alto rendimento são duas das melhores alternativas para lidar com as alterações edafoclimáticas (TOMASZ; HANS-PETER; MARCIN, 2020).

Em um ambiente (A), o fenótipo é o resultado da ação do genótipo (G) sob a influência do meio no qual está inserido. Contudo, quando se avalia uma série de ambientes, percebe-se que, além dos efeitos genéticos e ambientais, surge um efeito adicional como consequência dessa interação, que vem sendo associada aos fatores fisiológicos e bioquímicos de cada genótipo (CRUZ et al., 2001; SUNDARI et al., 2021). Diante disso, os genótipos, que são superiores em um ambiente, podem não ser igualmente superiores em outro (DIAO et al., 2016).

Existem dois tipos de interação genótipo x ambiente, a simples e a complexa. A interação simples é quando se verifica apenas diferenças de comportamento entre os genótipos nos ambientes que estes estão inseridos. A interação complexa é determinada pela falta de correlação entre os genótipos e os ambientes (CRUZ et al., 2001), segundo Crossa e Cornelius (1997), esse tipo de interação minimiza a eficiência de seleção e a precisão na indicação de genótipos.

## **2.8 Parâmetros genéticos**

A determinação da variabilidade genética intrapopulacional é baseada na quantificação da variação genética entre as progênes e o conhecimento do controle genético dos caracteres de interesse para a seleção, sendo estes fatores essenciais para a elaboração de estratégias de melhoramento genético mais assertivas (TUNG et al., 2011). O coeficiente de variação genética é capaz de detectar e quantificar essa variabilidade genética e é expresso pela magnitude da variação genética em relação à média do caráter avaliado (RESENDE et al., 1991).

Trata-se de um parâmetro que tem sido muito difundido entre os melhoristas para estudos genéticos iniciais com espécies nativas (MAFIO et al., 2012; KUBOTA et al., 2015; OTSUBO et al., 2015; MENEGATTI; MANTOVANI; NAVROSKI, 2016).

Outro parâmetro genético importante se refere à acurácia, responsável por estimar a precisão na seleção e está ligada à herdabilidade do caráter avaliado (MAIA et al., 2014), sendo capaz de relacionar os valores genéticos preditos e valores genéticos reais dos indivíduos (RESENDE; DUARTE, 2007; SAUL et al., 2021). Segundo estes autores, a acurácia pode ser classificada como: muito alta (valores superiores a 0,90), alta (0,70 – 0,90), moderada (0,50 – 0,70) e baixa (valores inferiores a 0,50).

Dentre os parâmetros genéticos utilizados nos testes de progênes, o coeficiente de herdabilidade apresenta maior destaque (MORAES et al., 2007; SAUL et al., 2021). Trata-se da variabilidade total que está retida na descendência, expressa o quanto da variância total é atribuída ao efeito médio dos genes, ou seja, a confiança do valor fenotípico como guia para o valor genético (FALCONER, 1987). Este coeficiente pode se apresentar em sentido restrito e sentido amplo.

No sentido restrito, tem-se a proporção da variabilidade observada causada apenas por efeitos aditivos dos genes, sendo utilizada no melhoramento genético e ao considerar a propagação via sexuada. Já no sentido amplo, tem-se a proporção da variabilidade observada causada por efeitos dos genes (RESENDE; FERNANDES, 1999; CARVALHO et al., 2001).

Dessa forma, a estimativa de parâmetros genéticos, como o coeficiente de variação genética e herdabilidade, possibilita o conhecimento do potencial evolutivo de uma população, tanto para fins de conservação ou melhoramento genético (FREITAS et al., 2007). Com isso, alguns estudos vêm sendo desenvolvidos com essências florestais, como Manfio et al. (2012), que avaliaram progênes de macaúba na fase juvenil e estimaram os parâmetros genéticos e diversidade genética, e Nascimento-Júnior et al. (2017), que estimaram parâmetros genéticos para caracteres de germinação de sementes em *Jacaranda copaia* e indicaram matrizes superiores para a produção de mudas.

## 2.9 Diversidade genética

Diversos projetos de restauração e conservação de germoplasma são desenvolvidos sem levar em consideração a genética de populações das espécies, pois, normalmente, os plantios são realizados com materiais propagativos de uma ou poucas plantas matrizes, limitando a diversidade genética dessas atividades (LEE et al., 2018).

Como consequência desta ação, pode ocorrer o estreitamento da base genética das populações, ocasionando a deriva genética e extinção das espécies envolvidas nos projetos (SONSTEBO et al., 2018), assim, para reverter essa situação, é preciso estruturar adequadamente a diversidade genética esperada (NUNES et al., 2021).

A diversidade genética se refere à variação hereditária acumulada durante o processo de evolução de uma espécie, condicionada por forças evolutivas dentro das condições ecológicas em um dado tempo (CRUZ-SALAZAR et al., 2021). É representada por diferentes alelos e genótipos, encontrados dentro e entre as populações, essa diversidade pode ser observada nas características fisiológicas e morfológicas, em resposta às perturbações antrópicas (MIMURA et al., 2017).

Quando uma população é considerada pequena e a variação genética intrapopulacional é estreita, a possibilidade de cruzamentos consanguíneos aumenta, resultando na depressão por endogamia, prejudicando a capacidade da descendência da população em se adaptar (SOUZA; SILVA-MANN; MELO, 2014; INGVARSSON; DAHLBERG, 2018).

De acordo com Spingler, Theodorou e Chang (2017), a redução da diversidade genética torna uma espécie mais suscetível às variações ambientais, reduzindo as chances de perpetuação, por isso, é recomendado que as áreas de coleta de material vegetal e bancos de germoplasma apresentem alta diversidade genética (SILVA-JÚNIOR et al., 2017).

O conhecimento do valor genético de cada indivíduo é imprescindível para que a seleção genotípica ocorra de maneira correta, assim, os parâmetros genéticos e os componentes de variância são estimados com máxima acurácia (GOMES-JÚNIOR et al., 2015). A determinação de indivíduos superiores pode ser utilizada em programas de melhoramento genético, estudo da evolução de organismos e em estratégias de gestão e conservação de espécies (TEIXEIRA et al., 2020; ALVES, 2021).

Normalmente, os estudos de diversidade genética estão atrelados ao conhecimento da variabilidade genética entre os indivíduos, a caracterização do estado de conservação da área em estudo e a dinâmica eco evolutiva que molda a população (FREY et al., 2016). Quando

existe variação genética para todos os caracteres de importância, a probabilidade de identificar genótipos superiores entre as progênes é maior (CABRAL et al., 2018; FREIRE et al., 2019).

Assim, quando se fala em populações naturais de espécies florestais nativas, espera-se encontrar alta variabilidade genética, constituindo uma representação da diversidade genética existente nas populações, nas quais as plantas matrizes estão inseridas (MORAES et al., 2020).

Entretanto, por causa da fragmentação florestal ocasionada por ações antrópicas, ocorre a redução e alteração da dinâmica dessas populações naturais, modificando mecanismos de fluxo de pólen e sementes, com impactos na diversidade genética, provocando o aumento da endogamia e limitando a variabilidade das progênes (CONTE et al., 2008; VRANCKX et al., 2012).

A endogamia é responsável por modificar a frequência de alguns alelos em relação ao total da população (BORÉM; MIRANDA, 2013), por isso, é importante quantificar os níveis de variabilidade dentro das populações e caracterizar os níveis de estruturação genética entre e dentro as populações florestais naturais (BIERNASKI; HIGA; SILVA, 2012; ARRUDA et al., 2019).

É possível conhecer a diversidade entre matrizes e progênes por meio da caracterização morfológica dos mais variados genótipos (FERRAZ et al., 2016), este tipo de caracterização considera descritores botânicos de alta herdabilidade e de fácil mensuração (MELO et al., 2016). Para analisar esses dados, é comum usar métodos estatísticos multivariados, especialmente quando se trata de plantas perenes, pois permite a avaliação do indivíduo em vários aspectos (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

No programa de melhoramento de plantas, a diversidade genética e herdabilidade são componentes importantes, a diversidade genética é aprimorada por meio da introdução convencional e biotecnologia (HANDINI; SUKMA; SUDARSONO, 2016). A herdabilidade é um parâmetro genético capaz de medir a capacidade dos genótipos de herdar as características, assim, a estimativa do valor de herdabilidade visa determinar a influência de fatores genéticos ou ambientais, além de facilitar a seleção das plantas (HERYANTO; SYUKUR, 2021).

A aplicação de descritores morfológicos, em conjunto com as técnicas de análises multivariadas, assume elevada importância na avaliação da diversidade genética de espécies florestais. Alguns estudos utilizaram marcadores morfológicos para estimar a diversidade genética de *Psidium guajava* L. (GOMES-FILHO et al., 2010), *Casearia grandiflora* Camb.



(COSTA et al., 2016), *Tectona grandis* L.f. (GIUSTINA et al., 2017), *Hymenaea courbaril* L. (TIAGO et al., 2018) e *Leucaena leucocephala* Lam. (RAJARAJAN et al., 2021).

## REFERÊNCIAS

- ABREU, J. C. et al. Estrutura e distribuição espacial de andirobeiras (*Carapa* spp.) em floresta de várzea do estuário amazônico. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 24, n. 4, p. 1009 – 1019, 2014.
- ADJERS, G. et al. Production of planting stock from wildlings of four *Shorea* species. **New Forests**, Dordrecht, v. 16, p. 185 – 197, 1998.
- AGUIAR, L. M. et al. Herbicide tolerance and water use efficiency in forest species used in degraded areas recovery programs. **Bosque**, Valdivia, v. 37, n. 3, p. 493 – 500, 2016.
- ALMEIDA-JÚNIOR, E. B.; PIMENTEL, R. M. M.; ZICKEL, C. S. Flora e formas de vida em uma área de restinga no litoral norte de Pernambuco, Brasil. **Revista de Geografia**, Recife – PE, v. 24, n. 1, p. 19 – 34, 2007.
- ALMEIDA, C. G.; SLUSARSKI, S. R.; DE SOUZA, M. C. The population structure of *Lonchocarpus cultratus* in an Atlantic Forest riparian zone of the upper Paraná River, Brazil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá – PR, v. 38, n. 4, p. 411 – 417, 2016.
- ALVES, F. A. L. Utilização de técnicas de análise multivariadas no estudo da diversidade genética em quixabeira (*Sideroxylon obtusifolium*). **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, Recife – PE, v. 26, n. 1, p. 1 – 10, 2021.
- ANSELMO-MOREIRA, F. et al. Mistletoe effects on the host tree *Tapirira guianensis*: insights from primary and secondary metabolites. **Chemoecology**, [S.l.], v. 29, n. 1, p. 11 – 24, 2019.
- ANTONINI, R. D.; NUNES, A. F. F. Estrutura populacional e distribuição espacial de *Miconia prasina* DC (Melastomataceae) em duas áreas de Floresta Atlântica na Ilha Grande, RJ, Sudeste do Brasil. **Acta Botânica Brasileira**, São Paulo – SP, v. 18, n. 3, p. 671 – 676, 2004.
- AQUINO, F. de G. et al. **Ecologia populacional de espécies arbóreas na estação ecológica do Panga (Uberlândia-MG)**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 24 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 26).
- ARAÚJO, N. G. et al. Marcação de matrizes, coleta de sementes e produção de mudas para enriquecimento agroflorestal. **In...** Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, IX, 2013, Ilhéus, Bahia. Anais do IX Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais, Ilhéus, Bahia, 2013.
- ARAÚJO, R. O. et al. Levantamento florístico do Jardim Botânico de São Gonçalo do Amarante, Ceará, nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife – PE, v. 13, n. 3, p. 1162 – 1176, 2020.
- ARAÚJO, T. G.; QUEIROZ, A. B.; LOPES, S. F. Fitossociologia de um brejo de altitude no semiárido brasileiro: variação das espécies dominantes ao longo do gradiente altitudinal. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 29, n. 2, p. 779 – 794, 2019.

- ARRUDA, G. O. S. F. et al. Genetic diversity of *Mimosa scabrella* Benth. in two populations located at landscapes with different historical. **Scientia Forestalis**, Piracicaba – SP, v. 47, n. 124, p. 744 – 753, 2019.
- BAILEY, R. L.; DELL, T. R. Quantifying diameter distribution with the Weibull-function. **Forest Science**, Bethesda, v. 19, n. 2, p. 97 – 104, 1973.
- BARBOSA, A. D. S. et al. Populational and spatial structure of *Cereus jamacaru* DC. in two areas of caatinga biome in Paraíba State, Brazil. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 27, n. 1, p. 315 – 324, 2017.
- BARBOSA, M. L. et al. Aspects of the in vitro establishment of *Handroanthus chrysotrichus* (Bignoniaceae) for the production of seedlings. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba – PR, v. 6, n. 1, p. 2830 – 2840, 2020.
- BARROS, H.; CORRÊA, J.; CRUZ, E. Efeitos da secagem na qualidade fisiológica de sementes de Tapiririca (*Tapirira guianensis* Aubl.). **In...** Seminário de iniciação científica de pós-graduação, 2016, Belém-PA. Anais da Embrapa Amazônia Oriental, 2016, p. 388 – 391.
- BATISTA, F. J. et al. Comparação florística e estrutural de duas florestas de várzea no Estuário Amazônico, Pará, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 35, n. 2, p. 289 – 298, 2011.
- BERNASOL, W. P.; LIMA-RIBEIRO, M. S. Estrutura espacial e diamétrica de espécies arbóreas e seus condicionantes em um fragmento de cerrado sentido restrito no sudoeste goiano. **Hoehnea**, São Paulo – SP, v. 37, n. 2, p. 181 – 198, 2010.
- BIERNASKI, F. A.; HIGA, A. R.; SILVA, L. D. Variabilidade genética para caracteres juvenis de progênes de *Cedrela fissilis* VELL.: subsídio para definição de zonas de coleta e uso de sementes. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 36, n. 1, p. 49 – 58, 2012.
- BOGALE, T.; DATIKO, D.; BELACHEW, S. Structure and natural regeneration status of woody plants of berbere afro-montane moist forest, bale zone, Southeast Ethiopia; implication to biodiversity conservation. **Open Journal of Forestry**, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 352, 2017.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. **Melhoramento de Plantas**. 6.ed. Viçosa: UFV, 2013. 523 p.
- BRAGA, A. C. R. et al. Epiphytes and forest restoration in the atlantic forest: what do we know so far? **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, São José dos Pinhais – PR, v. 4, n. 3, p. 4644 – 4660, 2021.
- BRASIL. **Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003**. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 5 de agosto de 2003.
- CABRAL, P. D. S. et al. Investigation of the genetic diversity of common bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars using molecular markers. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto – SP, v. 17, n. 4, p. 1 – 11, 2018.

CAIN, M. L.; BOWMAN, W. D.; HACKER, S. D. **Ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2011. 640 p.

CALASSARA, L. L. et al. Isolation and characterization of flavonoids from *Tapirira guianensis* leaves with vasodilatory and myeloperoxidase-inhibitory activities. **Natural Product Research**, [S.l.], v. 34, p. 1 – 4, 2020.

CALEGARI, L. **Estudos sobre o banco de sementes do solo, resgate de plântulas e dinâmica da paisagem para fins de restauração florestal, Carandaí, MG**. 2009. 157 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

CALEGARI, L. et al. Produção de mudas de espécies arbóreas nativas em viveiro via resgate de plantas jovens. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 35, n. 1, p.41 – 50, 2011.

CANTARELLI, J. R. R. et al. Tipos fisionômicos e flora vascular da restinga da APA de Guadalupe, Pernambuco, Brasil. **Insula Revista de Botânica**, Florianópolis – SC, v. 41, p. 95 - 117, 2012.

CAPRETZ, R. L. et al. Padrão espacial de quatro formações florestais do estado de São Paulo, através da função K de Ripley. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 22, n. 3, p. 551 – 565, 2012.

CARDOSO-LEITE, E. et al. Fitossociologia e caracterização sucessional de um fragmento de mata ciliar, em Rio Claro-SP, como subsídio à recuperação da área. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo – SP, v. 16, p. 31 – 41, 2004.

CARNEIRO, K. M. S. et al. Estoque e perda de necromassa da vegetação lenhosa em um gradiente fitofisionômico na transição Amazônia-Cerrado. **Rodriguesia**, Rio de Janeiro – RJ, v. 70, e02892017, p. 1 – 11, 2019.

CARVALHO, F.I.F. et al. **Estimativas e implicações da herdabilidade como estratégia de seleção**. Pelotas: UFPEL, 2001. 99p.

CARVALHO, M. C. et al. Modeling ecological niche of tree species in Brazilian tropical area. **Cerne**, Lavras – MG, v. 23, n. 1, p. 229 – 240, 2017.

CASTRO, R. V. O. et al. Validação de um modelo completo em nível de árvore individual para uma floresta estacional semidecidual. **Scientia Florestalis**, Piracicaba – SP, v. 48, n. 126, e3061, p. 1 – 14, 2020.

COCHEV, J. S., et al. Dinâmica espaço-temporal da paisagem e estrutura populacional de *Euterpe precatoria* Mart. em fragmento florestal no município mato-grossense de Alta Floresta, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 29, n. 3, p. 1398 – 1414, 2019.

COLA, R. E. et al. Fitossociologia e síndrome de dispersão em um trecho de floresta atlântica, em Paulista – PE. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campina Grande – PB, v. 15, n.3, p. 213 – 218, 2019.

CONTE, R. et al. Genetic structure and mating system of *Euterpe edulis* Mart. populations: a comparative analysis using microsatellite and allozyme markers. **Journal of Heredity**, Oxford, v. 99, n. 5, p. 476 – 482, 2008.

COOMES, D.A.; ALLEN, R.B. Mortality and tree-size distributions in natural mixed-age forests. **Journal of Ecology**, [S.l.], v. 95, n. 1, p. 27 – 40, 2007.

COSTA, D. L. et al. Estrutura e distribuição espacial de *Symphonia globulifera* L. f. em floresta de várzea baixa, Afuá-PA. *Advances in Forestry Science*, Cuiabá – MT, v. 5, n. 1, p. 275 – 281, 2018.

COSTA, M. F. et al. Caracterização e divergência genética de populações de *Casearia grandiflora* no Cerrado piauiense. **Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 23, n. 3, p. 387 – 396, 2016.

COSTA-JUNIOR, R. F. et al. Estrutura fitossociológica do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila Densa na Mata Sul de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 18, n. 2, p. 173 – 183, 2008.

CROSSA, J.; CORNELIUS, P. L. Sites regression and shifted multiplicative model *clustering* of cultivar trial sites under heterogeneity of errors variances. **Crop Science**, Madison, v. 37, n. 2, p. 406 – 415, 1997.

CROUZEILLES, R. et al. There is hope for achieving ambitious Atlantic Forest restoration commitments. **Perspectives in Ecology and Conservation**, [S.l.], v. 17, n. 2, p. 80 – 83, 2019.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2001. 390 p.

CRUZ, C. D; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa, UFV. 2003. 579 p.

CRUZ, L. et al. Distribuição diamétrica de três espécies de Lecythidaceae após exploração de impacto reduzido na Amazônia Oriental. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 31, n. 1, p. 171 – 190. 2021.

CRUZ-SALAZAR, B. et al. Relationship between genetic variation and diversity of tree species in tropical forests in the El Ocote Biosphere Reserve, Chiapas, Mexico. **Tropical Conservation Science**, [S.l.], v. 14, p. 1 – 14, 2021.

DALE, M. R. T. **Spatial pattern analysis in plant ecology**. 1. ed. Cambridge: Cambridge University, 1999. 326 p.

DALMASO, C. A.; INOUE, M.T.; OLIVEIRA FILHO, P.C.; MARCELINO, V.R. Padrões espaciais na regeneração de *Ocotea odorifera* na floresta nacional de Irati, PR. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 43, n. 2, p. 301 – 312, 2013.

DAVID, J. M. et al. Two new cytotoxic compounds from *Tapirira guianensis*. **Journal of Natural Products**, [S.l.], v. 61, v. 2, p. 287 – 289, 1998.

DIAO, S. Age trends of genetic parameters, early selection and family by site interactions for growth traits in *Larix kaempferi* open pollinated families. **BMC Genet**, [S.l.], v. 17, n. 104, p. 1 – 12, 2016.

DUARTE, E. et al. Estrutura populacional de *Drimys angustifolia* Miers em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana, Urubici, SC. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages – SC, v. 18, n. p. 30 – 37, 2019.

DURINGAN, G. et al. **Plantas do Cerrado Paulista: Imagens de uma paisagem ameaçada**. 1. Ed. São Paulo: Páginas e Letras Editora e Gráfica. 2004. 475 p.

DUTTA, G.; DEVI, A. Plant diversity, population structure, and regeneration status in disturbed tropical forests in Assam, northeast India. **Journal of Forestry Research**, [S.l.], v. 24, n. 4, p. 715 – 720, 2013.

EBERHART, S. A.; RUSSELL, W. A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v. 6, n. 1, p. 36 – 40, 1966.

EPPERSON, B. K.; ALLARD, R. W. Spatial autocorrelation analysis of the distribution of genotypes within populations of Lodge pole Pine. **Genetics**, [S.l.], v. 121, n. 2, p. 269 – 277, 1989.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Universidade Federal de Viçosa, Imp. Univ. 1987. 279p.

FELKER, R. M. et al. Padrão de distribuição e estrutura populacional de *Escallonia bifida* Link & Otto em área em vias de restauração no RS. **Caderno de Pesquisa**, São Paulo – SP, v. 29, n. 2, p. 16 – 24, 2017.

FERNANDES, M. M.; VENTURIERI, G. C.; JARDIM, M. A. G. Biologia, visitantes florais e potencial melífero de *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae) na Amazônia Oriental. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian, Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém – PA, v. 55, n. 3, p. 167 – 175, 2012.

FERRAZ, R. M. et al. Caracterização morfoagronômica preliminar de acessos de pimentas cumari. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista – BA, v. 34, n. 4, p. 498 – 506, 2016.

FERRAZ, S. F. et al. How good are tropical forest patches for ecosystem services provisioning? **Landscape Ecology**, [S.l.], v. 29, n. 2, p. 187 – 200, 2014.

FERREIRA, R. Q. S. et al. Estrutura Fitossociológica de um Cerrado *Sensu Stricto*, em Gurupi, Tocantins. **Journal of Social, Technological and Environmental Science**, Anápolis – GO, v. 9, n. 1, p. 316 – 329, 2020.

FREIRE, A. S. M. et al. Genetic diversity in forest populations from conservation units in the Atlantic Rainforest in northeast Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife – PE, v. 14, n. 2, p. 1 – 7, 2019.

FREITAS, M. L. M. et al. Pomar de sementes por mudas a partir da seleção dentro em teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Revista do Instituto Florestal**, v. 19, n. 2, p. 65-72, 2007.

FREITAS, W. K.; MAGALHÃES, L. M. Florística, diversidade e distribuição espacial das espécies arbóreas de um trecho de floresta estacional semidecidual da Serra da Concórdia, RJ. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 44, n. 2, p. 259 – 270, 2014.

FREY, D. et al. Parallel declines in species and genetic diversity driven by anthropogenic disturbance: a multispecies approach in a French Atlantic dune system. **Evolutionary Applications**, [S.l.], v. 9, n. 3, p. 479 – 488, 2016.

GIUSTINA, L. D. et al. Genetic variability of teak (*Tectona grandis* Linn. F.) based on ISSR molecular markers and morphological characterization. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 27, n. 4, p. 1311 – 1324, 2017.

GOMES, J. P. et al. Demographics and spatial pattern on three populations of Myrtaceae in the Ombrophilous Mixed Forest. **Ciência Rural**, Santa Maria – RS, v. 46, n. 9, p. 1579 – 1584, 2016.

GOMES-FILHO, A. et al. Marcadores moleculares RAPD e descritores morfológicos na avaliação da diversidade genética de goiabeiras (*Psidium guajava* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá – PR, v. 32, n. 4, p. 627 – 633, 2010.

GOMES-JUNIOR, R. A. et al. Características vegetativas na fase juvenil de híbridos interespecíficos de caiaué com dendezeiro. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian, Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém – PA, v. 58, n. 1, p. 27 – 35, 2015.

GONÇALVES, T. A.; MARCATI, C. R.; SCHEEL-YBERT, R. The effect of carbonization on wood structure of *Dalbergia violacea*, *Stryphnodendron polyphyllum*, *Tapirira guianensis*, *Vochysia tucanorum*, and *Pouteria torta* from the Brazilian cerrado. **Iawa Journal**, [S.l.], v. 33, n. 1, p. 73 – 90, 2012.

GRAUDAL, L. et al. Planning national programmers for conservation of forest genetic resources. **Technical note Danida**, [S.l.], n. 48, p. 1 – 58, 1997.

GUIMARÃES, A. R. D. et al. Caracterização física e química de frutos da cajarana (*Spondias dulcis* Parkinson). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba – PR, v. 6, n. 2, p. 6693 – 6701, 2020.

GUIMARÃES, M. A. Frugivoria por aves em *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae) na zona urbana do município de Araruama, estado do Rio de Janeiro, sudeste brasileiro. **Atualidades Ornitológicas**, Ivaiporã – PR, v. 116, p. 1 – 10, 2003.

GUZZO, P. **Estudos dos espaços livres de uso público e da cobertura vegetal em área urbana da cidade de Ribeirão Preto – SP**. 1999. 106 f. Dissertação (Mestrado em Geociência e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 1999.

HANDINI, A. S.; SUKMA, D.; SUDARSONO, D. Analisis Keragaman Morfologi dan Biokimia pada Anggrek Phalaenopsis (Orchidaceae). **Indonesian Journal of Agronomy**, [S.l.], v. 44, n. 1, p. 62 – 67, 2016.

HERYANTO, R.; SYUKUR, C. Study of Genetic Diversity and Relationship of 100 Cardamom (*Elettaria cardamomum*) Lines Based on Morphological Characters. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, [S.l.], v. 752, p. 1 – 6, 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa da Vegetação do Brasil**. 2004.

INGVARSSON, P. K.; DAHLBERG, H. The effects of clonal forestry on genetic diversity in wild and domesticated stands of forest trees. **Scandinavian Journal of Forest Research**, [S.l.], v. 34, n. 5, p. 370 – 379, 2019.

JOLY, C.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. **New Phytologist**, [S.l.], v. 204, n. 3, p. 459 – 473, 2014.

KANIESKI, M. R. et al. Diversidade e padrões de distribuição espacial de espécies no estágio de regeneração natural em São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 42, n. 3, p. 509 – 518, 2012.

KARUKU, G. N. Soil and water conservation measures and challenges in Kenya: a review. **Current Investigations in Agriculture and Current Research**, [S.l.], v. 2, n. 5, p. 259 – 279, 2018.

KATO, N. N. et al. Application of the metabolomics approach to the discovery of active compounds from Brazilian trees against resistant human melanoma cells. **Phytochemical Analysis**, [S.l.], v. 32, n. 6, p. 992 – 1002, 2021.

KETTENHUBER, P. W.; SOUSA, R.; SUTILI, F. Vegetative propagation of brazilian native species for restoration of degraded areas. **Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 26, n. 2, p. 1 – 10, 2019.

KONDRAT, H.; ARAGAKI, S.; GOMES, E. P. C. Plant community dynamics in an urban forest fragment of the São Paulo Metropolitan Area, Brazil. **Hoehnea**, São Paulo – SP, v. 47, e342019, p. 1 – 18, 2020.

KREBS, C. J. **Ecological methodology**. 2 ed. British Columbia. University of British Columbia, Addison Wesley Longman. 1999. 620p.

KUBOTA, T. Y. K. et al. Variabilidade genética para caracteres silviculturais em progênies de polinização aberta de *Balfourodendron riedelianum* (Engler). **Science Forest**, v. 43, n. 106, p. 407-415, 2015.

KURTZ, B. C.; GOMES, J. C.; SCARANO, F. R. Structure and phytogeographic relationships of swamp forests of Southeast Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo – SP, v. 27, n. 4, p. 647 – 660, 2013.



LAU, A. V.; FERREIRA, G. C.; JARDIM, M. A. Fitossociologia e aspectos ecológicos da comunidade arbórea do Bosque Rodrigues Alves – Jardim Botânico Amazônia, Belém, Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife – PE, v. 13, n. 2, p. 510 – 526, 2020.

LAU, A. V.; JARDIM, M. A. G. Florística e estrutura da comunidade arbórea em uma floresta de várzea na Área de Proteção Ambiental, Ilha do Combu, Belém, Pará. **Biota Amazônica**, Macapá – AP, v. 3, n. 2, p. 88 – 93, 2013.

LIMA, A. R. S. et al. Influence of edge in the structure of the vegetation of an open Ombrophilous Forest in Alagoas. **Bioscience Journal**, Uberlândia – MG, v. 36, n. 2, p. 591 – 601, 2020.

LIMA, J. M. et al. Influência do regime de queimadas sobre a riqueza e composição florística de uma savana isolada na Amazônia – PELD oeste do Pará. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro – RJ, v. 24, n. 2, p. 301 – 316, 2020.

LIMA, J.P.C.; LEÃO, J.R.A. Dinâmica de crescimento e distribuição diamétrica de fragmentos de florestas nativa e plantada na amazônia sul ocidental. **Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 20, n. 1, p. 70 – 79, 2013.

LIMA, R. B. de A. et al. Nutritional efficiency of plants as an indicator of forest species for the restoration of forests, Brazil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba – SP, v. 46, n. 119, p. 415 – 426, 2018.

LIMA, R. C. et al. Phenology of Tree Species in an Open Ombrophilous Forest: Bases for Silviculture and Conservation. **Floresta e Ambiente**, v. 29, n. 1, p. 1-9, 2022.

LINDOSO, G. S.; FELFILI, J. M. Características florísticas e estruturais de Cerrado sensu stricto em neossolo quartzarênico. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre – RS, v. 5, n. S2, p. 102 – 104, 2007.

LONGATTI, T. R. et al. Inhibition of gelatinases by vegetable extracts of the species *Tapirira guianensis* (stick pigeon). **Journal of Pharmaceutical Research International**, Hooghly, v. 1, n. 4, p. 133 – 140, 2011.

LOPES, I. S. et al. Dinâmica da regeneração natural no sub-bosque de *Pinus caribaea* Morelet. var. *caribaea* na Reserva Biológica de Saltinho, Tamandaré – PE. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 26, n. 1, p. 95 – 107, 2016.

MAÇANEIRO, J. P. et al. Paradox between species diversity and conservation. **Tropical Conservation Science**, [S.l.], v. 9, n. 4, p. 1 – 20, 2020.

MAIA, M. C. C. et al. Análise genética em genótipos de manga rosa via REML/BLUP. **Revista Agrotecnologia**, v. 1, n. 5, p. 1-16, 2014.

MANFIO, C. E. et al. Avaliação de progênies de macaúba na fase juvenil e estimativas de parâmetros genéticos e diversidade genética. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p. 63-63, 2012.

MAGNAGO, L. F. S. et al. Functional attributes change but functional richness is unchanged after fragmentation of Brazilian Atlantic forests. **Journal of Ecology**, [S.l.], v. 102, p. 475 – 485, 2014.

MAHMOUD, T. S. et al. In vitro cytotoxic activity of Brazilian Middle West plant extracts. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba – PR, v. 21, n. 3, p. 456 – 464, 2011.

MARTINS, S. V. **Restauração florestal em áreas de preservação permanente e reserva legal**. Viçosa: CPT, 2010. 316p.

MAYORGA, S. L. M.; MOLINA, J. M. J. Usos de información georreferenciada para prestación de servicios a la población: una revisión de literatura. **Geofocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de La Información Geográfica**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 201 – 229, 2017.

MEDEIROS, D. P. W. et al. Estrutura do componente lenhoso de uma restinga no litoral sul de Alagoas, Nordeste, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife – PE, v. 3, n. 3, p. 146 – 150, 2010.

MEIRA-JUNIOR, M. S. et al. Distribuição espacial de *Eremanthus incanus* (Less.) Less. (Asteraceae) em duas áreas com diferentes níveis de conservação. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre – RS, v. 15, n. 1, p. 27 – 31, 2017.

MELO, C. A. F. et al. Morphological characterization and genetic parameter estimation in backcrossed progenies of *Passiflora* L. for ornamental use. **Scientia Horticulturae**, [S.l.], v. 212, p. 91 – 103, 2016.

MENEGATTI, R. D.; MANTOVANI, A.; NAVROSKI, M. C. Parâmetros genéticos para caracteres de crescimento inicial em progênies de bracatinga. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 87, p. 235-243, 2016.

MENZ, M. H. et al. Reconnecting plants and pollinators: challenges in the restoration of pollination mutualisms. **Trends in plant science**, [S.l.], v. 16, n. 1, p. 4 – 12, 2011.

MILANESI, S. L.; BRACK, P. Fenologia reprodutiva e estrutura populacional da canela-sassafrás (*Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer, Lauraceae) no seu limite sul de distribuição geográfica. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre – RS, v. 17, n. 2, p. 71 – 76, 2019.

MIMURA, M. et al. Understanding and monitoring the consequences of human impacts on intraspecific variation. **Evolutionary applications**, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 121 – 139, 2017.

MIRANDA, A. et al. Regeneración natural y patrones de distribución espacial de la palma chilena *Jubaea chilensis* (Molina) Baillon en los bosques mediterráneos de Chile central. **Gayana Botanica**, Chile, v. 73, n. 1, p. 54 – 63, 2016.

MIRANDA-NETO, A.; MARTINS, S. V.; SILVA, K. A. Plantlet rescue in a soil seed bank to produce forest species seedlings. **Ecological Engineering**, [S.l.], v. 132, p. 94 – 101, 2019.

MONTAGNA, T. et al. Spatial genetic structure, population dynamics, and spatial patterns in the distribution of *Ocotea catharinensis* from southern Brazil: implications for conservation. **Canadian Journal of Forest Research**, [S.l.], v. 48, p. 1 – 11, 2018.

MONTEIRO, J. **Germinação de sementes em diferentes substratos e caracterização morfológica de plântulas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan**. 2011. 30f. Monografia (Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

MORAES, M. A. et al. Variação genética para caracteres silviculturais em progênes de polinização aberta de *Eucalyptus camaldulensis* em Luiz Antônio- SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 19, n. 2, p. 113-118, 2007.

MORAES, M. C. de et al. Genetic diversity in matrices and progenies of *Euterpe edulis* Mart. in managed area and in natural populations by microsatellites markers. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 30, p. 583 – 594, 2020.

MORETTI, M. S. et al. Dinâmica espaço-temporal da extração seletiva de madeiras no estado de Mato Grosso entre 1992 e 2016. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 30, n. 3, p. 796 – 808, 2020.

NASCIMENTO JÚNIOR, L. G. L. et al. Estimativa de parâmetros genéticos em sementes de caroba. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 59, n. 4, p. 311-319, 2016.

NEGRINI, M. et al. Dispersion, spatial distribution and vertical stratification of the tree community in a forest fragment in “Planalto Catarinense” region. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 36, n. 5, p. 919 – 929, 2012.

NUNES, A. C. P. et al. Conservação genética de espécies florestais nativas: número de progênes e indivíduos a conservar para garantir a perpetuação da espécie no ambiente. **Boletim Técnico SIF**, Viçosa – MG, v. 5, n. 1, p. 1 – 6, 2021.

NUNES, A. C. P. **Qualidade da madeira, critérios de seleção e interação genótipos x ambientes de clones de *Eucalyptus* no Rio Grande do Sul**. 2015. 131 f. Dissertação (Mestrado Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

OLIVEIRA, G. G. L.; LUCENA, E. M. P.; SAMPAIO, V. S. Levantamento florísticos da área urbanizada do campus Itaperi da Universidade Estadual do Ceará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife – PE, v. 13, n. 3, p. 1177 – 1193, 2020.

OLIVEIRA, L. C.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; EISENLOHR, P. V. Emerging hotspots of tree richness in Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo – SP, v. 31, n. 1, p. 117 – 134, 2020.

OLIVEIRA, L. M. B. **Sobrevivência e crescimento de mudas resgatadas em função do tempo de transplante e níveis de sombreamento**. 2014. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2014.

OLIVEIRA, L. M.; DAVIDE, A. C.; CARVALHO, M. L. M. Avaliação de métodos de quebra de dormência e para a desinfestação de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert). **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 26, p. 597 – 603, 2003.

OLIVEIRA, O. S.; FAGUNDES, N. C. A.; VELOSO, M. D. D. M. Sapling survival and growth in a restoration project of a drained wetland forest in southeastern Brazil. **Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 28, n. 1, p. 1 – 8, 2021a.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. A study of the origin of central brazilian forests by the analysis of plant species distribution patterns. **Edinburgh Journal of Botany**, [S.L.], v. 52, n. 2, p. 141 – 194, 1995.

ONO, E. R.; SILVA, A. V.; GUIMARÃES, E. Spatial and temporal distribution of floral resources used by pollinators in a semi-deciduous seasonal forest. **The International Journal of Plant Reproductive Biology**, India, v. 12, n. 1, p. 11 – 24, 2020.

OTSUBO, H. D. C. B. et al. Variação genética para caracteres silviculturais em três espécies arbóreas da região do bolsão Sul-Mato-Grossense. **Cerne**, v. 21, p. 535-544, 2015.

PAJEWSKI, F. F. et al. Fenologia reprodutiva de *Tapirira guianensis* na Reserva Natural Salto Morato–Guaraqueçaba, PR. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá - MT, v. 6, n. 4, p. 811 – 818, 2019.

PASSOS, M. M.; UGIDOS, M. A. L. Biogeografia da Caatinga. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente – SP, v. 1, n. 19 – 20, p. 78 – 103, 1997.

PAUL, A.; KHAN, M.L.; DAS, A.K. Population structure and regeneration status of rhododendrons in temperate mixed broad-leaved forests of western Arunachal Pradesh, India. **Geology, Ecology, and Landscapes**, [S.l.], v. 3, n. 3, p. 168 – 186, 2019.

PAULA, A.; SOARES, J. J. Estrutura horizontal de um trecho de floresta ombrófila densa das terras baixas na Reserva Biológica de Sooretama, Linhares, ES. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 41, n. 2, p. 321 – 334, 2011.

PAULA, S. R. P. D.; PAIVA, A. V. D.; MARANHO, Á. S. Transposition of *Alchornea castaneifolia* (Willd.) A. Juss. Seedlings from natural regeneration as a strategy for saplings production in nursery. **Cerne**, Lavras – MG, v. 19, n. 2, p. 323 – 330, 2013.

PAZINI, P. P. P. et al. Green area in urban Cuiabá: The case of the Universidade Federal do Mato Grosso. **Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 27, n. 4, p. 1 – 10, 2020.

PELL, S. A. et al. Anacardiaceae. **Flowering plants, Eudicots: Sapindales, Cucurbitales, Myrtales**. v. 10. Springer: Berlin, Germany. 2011. p. 7 – 50.

PENTTINEN, A.; STOYAN D.; HENTTONEN, H. M. Marked point processes in forest statistics. **Forest Science**, Bethesda, v. 38, n. 4 p. 806 – 824, 1992.

PEREIRA, T. M. S.; SILVA, J. A. L.; MOURA, D. C. Fitogeografia e análise integrada da paisagem em afloramentos rochosos no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, p. 1-14, 2018.

PEREKI, H. et al. Woody species diversity and important value indices in dense dry forests in Abdoulaye Wildlife Reserve (Togo, West Africa). **International Journal of Biodiversity and Conservation**, [S.l.], v. 5, n. 6, p. 358 – 366, 2013.

PIEREZAN, L.; SCALON, S. P. Q.; PEREIRA, Z. V. Emergência de plântulas e crescimento de mudas de jatobá com uso de bioestimulante e sombreamento. **Cerne**, Lavras – MG, v. 18, n. 1, p. 127 – 133, 2012.

PIMENTA, A. C. et al. Enraizamento de estacas de *Pyrostegia venusta* Miers-bignoniaceae. **Global Science and Technology**, Rio Verde – GO, v. 12, n. 3, p. 90 – 97, 2019.

PINHAL, H. F. et al. Aplicações da cultura de tecidos vegetais em fruteiras do Cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria – RS, v. 41, n. 7, p. 1136 – 1142, 2011.

PINTO, M. N.; LIMA, R. A.; MEIRA-NETO, J. A. Ecologia funcional: relação do gradiente pedológico e abundância de espécies lenhosas no cerrado brasileiro. **Biota Amazônica**, Macapá – AP, v. 10, n. 1, p. 6 – 10, 2020.

PIO, A. D. et al. Fitossociologia de uma floresta estacional decidual em Unaí, MG. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá – MT, v. 7, n. 2, p. 947 – 960, 2020.

POMMERENING, A.; GRABARNIK, P. **Individual-based methods in forest ecology and management**. Cham: Springer, 2019.

POTT, A.; POTT, V. J.; DAMASCENO-JÚNIOR, G. A. Fitogeografia do Pantanal. **In... CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ECOLOGIA, III, 2009, São Lourenço, Minas Gerais. Anais...do III Congresso Latino-Americano de Ecologia, São Lourenço, Minas Gerais, 2009.**

POTTKER, G. S. et al. Padrão espacial de espécies florestais: estudo de caso com *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 26, n. 4, p. 1097 – 1106, 2016.

QUEIROZ, D. R. et al. Diallel analysis for agronomic traits in upland cotton in semi-arid zones in Brazil. **Genetics and Molecular Research**, [S.l.], v. 16, n. 3, p. 1 – 8, 2017.

QUEVEDO, A. et al. Análise dos parâmetros fitossociológicos em fragmento de Floresta Estacional Subtropical. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá – MT, v. 8, n. 1, p. 1319 – 1326, 2021.

RAFFELSBAUER, V. et al. Tree circumference changes and species-specific growth recovery after extreme dry events in a montane rainforest in southern Ecuador. **Frontiers in Plant Science**, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 342, 2019.

RAJARAJAN, K. et al. Genetic diversity and population structure of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit genotypes using molecular and morphological attributes. **Genetic Resources and Crop Evolution**, [S.l.], p. 1 – 13, 2021.

RAMOS, L. et al. Desenvolvimento de plântulas de itaúba (*Mezilaurus ita-uba* (Meisn.) Taub. ex Mez. Lauraceae) provenientes de regeneração natural. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia – GO, v. 10, n. 18, p. 1202 – 1210, 2014.

REIS, M. S. et al. Domesticated landscapes in Araucaria Forests, Southern Brazil: A Multispecies Local Conservation-by-Use System. **Frontiers in Ecology and Evolution**, [S.l.], v. 6, n. 11, p. 1 – 14, 2018.

RESENDE, M. D. V.; FERNANDES, J. S. C. Procedimento BLUP individual para delineamentos experimentais aplicados ao melhoramento florestal. **Revista de matemática e Estatística**, v. 17, p. 87-109, 1999.

RESENDE, D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle experimental de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

RESENDE, M. D. V. et al. Estudo da variação genética e métodos de seleção em teste de progênies de *Acácia mearnsii* no Rio Grande do Sul. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.22/23, p. 45-59, 1991.

RIBEIRO, J. F.; FONSECA, C. E. L.; SILVA, J. C. S. **Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001. 40 p.

RIBEIRO, T. M. et al. Sobrevivência e crescimento inicial de plântulas de *Euterpe edulis* Mart. transplantadas para clareiras e sub-bosque em uma Floresta Estacional Semidecidual, em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Curitiba – PR, v. 35, n. 6, p. 1219 – 1226, 2011.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. 503 p.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições Ltda. 1997. 747 p.

RODE, R. et al. Análise do padrão espacial de espécies e de grupos florísticos estabelecidos em um povoamento de *Araucaria angustifolia* em uma floresta ombrófila mista no Centro-Sul do Paraná. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 40, n. 2, p. 255 – 268, 2010.

RODRIGUES, A. M. et al. Phytochemical study of *Tapirira guianensis* leaves guided by vasodilatory and antioxidant activities. **Molecules**, Basel, v. 22, n. 2, p. 304, 2017.

RODRIGUES, R. R., GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**, 3. ed., 2004. p. 235 – 248.

ROMERO, C. L. et al. What causes conspecific plant aggregation? Disentangling the role of dispersal, habitat heterogeneity and plant-plant interactions. **Oikos**, [S.l.], v. 25, p. 1304 – 1313, 2016.

ROSA, M. N. et al. Bioprospecting of natural compounds from brazilian cerrado biome plants in human cervical cancer cell lines. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 22, n. 7, p. 3383, 2021.

ROSADO, A. M. et al. Seleção simultânea de clones de eucalipto de acordo com produtividade, estabilidade e adaptabilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília – DF, v. 47, n. 7, p. 964 – 971, 2012.

SABINO, M. et al. Crescimento de mudas de ipês em diferentes telas de sombreamento. **Nativa**, Sinop – MT, v. 4, n. 2, p. 61 – 65, 2016.

SACRAMENTO, A. C.; ZICKEL, C. S.; ALMEIDA-JÚNIOR, E. B. Aspectos florísticos da vegetação de restinga no litoral de Pernambuco. **Revista Árvore**, Curitiba – PR, v. 31 n. 6, p. 1121 – 1130, 2007.

SAFAR, N. V. H.; MAGNAGO, L. F. S.; SCHAEFER, C. E. G. R. Resilience of lowland Atlantic forests in a highly fragmented landscape: Insights on the temporal scale of landscape restoration. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 470, n. 118183, p. 1 – 10, 2020.

SALOMÃO, P. E. A.; BARBOSA, L. C.; CORDEIRO, I. J. M. Pasture degraded areas recovery: a brief review. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 9, n. 2, p. e57922057, 2020.

SANTANA, J. P. et al. Phytosociology of the shrub-arboreal stratum of the Ibura National Forest, Northeastern Brazil: are 35 years sufficient to promote the regeneration of a forest fragment? **Neotropical Biology and Conservation**, [S.l.], v. 15, n. 2, p. 89 – 106, 2020.

SANTANA, W. M. S. et al. Morfologia de flores, frutos e sementes de pau pombo (*Tapirira guianensis* Aublet. - Anacardiaceae) na região de São Cristóvão, SE, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba – SP, v. 37, n. 81, p. 47 – 54, 2009.

SANTOS, G. C. et al. Estratégias para resgate de plantas de *Xylopia sericea* A. St.-Hil. provenientes da regeneração natural. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife – PE, v. 14, n. 4, p. 7028 – 7034, 2019.

SANTOS, J. D. et al. Leaflet phenotypic plasticity in three woody species in two strata of a gallery forest. **Cerne**, Lavras – MG, v. 27, e-102645, p. 1 – 8, 2021.

SANTOS, M. N. et al. Avaliação do crescimento de mudas das famílias Fabaceae e Lauraceae, obtidas através da regeneração natural no Horto Florestal Dorcelina de Oliveira Folador, Mundo Novo–MS. **In... CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL**, V, 2014, Belo Horizonte, Minas Gerais. Anais... do V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2014.

SANTOS, P. L.; FERREIRA, R. A. Fenologia de *Tapirira guianensis* AUBL. (Anacardiaceae) no município de São Cristóvão, Sergipe. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 37, n. 1, p. 129 – 136, 2013.

SANTOS, U. M. F. **Resgate de Plântulas em Povoamento e Fragmento Florestal para Produção de Mudas**. 2019. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2019.

SANTOS-MOURA, S. D. S. et al. Influência de diferentes períodos de secagem na qualidade fisiológica de sementes de *Tapirira guianensis* Aubl. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v. 34, n. 2, p. 382 – 390, 2012.

SAUL, F. A. C. et al. Evaluation of *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. progenies for different planting systems aiming at genetic conservation. **Revista do Instituto Florestal**, v. 33, n. 2, p. 172-181, 2021.

SCCOTI, M. S. V. et al. Mecanismos de regeneração natural em remanescente de floresta estacional decidual. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 21, n. 3, p. 459 – 472, 2011.

SCHMITT, T. et al. Análise fitossociológica para a recuperação de áreas degradadas utilizando espécies de cerrado. **Global Science and Technology**, Rio Verde – GO, v. 11, n. 2, p. 65 – 77, 2018.

SCHULZE, E.D. et al. Spatial Distribution of Plants and Plant Communities. In: **Plant Ecology** Springer, Berlin, Heidelberg. 2019, p. 657 – 688.

SCOLFORO, J. R. S.; MELLO, J. M. **Inventário florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1997. 341 p.

SHELBOURNE, C. J. A. Genotype-environment interactions: its study and its implications in forest tree improvement. **IUFRO genetics-SABRAO joint symposia B-1**, Tokyo, 1972. p. 1 – 28.

SILVA, A. C. F. et al. Carbon in forest species of the Atlantic Forest as an indicator of stocks and quality. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 51, n. 3, p. 630 – 638, 2021.

SILVA, A. V. C. et al. Uses and technological prospects for the mangaba, a native fruit of Brazil. **African Journal of Biotechnology**, [S.l.], v. 16, n. 7, p. 302 – 311. 2017a.

SILVA, A. V. C. et al. Characterization of trees, fruits and genetic diversity in natural populations of mangaba. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras – MG, v. 41, n. 3, p. 255 – 262. 2017b.

SILVA, C. P. et al. Espécies botânicas categorizadas sob alguma forma de risco de extinção nos Parques Estaduais do Tocantins. **Desafios – Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, Palmas – TO, v. 7, n. 2, p. 1 – 19, 2020.

SILVA, E. P. D. et al. Chemical composition of biological active extracts of *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae). **Química Nova**, São Paulo – SP, v. 43, n. 9, p. 1216 – 1219, 2020.

SILVA, J. P. G. D. et al. Chuva de sementes e estabelecimento de plântulas em floresta tropical na região nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 28, n. 4, p.1478 – 1490, 2018.

SILVA, K. E. et al. Padrões Espaciais de Espécies Arbóreas Tropicais. In: Sebastião Venâncio Martins. (Org.). **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2012, v. 1, p. 326 – 352.



SILVA, K. E. et al. Padrões Espaciais de Espécies Arbóreas Tropicais. In: Sebastião Venâncio Martins. (Org.). **Ecologia de Florestas Tropicais do Brasil**. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2012, v. 1, p. 326 – 352.

SILVA, N. et al. Resgate de mudas de *Lychnophora pohlii* como alternativa para recuperação e conservação de campo rupestre. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 45, n. 3, p. 645 – 654, 2015.

SILVA, N. F. et al. Potencial de produção de mudas de *Aspidosperma cylindrocarpon* via resgate de plântulas. **Ciência Rural**, Santa Maria – RS, v. 47, n. 5, 2017.

SILVA, R. R. et al. Direct seeding of Brazilian savanna trees: effects of plant cover and fertilization on seedling establishment and growth. **Restoration Ecology**, [S.l.], v. 23, n. 1, p. 393 – 401, 2015.

SILVA, W. D. M. **Redes neurais artificiais como ferramenta para prognose de crescimento e melhoramento genético florestal**. 2019. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2019.

SILVA-JÚNIOR, A. L. et al. Genetic diversity of *Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke) Barneby, in a forest area in Brazil. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto – SP, v. 16, n. 3, p. 1 – 10, 2017.

SILVA-LUZ, C. L.; PIRANI, J. R. **Anacardiaceae**. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB15463>>. Acesso em: 02 de outubro de 2021.

SILVA-OLIVEIRA, R. J. et al. *Tapirira guianensis* Aubl. Extracts inhibit proliferation and migration of oral cancer cells lines. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 17, n. 11, p. 1839, 2016.

SILVEIRA-JÚNIOR, C. E. A. et al. Evaluation of honey quality of Northeast of Brazil: botanical origin and heavy metals content. **Journal of Apicultural Research**, Monmouth, v. 59, n. 4, p. 362 – 377, 2020.

SILVÉRIO, A. C.; SCHIAVINI, I. Estrutura e dinâmica da população de *Amaioua guianensis* Aubl. (Rubiaceae) em fragmento urbano de floresta estacional semidecidual–Uberlândia, Minas Gerais. **Bioscience Journal**, v. 27, n. 2, p. 312 – 321, 2011.

SILVERTOWN, J.; CHARLESWORTH, D. **Introduction to plant population biology**. Londres: Blackwell Publishing, 2005. 347 p

SOLONECHNYI, P. et al. AMMI and GGE biplot of yield performance of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties in multi environment traits. **Agricultural and Forest Meteorology**, [S.l.], v. 64, n. 1, p. 121 – 132, 2018.

SONSTEBO, J. H. et al. Genetic diversity of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seed orchard crops: Effects of number of parents, seed year, and pollen contamination. **Forest ecology and management**, Amsterdam, v. 411, p. 132 – 141, 2018.

SOUZA, B. D. et al. Ecophysiology parameters of four Brazilian Atlantic Forest species under shade and drought stress. **Acta Physiologiae Plantarum**, [S.l.], v. 32, n. 4, p. 729 – 737, 2010.

SOUZA, D. C. L.; SILVA-MANN, R.; MELO, M. F. V. Indicadores de sustentabilidade para conservação genética de *Erythrina velutina* Willd., em área de mata ciliar. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 38, n. 6, p.1103 – 1113, 2014.

SOUZA, F. M.; BATISTA, J. L. F. Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil: Influence of age and restoration design on forest structure. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 191, p. 185 – 200, 2004.

SOUZA, J. L. C. S. et al. Cutting in fruit of the Cerrado. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba – PR, v. 6, n. 3, p. 15531 – 15544, 2020.

SPIGLER, R. B.; THEODOROU, K.; CHANG, S. M. Inbreeding depression and drift load in small populations at demographic disequilibrium. **Evolution**, Rio de Janeiro – RJ, v. 71, n. 1, p. 81 – 94, 2017.

STEDILLE, L. I. B. et al. Cattle influence on the population structure of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) in Araucaria Forest. **Ciência Rural**, Santa Maria – RS, v. 49, n. 11, p. 1 – 7, 2019.

SUNDARI, T. et al. Genotypes x Environments Interaction of Soybean Lines in Various Shading Environments. **Annual Research & Review in Biology**, [S.l.], v. 36, n. 3, p. 77 – 92, 2021.

TADAIESKY, L. B. A. et al. Seed viability changes during fruit ripening of Tapirira guianensis Aubl.: Implications for collection. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e3459119719-e3459119719, 2020.

TÁVORA, B. E.; KOIDE, S. Event-based rainfall interception modeling in a cerrado riparian forest—central Brazil: An Alternative approach to the is method for parameterization of the gash model. **Water**, [S.l.], v. 12, n. 8, p. 1 – 16, 2020.

TAYLOR, P. et al. Screening of Venezuelan medicinal plant extracts for cytostatic and cytotoxic activity against tumor cell lines. **Phytotherapy Research**, [S.l.], v. 27, n. 4, p. 530 – 539, 2013.

TEIXEIRA, G. C. et al. Genetic diversity analysis of two *Eucalyptus* species using ISSR markers. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 30, n.1, p. 270 – 278, 2020.

TIAGO, P. V. et al. Genetic diversity and population structure of Jatobá: A species with economic potential for the Amazon region. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 28, n. 2, p. 515 – 524, 2018.

TÖLKE, E. A. A. D. et al. Flower Structure and Development of *Spondias tuberosa* and *Tapirira guianensis* (Spondioideae): Implications for the Evolution of the Unisexual Flowers and Pseudomonomy in Anacardiaceae. **International Journal of Plant Sciences**, v. 182, n. 9, p. 747 – 762, 2021.

TÖLKE, E. E. A. D. et al. Pericarp ontogeny of *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae) reveals a secretory endocarp in young stage. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo – SP, v. 31, n. 3, p. 319 – 329, 2017.

TOMASZ, L., HANS-PETER, P., MARCIN, P. Stability analysis of tuber yield and starch yield in mid-late and late maturing starch cultivars of potato (*Solanum tuberosum*). **Potato Research**, [S.l.], v. 63, p. 179 – 197, 2020.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em ecologia**. Tradução por Leandro da Silva Duarte, 3ª ed. Porto Alegre, Artmed, 2010. 576p.

TUNG, E. S. C. et al. Variação, divergência e correlações genéticas entre caracteres silviculturais e densidade básica da madeira em progênies de *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 1-12, 2011.

VARELLA, T. L. et al. Populational structure and spatial distribution of *Theobroma speciosum* Willd. Ex Spreng IN Northern of Mato Grosso State. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 28, n. 1, p. 115 – 126, 2018.

VASCONCELOS, W. A. et al. Caracterização florístico-estrutural e síndromes de dispersão de espécies lenhosas de remanescente de Cerradão. **Nativa**, Sinop – MT, v. 8, n. 4, p. 514 – 522, 2020.

VIANA, B. L. Produção de mudas de *Xylopia frutescens* Aubl. a partir da técnica de repicagem de plântulas da regeneração natural. **Revista Arrudea**, Recife – PE, v. 1, n. 2, p. 34 – 46, 2015.

VIANI, R. A. G., BRANCALION, P. H. S., RODRIGUES, R. R. Corte foliar e tempo de transplântio para o uso de plântulas do sub-bosque na restauração florestal. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 36, n. 2, p. 331 – 339, 2012.

VIANI, R. A. G.; RODRIGUES, R. R. Sobrevivência em viveiro de mudas de espécies nativas retiradas da regeneração natural de remanescente florestal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília – DF, v. 42, n. 8, p. 1067 – 1075, 2007.

VIEIRA, D. S. et al. Estrutura diamétrica e distribuição espacial de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. no oeste do estado do Pará, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba – SP, v. 49, n. 131, p. 1 – 11, 2021.

VRANCKX, G. U. Y. et al. Meta- analysis of susceptibility of woody plants to loss of genetic diversity through habitat fragmentation. **Conservation biology**, [S.l.], v. 26, n. 2, p. 228 – 237, 2012.

WU, B.; YANG, H. Spatial patterns and natural recruitment of native shrubs in a semi-arid sandy land. **Plos One**, [S.l.], v. 8, n. 3, p. 1 – 10, 2013.

ZAMITH, L. R.; SCARANO, F. R. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo – SP, v. 18, n. 1, p. 161 – 176, 2004.

ZIMMERMANN, A. P. L. et al. Métodos de transplante para utilização de mudas de regeneração natural de *Cordia trichotoma*. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife – PE, v. 12, n. 1, p. 74 – 78, 2017.

**CAPÍTULO I**

**OCORRÊNCIA DE *Tapirira guianensis* Aubl. NO BRASIL E INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS  
AMBIENTAIS**

RALPH, LIDIANA NAYARA. **Ocorrência de *Tapirira guianensis* Aubl. no Brasil e influência de variáveis ambientais.** 2022. Orientadora: Ana Lícia Patriota Feliciano. Coorientador: Ricardo Gallo.

## RESUMO

Os domínios fitogeográficos brasileiros abrigam grande biodiversidade devido a elevados níveis de riqueza e endemismo. As diferentes condições geográficas encontradas nos diversos domínios definem as variações macroclimáticas regionais e, conseqüentemente, são determinantes para os processos biológicos. A *Tapirira guianensis* Aubl. é uma espécie de estágio sucessional e, frequentemente, recomendada para reflorestamentos devido ao fácil estabelecimento em ambientes úmidos e à produção de frutos, comumente procurados pela fauna. Contudo, para que uma espécie seja indicada ao reflorestamento de uma área, deve-se conhecer sua adequabilidade bioclimática para região de interesse, pois, a partir desse conhecimento, é possível prever o desenvolvimento da espécie. Buscando minimizar as lacunas do conhecimento científico, o presente trabalho se baseou nas seguintes hipóteses: i) a espécie *Tapirira guianensis* é amplamente distribuída pelo Brasil; e ii) as variáveis bioclimáticas influenciam na distribuição geográfica da *Tapirira guianensis* no Brasil. O objetivo deste capítulo foi determinar a distribuição geográfica da espécie *Tapirira guianensis* no Brasil, bem como conhecer a influência de variáveis bioclimáticas nessa distribuição. Utilizou-se a base de dados NeotropTree para analisar os sítios de ocorrência de *Tapirira guianensis*. As análises foram realizadas dentro dos limites geográficos brasileiros e foram catalogados todos os sítios de ocupação da *Tapirira guianensis* em todos os domínios fitogeográficos, ao final, foram filtradas 15 variáveis bioclimáticas. As variáveis foram submetidas à análise multivariada, determinando os dois principais componentes. Foram observados 1.733 sítios de ocorrência da espécie *Tapirira guianensis*, distribuídos em quatro domínios fitogeográficos do País. Na Mata Atlântica, encontram-se 929 sítios de ocorrência, enquanto a Amazônia, o Cerrado e a Caatinga apresentaram 496, 296 e 12 sítios de ocorrência, respectivamente. As variáveis de temperatura têm os maiores coeficientes de correlação entre si, todos maiores de 0,69. Em geral, os coeficientes de correlação entre as variáveis de precipitação e temperaturas são mais baixos. Estudos relacionados à distribuição geográfica de espécies florestais são fundamentais para prever os impactos climáticos sobre a vegetação. Essa pesquisa contribui para o conhecimento sobre a distribuição geográfica e a relação com as variáveis bioclimáticas da *Tapirira guianensis*, colaborando com a identificação de áreas prioritárias para a espécie. A espécie se mostrou bem adaptada às mais diversas condições ambientais, sendo encontrada em todos os domínios fitogeográficos brasileiros, com exceção dos domínios Pampa e Chaco. Portanto, pode-se recomendar essa espécie para projetos de restauração florestal nos mais diversos domínios fitogeográficos.

**Palavras-chave:** domínios fitogeográficos, espécie florestal nativa, NeoTropTree, variáveis bioclimáticas.

RALPH, LIDIANA NAYARA. **Occurrence of *Tapirira guianensis* Aubl. in Brazil and the influence of environmental variables.** 2022. Advisor: Ana Lícia Patriota Feliciano. Co-advisor: Ricardo Gallo.

### ABSTRACT

Phytogeographic domains harbor great biodiversity due to high levels of richness and endemism. The different geographic conditions found in the different domains define the regional macroclimatic variations and, consequently, are determinant for biological processes. *Tapirira guianensis* Aubl. it is a specie of successional stage frequently recommended for reforestation due to its easy establishment in humid environments and the production of fruits commonly sought by the fauna. However, for a specie to be indicated for reforestation of an area, its bioclimatic suitability for the region of interest must be known, because from this knowledge it is possible to predict the development of the specie. Seeking to minimize the gaps in scientific knowledge, the present work was based on the following hypotheses: i) the specie *Tapirira guianensis* is widely distributed throughout Brazil and ii) bioclimatic variables influence the geographic distribution of *Tapirira guianensis* in Brazil. The objective of this chapter was to determine the geographic distribution of the specie *Tapirira guianensis* in Brazil, as well as to know the influence of bioclimatic variables in this distribution. The NeotropTree database was used to analyze the occurrence sites of *Tapirira guianensis*. The analyzes were carried out within the Brazilian geographic limits, and all the occupation sites of *Tapirira guianensis* in all phytogeographic domains were cataloged, at the end 15 bioclimatic variables were filtered. The variables were submitted to multivariate analysis, determining the two main components. A total of 1,733 occurrence sites of the specie *Tapirira guianensis* were observed, distributed in four phytogeographic domains of the country. In the Atlantic Forest, there are 929 occurrence sites, while the Amazon, the Cerrado and the Caatinga, presented 496, 296 and 12 occurrence sites, respectively. Temperature variables have the highest correlation coefficients with each other, all greater than 0.69. In general, the correlation coefficients between precipitation and temperature variables are lower. Studies related to the geographic distribution of forest species are essential to predict climate impacts on vegetation. This research contributes to the knowledge about the geographic distribution and the relationship with the bioclimatic variables of *Tapirira guianensis*, collaborating with the identification of priority areas for the specie. The specie proved to be well adapted to the most diverse environmental conditions, being found in all Brazilian phytogeographic domains, except for the Pampa and Chaco domains. Therefore, this specie can be recommended for forest restoration projects in the most diverse phytogeographic domains.

**Keywords:** phytogeographic domains, native forest species, NeoTropTree, bioclimatic variables.

## 1. INTRODUÇÃO

Os domínios fitogeográficos brasileiros abrigam importante biodiversidade devido à combinação de elevados níveis de riqueza e endemismo (ZAPPI et al., 2015; BEECH et al., 2017). No entanto, a fragmentação provocada pelas perturbações antrópicas, o aquecimento global, as oscilações climáticas, as perturbações crônicas e as invasões biológicas também têm causado alterações biofísicas, que, como consequência, intensificam as alterações climáticas e as perdas de habitats (BELLARD et al., 2012).

As diferentes condições geográficas definem as variações macroclimáticas regionais e, conseqüentemente, são determinantes para os processos biológicos. Em um país de grandes proporções, como o Brasil, muitas condições geográficas afetam a distribuição da vegetação e têm papel importante na ocorrência das espécies. As alterações do clima (VOURLITIS et al., 2015), dos padrões de precipitação (MARIMON et al., 2014) e das propriedades do solo (PONTARA et al., 2016) podem interferir na migração de espécies vegetais para locais ideais para sua adaptação (REIS et al., 2019).

Com isso, o uso de variáveis bioclimáticas são fundamentais nos estudos de distribuição geográfica (WERNECK et al., 2012), pois, além de indicar as mudanças ambientais, indicam, também, mudanças na distribuição espacial (WILLIAMS et al., 2003; OLIVEIRA et al., 2019) e estrutura das florestas (DUBUIS et al., 2011).

As florestas são ambientes dinâmicos e estão em constante mudança de acordo com a ação em que são submetidas. Essas ações podem ser classificadas como visíveis ou não visíveis, as visíveis são as interferências antrópicas, como queimadas e desmatamento, e as não visíveis são as interferências climáticas, como as mudanças na temperatura e no regime pluviométrico. Tais fatores regulam o comportamento das interações dos componentes bióticos de uma floresta (SILVA, 2015; BERGAMIN et al., 2019).

As consequências dessas ações são ainda mais preocupantes quando ocorrem em ambientes que apresentam fragilidade ambiental, ou seja, quando os recursos naturais têm sido explorados durante séculos, incluindo, por exemplo, a ocupação antrópica nos diversos domínios fitogeográficos, que proporcionou modificações na paisagem em larga escala e fragmentação florestal (WILSON et al., 2021).

A ideia de que os indivíduos vegetais respondem morfofisiologicamente às mudanças ambientais é bastante antiga (CALLAWAY et al., 2003; RITO et al., 2017), além disso, o potencial para plasticidade nas espécies confere vantagens a alguns indivíduos em relação aos



demais, seja em uma população ou comunidade em ambientes de transição, heterogêneos e/ou perturbados (VIA et al., 1995; JAGER et al., 2015).

Dentre esses indivíduos, destaca-se a *Tapirira guianensis* Aubl., uma espécie de estágio sucessional pioneiro a secundária inicial (BOERGER et al., 2005), também considerada uma secundária inicial-tardia. Apresenta crescimento mais lento no início da vida e, nesta fase, são tolerantes à sombra, mas, posteriormente, aceleram o crescimento em busca de luz no dossel das florestas (BALDONI, 2010).

Além disso, é, frequentemente, recomendada para reflorestamentos heterogêneos de áreas degradadas de preservação permanente (SILVA et al., 2004; CARDOSO-LEITE et al., 2004; MENEZES et al., 2022), devido ao fácil estabelecimento em ambientes úmidos e à produção de frutos, comumente procurados pela fauna (LORENZI, 2002; GUIMARÃES, 2003; AGUIAR et al., 2016).

Contudo, para que uma espécie seja indicada ao reflorestamento de uma área, deve-se conhecer sua adequabilidade bioclimática para região de interesse, pois, a partir desse conhecimento, é possível prever o desenvolvimento da espécie. Segundo Draper, Marques e Iriondo (2019), informações sobre a distribuição de espécies permitem selecionar precisamente o local adequado para receber uma espécie vegetal. Entretanto, pesquisas envolvendo a distribuição geográfica de espécies florestais nativas são escassas (MI et al., 2017).

Para contribuir com essas pesquisas, Eisenlohr e Oliveira-Filho (2015) criaram um banco de dados online chamado de NeoTropTree, com informações florísticas, envolvendo a biogeografia, biodiversidade de espécies, endemismo e processos ecológicos. O NeoTropTree é composto por planilhas fitossociológicas por sítios em toda região biogeográfica neotropical, em conjunto com suas variáveis ambientais (OLIVEIRA-FILHO, 2017).

Assim, por tal espécie ser recomendada em diversos estudos de restauração de áreas degradadas e buscando minimizar as lacunas do conhecimento científico, o presente trabalho se baseou nas seguintes hipóteses: i) a espécie *Tapirira guianensis* é amplamente distribuída pelo Brasil; e ii) as variáveis bioclimáticas influenciam na distribuição geográfica da *Tapirira guianensis* no Brasil.

Dessa forma, o objetivo deste capítulo foi determinar a distribuição geográfica da espécie *Tapirira guianensis* no Brasil, assim como conhecer a influência de variáveis bioclimáticas nessa distribuição.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se a base de dados NeotropTree (OLIVEIRA-FILHO, 2017) para obter dados bióticos e abióticos e analisar os sítios de ocorrência de *Tapirira guianensis*. O banco de dados apresenta uma lista de ocorrência de espécies florestais nativas (*in situ* e *ex situ*), pois nem sempre a ocorrência da espécie é em sua área nativa *in situ*, com pelo menos 3 metros de altura. Atualmente, o NeoTropTree contém informações sobre a composição de espécies florestais de 7.485 sítios, classificados nos 17 domínios fitogeográficos, localizados na região fitogeográfica neotropical. Cada sítio é considerado uma área circular com um raio de 5 km, centrada nas coordenadas geográficas utilizadas.

Diferindo de grande parte dos bancos de dados biogeográficos que fornecem um compilado de registros de ocorrência de espécies georreferenciadas, o NeoTropTree é elaborado por planilhas fitossociológicas (*species checklists*) por local em toda região biogeográfica neotropical, em conjunto com suas variáveis ambientais (OLIVEIRA-FILHO, 2017).

O compilado é produto de dados publicados e não publicados, registros de herbário e monografias dos anos de 1992 a 2017, de todo território tropical, e tem sido utilizado como suporte para diversas pesquisas, como padrões florísticos e geográficos, diversidade filogenética, endemismo e estratégias de conservação (OLIVEIRA-FILHO, 2017).

As análises foram realizadas dentro dos limites geográficos brasileiros e foram catalogados todos os sítios de ocupação da *Tapirira guianensis* em todos os domínios fitogeográficos, ao final, foram filtradas 15 variáveis bioclimáticas.

**Tabela 1.** Representação das siglas das abreviações utilizadas

REPRESENTAÇÃO	VARIÁVEL
ALT	Altitude
DAS	Severidade do período de déficit hídrico (mm)
DCD	Deciduidade
DDA	Duração do período de déficit hídrico (dias)
DEA	Duração do período de excesso de água (dias)
DMN	Domínio fitogeográfico
FV	Fisionomia da vegetação
Pan	Precipitação anual (mm)
PMC	Precipitação do mês mais chuvoso (mm)
PMS	Precipitação do mês mais seco (mm)

RC	Regime climático
SEA	Severidade do período de excesso de água (mm)
Tmax	Temperatura máxima do mês mais quente (°C)
Tmed	Temperatura média anual (°C)
Tmin	Temperatura mínima do mês mais frio (°C)

---

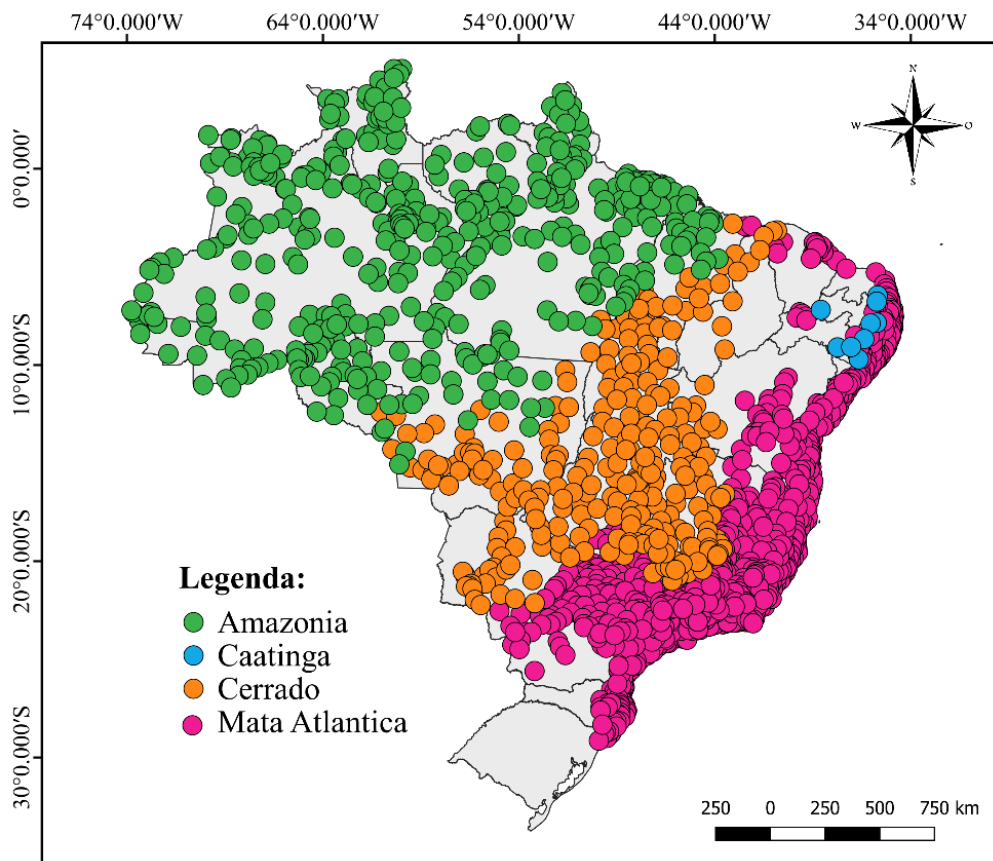
Os valores das variáveis de características visíveis que mais contribuíram para os componentes principais foram organizadas em planilha digital Microsoft Office Excel 2021 e, a partir disso, foram elaborados mapas com o auxílio do software QGIS versão 3.22 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2021), relacionando a concentração de sítios de ocorrência com os valores de cada uma das variáveis. Essas variáveis foram selecionadas por serem as de melhor visualização.

As variáveis foram submetidas à análise multivariada, determinando os dois principais componentes. As análises foram realizadas com auxílio do software R versão 4.1.1 (R CORE TEAM, 2021), utilizando os pacotes ggplot2 (WICKHAM, 2016), FactoMineR (HUSSON et al., 2020), devtools (WICKHAM; CHANG, 2017) e factoextra (KASSAMBARA; MUNDT, 2020). Neste programa, também foram elaborados *boxplots* e histogramas das variáveis ambientais, que contribuíram para os componentes, a fim de auxiliar na visualização das faixas preferenciais, sendo possível indicar os valores em que ocorrem com maior frequência.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entende-se por distribuição geográfica o conjunto de localizações geográficas ocupadas por determinado indivíduo em um período e as condições e recursos naturais, bióticos ou abióticos, condicionam a distribuição de uma espécie (LENOIR; SVENNING, 2013). Assim, de acordo com o levantamento realizado no NeoTropTree (OLIVEIRA-FILHO, 2017), foram observados 1.733 sítios de ocorrência da espécie *Tapirira guianensis*, distribuídos em quatro domínios fitogeográficos do País.

Na Mata Atlântica, encontram-se 929 sítios de ocorrência, enquanto a Amazônia, o Cerrado e a Caatinga apresentaram 496, 296 e 12 sítios de ocorrência, respectivamente. Não foi verificada a ocorrência da espécie nos domínios fitogeográficos Pampa e Chaco (Figura 1).



Fonte: Elaborado pela autora, com dados do NeoTropTree (2022).

**Figura 1.** Distribuição geográfica dos 1.733 pontos de ocorrência de *Tapirira guianensis* no Brasil.

A elevada distribuição da *Tapirira guianensis* está relacionada com seu polimorfismo (ocorrência de dois ou mais fenótipos comuns em uma população natural), que é parcialmente

influenciado pela ecologia e geografia (WHITE, 1998) e permite uma melhor adaptação às diversas condições ambientais, como também à disponibilidade de recursos (SILVA et al., 2019). Foi observado por Oliveira et al. (2020) que essa espécie é a de maior frequência na Amazônia, mesmo com toda heterogeneidade ambiental, que é um dos principais fatores determinantes da composição florística e da riqueza de um sítio.

Provavelmente, a adaptação da espécie aos diversos domínios fitogeográficos está relacionada à possibilidade de que populações mais flexíveis e, possivelmente, mais plásticas tenham habitado nichos disponíveis e se expandido por diversos ambientes, além dos limites de refúgio, por meio da conexão de florestas de galerias (HAFFER; PRANCE, 2002).

A composição e a estrutura das comunidades, que diferenciam as unidades fitogeográficas, podem ser determinadas por fatores abióticos, como topografia, altitude, solo, umidade, temperatura e precipitação. Com isso, as diversas formações florestais possuem características particulares da sua fauna e flora (IVANAUSKAS, 2001).

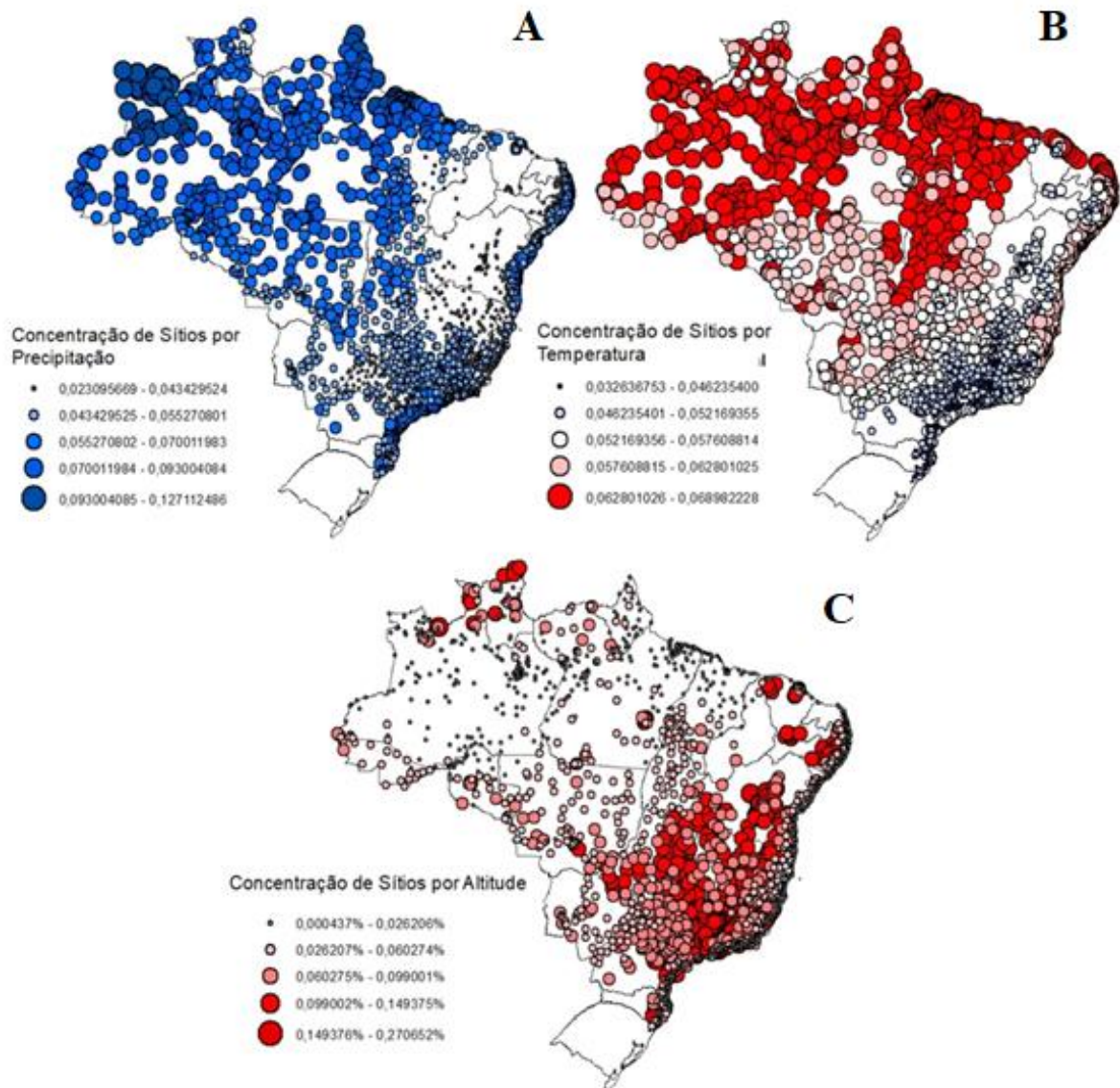
Na Figura 2, verifica-se a concentração dos sítios de ocorrência da *Tapirira guianensis* por temperatura, precipitação e altitude. Na Figura 2ª, encontra-se a ocorrência dos sítios com relação à precipitação e percebe-se que a maior concentração ocorreu na região Norte do País, em que, de uma forma geral, a precipitação é mais elevada (ALMEIDA et al., 2020), devido aos fatores geográficos de luminosidade e evaporação.

Em relação à temperatura (Figura 2B), percebe-se que as temperaturas mais elevadas concentram o maior número de sítios, localizados, em grande parte, na região Norte, estendendo-se por parte do centro-oeste e norte do litoral nordestino. Já as temperaturas mais baixas apresentam menores ocorrências de sítios na região Sudeste.

O clima é considerado fundamental para o nicho das espécies, pois atua como filtro ecológico na ocorrência de uma espécie em um determinado local (PECL et al., 2017). As alterações climáticas, que são as variações no clima que persistem durante décadas ou períodos superiores, podem modificar a distribuição geográfica de uma espécie, podendo expandir, retrair ou deslocar a mesma (LIMA et al., 2019).

Para *Tapirira guianensis*, que é altamente adaptada às diversas condições climáticas, percebe-se que, quando levado em conta a precipitação e temperatura, seus locais de ocorrência coincidem em maior parte na região Norte, demonstrando que há uma possível relação entre essas variáveis, o que justifica a maior ocorrência da espécie nos sítios amostrados. Assim, quando as condições climáticas não são adequadas para a espécie, esta poderá migrar para locais mais propícios ou até ser extinta caso essa migração seja impossível (SALES et al., 2017; WALLER et al., 2017).

Na Figura 2C, observa-se a ocorrência dos sítios de ocupação da *Tapirira guianensis* em relação à altitude. Nota-se que a maior concentração dos sítios de ocorrência está localizada em regiões de elevadas altitudes, situadas em sua maioria na região Sudeste, no domínio da Mata Atlântica. Já nas baixas altitudes, houve a menor concentração dos sítios de ocorrência da espécie.



Fonte: Elaborado pela autora, com dados do NeoTropTree (2022).

**Figura 2.** Concentração dos sítios de ocorrência da espécie *Tapirira guianensis* em relação à precipitação (A), temperatura (B) e altitude (C). Em que o tamanho do círculo e a coloração indicam a magnitude dos dados.

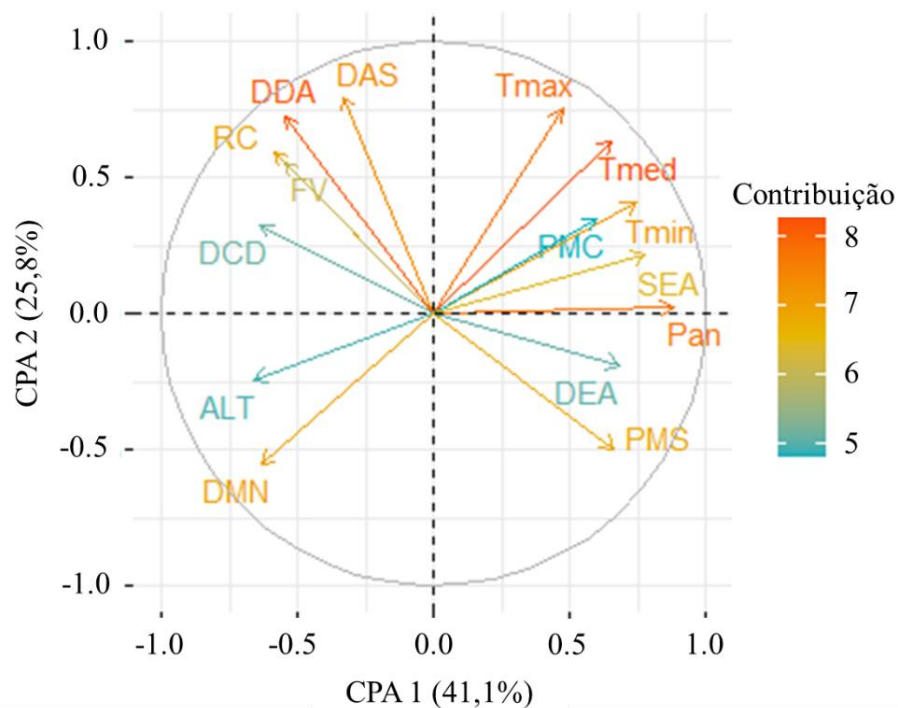
Estudos mostram que as áreas de menor altitude são mais vulneráveis às mudanças climáticas. Com isso, as populações que ocupam esses locais poderão apresentar desequilíbrio

em sua estrutura, ocasionando, eventualmente, o desaparecimento de determinada espécie. Já as áreas mais elevadas tenderão a apresentar maior estabilidade, formando populações mais bem estabelecidas. Isso reforça a necessidade da conservação destas áreas como refúgios climáticos promissores (BERGAMIN et al., 2019; WILSON et al., 2019).

No presente estudo, o grande número de ocorrências em relação às altas altitudes divergiu dos resultados observados para precipitação e temperatura, mostrando que, apesar desses fatores estarem interligados entre si, não se pode afirmar qual destes é o mais influente na ocorrência da *Tapirira guianensis*.

Com isso, entender as relações entre mudanças climáticas, distribuição e dinâmica vegetal vem se tornando um dos grandes desafios para a conservação dos ecossistemas naturais (SVENNING; SANDEL, 2013). Assim, pesquisas relacionadas à distribuição geográfica de indivíduos florestais são importantes para predição de impactos futuros provocados pela alteração climática (HIGUCHI et al., 2013).

Na Figura 3, é possível observar os dois primeiros eixos da análise de componentes principais (CPA), que, baseado nas características climáticas e ambientais, explicaram, juntos, 66,9 % da variação dos dados. Em função dos escores de cada variável, percebe-se quais as características estão correlacionadas entre si e que mais influenciam na ocorrência da *Tapirira guianensis* nos sítios de amostragem.



**Figura 3.** Contribuição das variáveis dos componentes principais dos sítios de ocorrência da espécie *Tapirira guianensis* em sítios de ocorrência brasileiros levantados no NeoTropTree. Em que: ALT: altitude; DC: deciduidade; FV: fisionomia da vegetação; RC: regime climático; DDA: duração do período de déficit hídrico; DAS: severidade do período de déficit hídrico; Tmax: temperatura do mês mais quente; Tmed: temperatura média anual; Tmin: temperatura mínima do mês mais frio; PMC: precipitação do mês mais chuvoso; SEA: severidade do período de excesso de água; Pan: precipitação anual; DEA: duração do período de excesso de água; PMS: precipitação do mês mais seco; e DMN: domínio fitogeográfico.

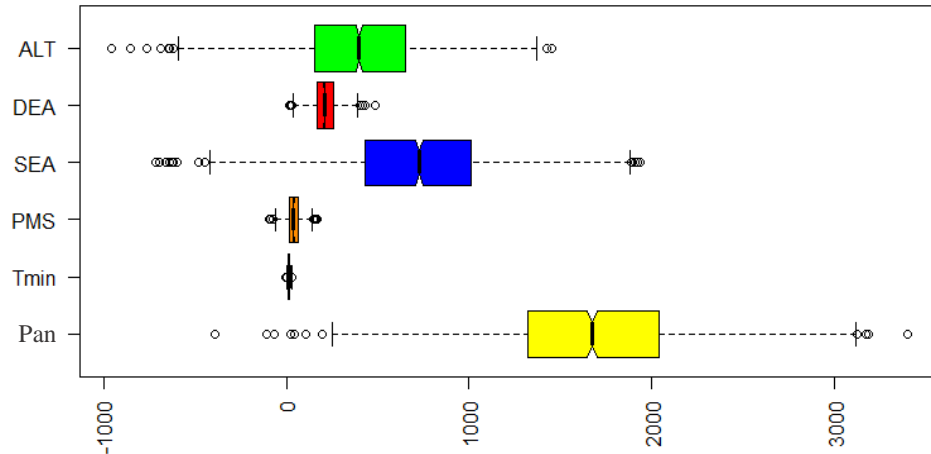
Nota-se que as variáveis relacionadas ao clima, como temperatura máxima do mês mais quente (Tmax), temperatura média anual (Tmed) e duração do período de déficit hídrico (DDA), são as que mais influenciam na ocorrência ou não da espécie nos sítios abordados. No entanto, destas características, apenas a temperatura média e a temperatura máxima mostram uma forte correlação positiva ( $r = 0,9$ ), além de apresentarem contribuições similares para os componentes 2 (CPA 2).

Na Figura 4, verifica-se como os dados foram agrupados de acordo com os componentes principais. Os agrupamentos no presente estudo apontam a formação de quatro grupos (*clusters*) contendo sítios com características similares, de forma que os sítios de ocorrência em grupos diferentes apresentam uma heterogeneidade em relação à mesma característica.

Dos quatro *clusters* formados, três são mais influenciados pelas variáveis que mais contribuem para a CPA 1. Sendo a altitude para o *cluster* 4 e, para os *clusters* 1 e 3, o que mais influência são fatores hídricos, como precipitação anual e duração do período de excesso de água, respectivamente. Já o *cluster* 2 tem mais influência das variáveis que mais contribuem para o CPA 2, sendo a temperatura máxima a principal. Esses agrupamentos podem estar associados às características adaptativas da espécie em estudo, que esta apresenta uma ampla distribuição e possui elevada plasticidade.







**Figura 5.** *Boxplot* da variação dos componentes principais 1 (CPA 1). Em que: ALT: altitude; DEA: duração do período de excesso de água; SEA: severidade do período de excesso de água; PMS: precipitação do mês mais seco; Tmin: temperatura mínima do mês mais frio; e Pan: precipitação anual.

Foi possível observar uma ampla faixa de valores para precipitação anual (Tabela 2), destacando a maior incidência de *outliers* em valores negativos, indicando que a ocorrência da espécie está atrelada a precipitações mais elevadas, confirmando os resultados encontrados na Figura 2A. Comportamento semelhante pode ser observado em relação à severidade do período de excesso de água, em que baixos valores não favorecem a ocorrência da espécie, no entanto, existe uma faixa ideal que contribui para ocupação da *Tapirira guianensis*.

Os fatores que limitam a ocorrência da espécie estão relacionados a valores de máximo e mínimo, que podem ser observados nas extremidades das caudas. Assim, pode-se afirmar que a precipitação do mês mais seco e temperatura mínima são as variáveis mais limitantes dentre as que mais contribuem para o CPA 1.

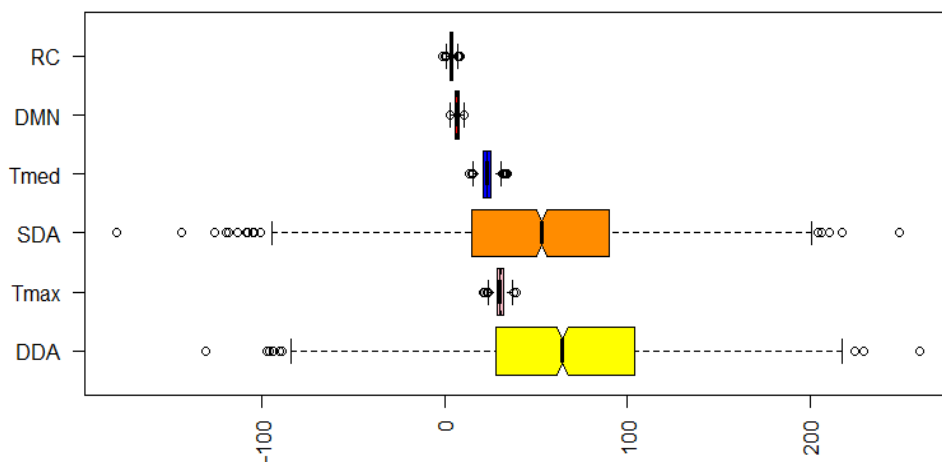
**Tabela 2.** Valores mínimos, médios, máximos e desvios padrões das variáveis dos componentes principais em relação ao percentual de ocorrência.

Variáveis	< 10 % ocorrência				≥ 90 % ocorrência			
	Mín <sup>1</sup>	Med <sup>2</sup>	Máx <sup>3</sup>	SP <sup>4</sup>	Mín	Med	Máx	SP
<b>CPA 1</b>								
ALT	-850,09	250,85	2.045,83	1.158,88	-540,70	402,70	1359,90	365,27
DEA	-98,46	249,59	488,219	247,08	7,93	212,96	416,93	78,46
SEA	-588,88	1.143,05	2.131,27	1.227,13	-459,30	715,80	1.875,10	437,44
PMS	-98,78	30,26	167,17	119,29	-64,37	40,84	146,14	39,09
Tmin	-0,93	18,58	32,68	14,85	2,88	15,43	27,92	4,58
Pan	-374,46	1.722,93	3.626,98	539,55	196,70	1.660,90	3.126,30	539,55
<b>CPA 2</b>								
RC	-0,14	5,19	8,17	3,48	0,84	3,98	7,12	1,18
DMN	2,86	8,29	11,76	3,67	3,26	6,78	10,3	1,31
Tmed	14,42	25,70	34,71	9,91	15,44	23,29	31,04	2,78
SDA	212,73	220,71	230,33	7,31	-110,42	47,92	206,30	57,56

Tmax	21,81	32,87	38,67	7,61	23,74	30,52	37,26	2,44
------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	------

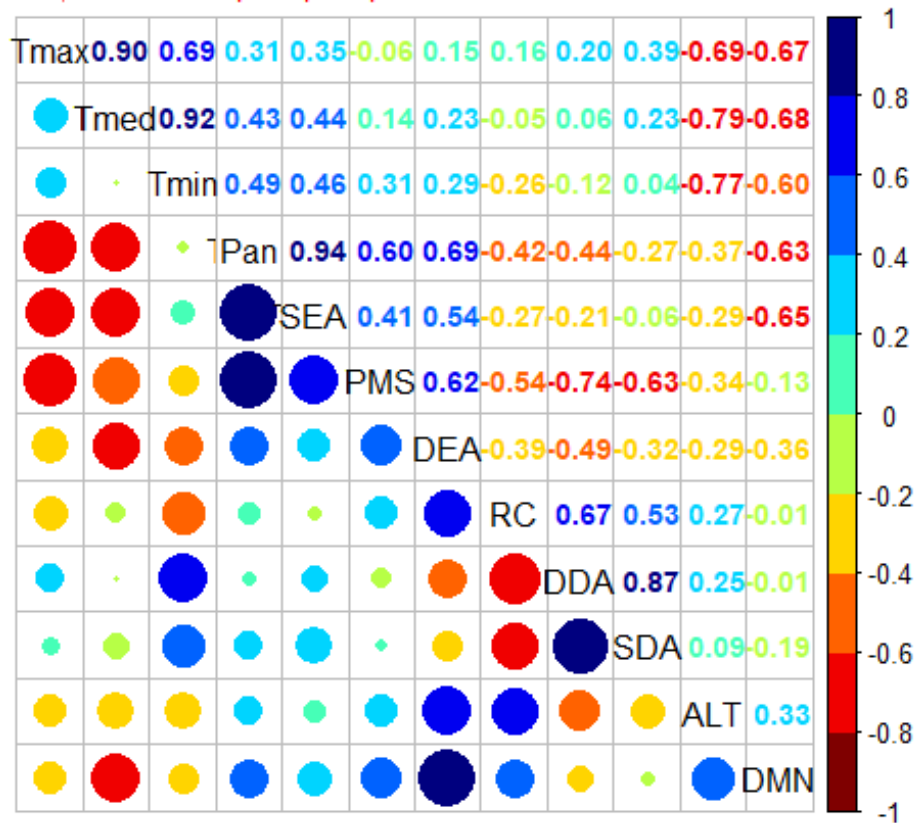
Em que: <sup>1</sup>Mínimo; <sup>2</sup>Médio; <sup>3</sup>Máximo; <sup>4</sup>Desvio padrão; CPA 1: componentes principais 1; CPA 2: componentes principais 2; ALT: altitude; DEA: duração do período de excesso de água; SEA: severidade do período de excesso de água; PMS: precipitação do mês mais seco; Tmin: temperatura mínima do mês mais frio; Pan: precipitação anual; RC: regime climático; DMN: domínio fitogeográfico; Tmed: temperatura média anual; SDA: severidade do período de déficit hídrico; e Tmax: temperatura máxima do mês mais quente.

As variáveis que mais contribuíram para CPA 2 estão na Figura 6. Observou-se maiores amplitudes dos dados da severidade do período de déficit de água e da duração do período de déficit de água. A partir desses resultados, pode-se afirmar que existe uma maior afinidade para ocorrência da espécie *Tapirira guianensis* em locais com maior abundância de água, respeitando-se um limite. Isso pode ser confirmado ao comparar as amplitudes das variáveis SEA (Figura 5) com SDA (Figura 6).



**Figura 6.** *Boxplot* da variação dos componentes principais 2 (CPA 2). Em que: RC: regime climático; DMN: domínio fitogeográfico; Tmed: temperatura média anual; SDA: severidade do período de déficit hídrico; Tmax: temperatura máxima do mês mais quente; e DDA: duração do período de déficit hídrico.

Na Figura 7, encontram-se os resultados referentes aos coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis bioclimáticas que mais contribuíram para os componentes. Verifica-se que houve correlação forte e positiva entre as características Tmed x Tmax (0,90), Tmed x Tmin (0,92), SEA x Pan (0,94) e DAS x DDA (0,87).



**Figura 7.** Coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) entre as variáveis bioclimáticas dos sítios de ocupação da *Tapirira guianensis*. O tamanho do círculo e a coloração indicam a magnitude e a direção de cada correlação, respectivamente. Em que: ALT: altitude; DC: deciduidade; FV: fisionomia da vegetação; RC: regime climático; DDA: duração do período de déficit hídrico; SDA: severidade do período de déficit hídrico; Tmax: temperatura do mês mais quente; Tmed: temperatura média anual; Tmin: temperatura mínima do mês mais frio; PMC: precipitação do mês mais chuvoso; SEA: severidade do período de excesso de água; Pan: precipitação anual; DEA: duração do período de excesso de água; PMS: precipitação do mês mais seco; e DMN: domínio fitogeográfico.

Correlação moderada positiva foi obtida entre as variáveis Tmin x Tmax (0,69), PMS x Pan (0,60), DEA x Pan (0,69) e DEA x PMS (0,62). Já entre as variáveis ALT x Tmax (-0,60), ALT x Tmed (-0,79), ALT x Tmin (-0,77) e DDA x PMS (-0,74) foram encontradas correlações moderadas negativas.

As variáveis de temperatura têm os maiores coeficientes de correlação entre si, todos maiores de 0,69. Em geral, os coeficientes de correlação entre as variáveis de precipitação e temperaturas são mais baixos.

A correlação encontrada para a variável ALT x Pan (-0,37) indica que as chuvas têm pouca influência da altitude, no entanto, a correlação de -0,79 entre ALT x Tmed indica que a altitude influencia na temperatura.

#### 4. CONCLUSÃO

Estudos relacionados à distribuição geográfica de espécies florestais são fundamentais para prever os impactos climáticos sobre a vegetação. Essa pesquisa contribui para o conhecimento sobre a distribuição geográfica e a relação com as variáveis bioclimáticas da *Tapirira guianensis*, colaborando com a identificação de áreas prioritárias para a espécie.

A espécie se mostrou bem adaptada às mais diversas condições ambientais, sendo encontrada em todos os domínios fitogeográficos brasileiros, com exceção dos domínios Pampa e Chaco, mostrando preferência aos ambientes com elevada precipitação, temperatura e altitude, o que é de grande importância para formulação de estratégias de conservação da biodiversidade.

Assim, devido à presença da espécie *Tapirira guianensis* em nichos bioclimáticos diversos, essa espécie pode ser amplamente utilizada em programas de restauração de áreas degradadas em diversos domínios fitogeográficos.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L. M. et al. Herbicide tolerance and water use efficiency in forest species used in degraded areas recovery programs. **Bosque**, Valdivia, v. 37, n. 3, p. 493 – 500, 2016.
- ALMEIDA, A. C. et al. Variabilidade Espacial e Temporal de Descargas Atmosféricas na Região Norte. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 05, p. 2074-2085, 2020.
- BALDONI, R. N. **Dinâmica de população de *Tapirira guianensis* AUBL.(Anacardiaceae), em áreas de restinga e cerrado do Estado de São Paulo.** 2020. 93f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos. 2010.
- BEECH, E. et al. Global Tree Search: The first complete global database of tree species and country distributions. **International Journal of Sustainable Future for Human Security**, [S.l.], v. 36, p. 454 – 489, 2017.
- BELLARD, C. et al. Impacts of climate change on the future of biodiversity. **Ecology Letters**, [S.l.], v. 15, n. 4, p. 365 – 377, 2012.
- BERGAMIN, R. S. et al. Loss of suitable climatic areas for Araucaria forests over time. **Plant Ecology & Diversity**, Abingdon-on-Thames, v. 12, n. 2, p. 115 – 126, 2019.
- BOERGER, M. R.; ALVES, L. C.; NEGRELLE, R. R. B. Variações morfo-anatômicas dos folíolos de *Tapirira guianensis* Aubl. em relação a diferentes estratos das florestas. **Biotemas**, Florianópolis – SC, v. 11, n. 2, p. 27 – 38, 1998.
- BUENO, M. L. et al. The environmental triangle of the Cerrado Domain: Ecological factors driving shifts in tree species composition between forests and savannas. **Journal of Ecology**, [S.l.], v. 106, n. 5, p. 2109 – 2120, 2018.
- CALLAWAY, R. M., PENNINGS, S. C., RICHARDS, C. L Phenotypic plasticity and interactions among plants. **Ecology**, Washington, v. 84, n. 5, p. 1115 – 1128, 2003.
- CARDOSO-LEITE, E. et al. Fitossociologia e caracterização sucessional de um fragmento de mata ciliar, em RioClaro/SP, como subsídio à recuperação da área. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo – SP, v. 16, n. 1, p. 31 – 41, 2004.
- DRAPER, D.; MARQUES, I.; IRIONDO, J. M. Species distribution models with field validation, a key approach for successful selection of receptor sites in conservation translocations. **Global Ecology and Conservation**, v. 19, n. 13, p. e005653, 2019.
- DUBUIS, A. et al. Predicting spatial patterns of plant species richness: a comparison of direct macroecological and species stacking modelling approaches. **Diversity and Distributions**, [S.l.], v. 17, n. 6, p. 1122 – 1131, 2011.

EISENLOHR, P. V.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. **Obtenção e estruturação de metadados para trabalhos fitogeográficos de síntese e o banco de dados NeoTropTree como estudo de caso.** In: EISENLOHR, P. V.; FELFILI, J. M.; MELO, M. M. R. F.;

FRITZSONS, E.; MANTOVANI, L. E.; WREGE, M. S. Distribuição da araucária no estado do Paraná (Brasil): fatores climáticos limitantes. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 44, p. 258-271, 2018.

GUIMARÃES, M. A. Frugivoria por aves em *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae) na zona urbana do município de Araruama, estado do Rio de Janeiro, sudeste brasileiro. **Atualidades Ornitológicas**, [S.l.], v. 116, n. 1, p. 1 – 10, 2003.

HAFFER, J.; PRANCE, G. T. Impulsos climáticos da evolução na Amazônia durante o Cenozóico: sobre a teoria dos Refúgios da diferenciação biótica. **Revista Estudos avançados**, São Paulo – SP, v. 16, n. 46, p. 175 – 206, 2002.

HIGUCHI, P. et al. Influência do clima e de rotas migratórias de espécies arbóreas sobre o padrão fitogeográfico de florestas na região sul do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 23, p. 539 – 553, 2013.

HUSSON, F. et al. FactoMineR: an R package for multivariate analysis. **Journal of statistical software**, [S.l.], v. 25, n. 1, p. 1 – 18, 2008.

JAGER, M. M. et al. Soil fertility induces coordinated responses of multiple independent functional traits. **Journal of Ecology**, Londres, v. 103, n. 2, p. 374 – 385, 2015.

KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. **Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses.** 2020.

LENOIR, J.; SVENNING, J. C. Latitudinal and elevational range shifts under contemporary climate change. In: LEVIN, S. A. (Ed.). **Encyclopedia of biodiversity**, 2ª ed. Academic Press, 2013. p. 599 – 611.

LIMA, A. A. et al. Impacts of climate changes on spatio-temporal diversity patterns of Atlantic Forest primates. **Perspectives in Ecology and Conservation**, [S.l.], v. 17, n. 2, p. 50 – 56, 2019.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil.** 4.ed. Nova Odessa – SP: Instituto Plantarum, 1992. 352 p.

MARIMON, B. S. et al. Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forest-cerrado transition zone in southern Amazonia. **Plant Ecology & Diversity**, [S.l.], v. 7, n. 1-2, p. 281 – 292, 2014.

MENEZES, I. S. et al. Uso alternativo do solo como forma de recuperação de área degradada. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 11, n. 8, p. e41511828207, 2022.

MI, C.; HUETTMANN, F.; GUO, Y.; HAN, X.; WEN, L. Why choose Random Forest to predict rare species distribution with few samples in large undersampled areas? Three Asian crane species models provide supporting evidence. **PeerJ**, v. 5, n. 1, p. e2849, 2017.

OLIVEIRA, L.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; EISENLOHR, P.V. Emerging hotspots of tree richness in Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo – SP, v. 34, p. 117 – 134, 2020.

OLIVEIRA, U. et al. Modelling highly biodiverse areas in Brazil. **Scientific reports**, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 1 – 9, 2019.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. **NeoTropTree–Flora arbórea da Região Neotropical: um banco de dados envolvendo biogeografia, diversidade e conservação**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2017. Disponível em: <<http://www.neotropree.info/welcome>> acesso em 10 de setembro de 2021.

PECL, G. T. et al. Biodiversity redistribution under climate change: impacts on ecosystems and human well-being. **Science**, Washington, v. 355, n. 6332, p. 1389 – 1398, 2017.

PONTARA, V. et al. Fine-scale variation in topography and seasonality determine radial growth of an endangered tree in Brazilian Atlantic Forest. **Plant Soil**, [S.l.], v. 403, n. 1, p. 115 – 128, 2016.

QGIS- Development Team. 2021. QGIS: Sistema de Informação Geográfica. Open-Source Geospatial Foundation Project. <http://www.qgis.org/en/site/>

R Development Core Team (2021). **R A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <https://www.r-project.org/>

REIS, C. R. et al. Climate change influencing the potential distribution of a Brazilian savanna indicator species. **Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 26, n. 3, p. 1 – 9, 2019.

RITO, K. F.; TABARELLI, M.; LEAL, I. R. Euphorbiaceae responses to chronic anthropogenic disturbances in Caatinga vegetation: from species proliferation to biotic homogenization. **Plant Ecology**, [S.l.], v. 218, n. 6, p. 749 – 759, 2017.

SALES, L. P. et al. Niche conservatism and the invasive potential of the wild boar. **Journal of Animal Ecology**, [S.l.], v. 86, n. 5, p. 1214 – 1223, 2017.

SILVA, L. S. et al. Distribuição espacial e estrutura populacional de *Parkia platycephala* Benth. **Nativa**, Sinop – MT, v. 7, n. 6, p. 739-747, 2019.

SILVA, M. A. F.; HIGUCHI, P.; SILVA, A. C. Mudanças no clima e a distribuição potencial futura de *Mimosa scabrella* Benth: influência das mudanças climáticas na Caatinga. **Revista Acta Ambiental Catarinense**, v. 18, n. 1, p. 116-128, 2021.



SILVA, M.; SIQUEIRA, E. R.; COSTA, J. L. S. Hidrólise de diacetato de fluoresceína como bioindicador da atividade microbiológica de um solo submetido a reflorestamento. **Ciência Rural**, Santa Maria – RS, v. 34, n. 5, p. 1493 – 1496, 2004.

SILVA, R. J. Recovery of degraded areas through agroforestry systems: limits and possibilities. **South American Journal of Basic Education Technical and Technological**, v. 2, n. 2, p. 165-169, 2015.

SVENNING, J.; SANDEL, B. Disequilibrium vegetation dynamics under future climate change. **American Journal of Botany**, Hoboken, v. 100, n. 7, p. 1266 – 1286, 2013.

VIA, S. et al. Adaptive phenotypic plasticity – consensus and controversy. **Trends in Ecology & Evolution**, [S.l.], v. 10, n. 5, p. 212 – 217, 1995.

VOURLITIS, G. L. et al. Variation in evapotranspiration and climate for Amazonian semi-deciduous forest over seasonal, annual, and El Niño cycles. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 2, p. 217 – 230, 2015.

WALLER, N. L. et al. The Bramble Cay melomys *Melomys rubicola* (Rodentia: Muridae): a first mammalian extinction caused by human-induced climate change? **Wildlife Research**, [S.l.], v. 44, n. 1, p. 9 – 21, 2017.

WERNECK, F. P. et al. Climatic stability in the Brazilian Cerrado: implications for biogeographical connections of South American savannas, species richness and conservation in a biodiversity hotspot. **Journal of Biogeography**, [S.l.], v. 39, n. 9, p. 1695 – 1706, 2012.

WICKHAM, H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. New York: SpringerVerlag, 2016.

WICKHAM, H.; CHANG, W. Devtools: Tools to make developing r packages easier. R package version, v. 1.13.3, n. 0, p. 9000, 2017.

WILLIAMS, S. E.; BOLITHO, E. E.; FOX, S. Climate change in Australian tropical rainforests: an impending environmental catastrophe. **Proceedings. Biological Sciences**, Londres, v. 270, n. 1527, p. 1887 – 1892, 2003.

WILSON, O. J. et al. Cold spot micro refugia hold the key to survival for Brazil's Critically Endangered Araucaria tree. **Global Change Biology**, Hoboken, v. 25, n. 12, p. 4339 – 4351, 2019.

WILSON, O. J. et al. Floristic change in Brazil's Southern Atlantic Forest biodiversity hotspot: From the last glacial maximum to the late 21st century. **Quaternary Science Reviews**, [S.l.], n. 264, p. 1 – 22, 2021.

ZAPPI, D. C. et al. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro – RJ, v. 66, n. 4, p. 1085 – 1113, 2015.

**CAPÍTULO II**

**ESTRUTURA POPULACIONAL E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *Tapirira guianensis***

**Aubl.**

RALPH, LIDIANA NAYARA. **Estrutura populacional e distribuição espacial de *Tapirira guianensis* Aubl.** 2022. Orientadora: Ana Lícia Patriota Feliciano. Coorientador: Ricardo Gallo.

## RESUMO

A compreensão dos padrões fitogeográficos vegetacionais e de composição das florestas são fundamentais para elaboração de estratégias de manejo, conservação e restauração florestal. A *Tapirira guianensis* Aubl. é uma espécie florestal de ampla adaptação e grande importância para a restauração de áreas degradadas, encontrada em todo território brasileiro, sendo um importante elemento do estrato lenhoso das florestas do País. Assim, as hipóteses desse estudo são: i) o maior número de indivíduos da população de *Tapirira guianensis* da Reserva Biológica de Saltinho está concentrado nas menores classes de diâmetro e altura, apresentando distribuição exponencial negativa; e ii) a distribuição espacial da população de *Tapirira guianensis* é do tipo agregado. Dessa forma, o objetivo deste capítulo foi analisar a estrutura populacional e a distribuição espacial de uma população natural em um fragmento de Mata Atlântica no Estado de Pernambuco, Brasil. A área de estudo foi a Reserva Biológica de Saltinho, Pernambuco, Brasil. Foi realizado um inventário censitário em uma área de 548 ha e analisados a estrutura populacional, diamétrica e o padrão de distribuição espacial. Para a análise estrutural da população de *Tapirira guianensis*, determinaram-se as variáveis NI (Número de Indivíduos), D (Densidade) e G (Área basal). O diâmetro máximo obtido foi de 127,64 cm e médio de 66,86 cm, com desvio padrão de 14,56 cm e altura média de 17,95 m ( $\pm 3,84$ ) e máxima de 31 m. A área basal total da população foi de 7,64 m<sup>2</sup>. Percebeu-se que as quatro primeiras classes de diâmetro corresponderam a 90% do total de indivíduos amostrados, mostrando que, nas matas nativas, existe uma tendência de equilíbrio entre mortalidade e recrutamento. Para distribuição espacial da população de *Tapirira guianensis*, percebeu-se que o envelope de confiança obtido por meio da função K (s) mostra que a espécie rejeita a hipótese de completa aleatoriedade espacial (CAE) e, portanto, é distribuída de maneira agregada na Reserva Biológica de Saltinho. A estrutura da população mostrou que é formada por árvores com idades diferentes, comportamento característico de florestas inequidâneas. A população de *Tapirira guianensis* da Reserva Biológica de Saltinho apresentou padrão espacial completamente agregado.

**Palavras-chave:** comportamento populacional, espécie florestal nativa, Reserva Biológica de Saltinho, q de Liocourt.

RALPH, LIDIANA NAYARA. **Population structure and spatial distribution of *Tapirira guianensis* Aubl.** 2022. Advisor: Ana Lícia Patriota Feliciano. Co-advisor: Ricardo Gallo.

### ABSTRACT

Understanding the phytogeographic patterns of vegetation and forest composition are the foundations for strategies of forest management, conservation and restoration. *Tapirira guianensis* Aubl. is a forest specie of wide adaptation and great importance for the restoration of degraded areas, found throughout the Brazilian territory, being an important element of the woody stratum of the country's forests. Thus, the hypotheses of this study are: i) the largest number of forests in the population of *Tapirira guianensis* of the Saltinho Biological Reserve is concentrated in the smallest classes of diameter and negative height, presenting exponential distribution and; ii) the spatial distribution of the population of *Tapirira guianensis* is aggregate type. Thus, the objective of this chapter was to analyze the population structure and spatial distribution of a natural population in a fragment of Atlantic Forest in the state of Pernambuco, Brazil. The study area was the Saltinho Biological Reserve, Pernambuco, Brazil. A census inventory was carried out in an area of 548 ha and a population structure, diameter and distribution pattern were elaborated. For a structural analysis of the population of *Tapirira guianensis*, the variables NI (Number of Individuals), D (Density) and G (Basal Area) were determined. The maximum diameter obtained was 127.64 cm and a mean of 66.86 cm, with a standard deviation of 14.56 cm and a mean height of 17.95 m ( $\pm 3.84$ ) and a maximum of 31 m. The total basal area of the population was 7.64 m<sup>2</sup>. The first four classes corresponded to 90% of the total samples of native samples, showing that in native forests, there is a tendency of balance between mortality and recruitment. For the spatial distribution of the population of *Tapirira guianensis*, it was noticed that the confidence envelope obtained through the K (s) function shows that the species rejects the hypothesis of complete spatial randomness (CAE) and, therefore, is distributed in an aggregated way in the Saltinho Biological Reserve. The population structure showed that it is formed by trees of different ages, a characteristic behavior of uneven forests. The population of *Tapirira guianensis* from the Saltinho Biological Reserve showed a completely aggregated spatial pattern.

**Keywords:** population behavior, native forest species, Saltinho Biological Reserve, q de Liocourt.

## 1. INTRODUÇÃO

A preocupação com a redução da biodiversidade traz a necessidade de definir estratégias de manejo e áreas com elevada importância de conservação. Com isso, a compreensão dos padrões fitogeográficos vegetacionais e de composição das florestas são fundamentais para elaboração dessas estratégias (OLIVEIRA et al., 2017).

Na composição das florestas, são encontradas inúmeras famílias botânicas, dentre as quais, a família Anacardiaceae, que apresenta ampla distribuição geográfica, ocorrendo, principalmente, em regiões tropicais e subtropicais (HEYWOOD, 1985; OLIVEIRA-FILHO, 2017). Uma das mais comuns espécies dessa família é a *Tapirira guianensis* Aubl., que é encontrada em todo território brasileiro, sendo um importante elemento do estrato lenhoso das florestas do País (SILVA-JÚNIOR; NOGUEIRA; FELFILI, 1998; NEVES et al., 2021).

A *Tapirira guianensis* é considerada uma espécie pioneira a secundária inicial de rápido crescimento, por isso é utilizada na fixação de CO<sub>2</sub> e bastante recomendada para programas de reflorestamento e recuperação de áreas degradadas (FONSÊCA, 2021). Além disso, é indicada como umas das espécies lenhosas nativas e energéticas de interesse econômico na Mata Atlântica de Pernambuco (TABARELLI; SILVA, 2002).

Devido à importância ecológica da espécie (VALE; COSTA; MIRANDA, 2014), associada à ampla distribuição geográfica, produção de frutos atrativos e abrigo para fauna, o desenvolvimento de pesquisas que visam a orientar tomadas de decisões por meio da análise da estrutura de populações florestais nativas é fundamental para o uso da espécie em programas de restauração florestal.

Para criar estratégias de manutenção, recuperação e conservação, de maneira que a floresta não sofra grandes distúrbios, como a redução de suas populações a níveis críticos (DANTAS et al., 2017; COSTA et al., 2019; CRUZ et al., 2021), é necessário compreender o comportamento das populações de espécies florestais que compõem esses ecossistemas (BATISTA et al., 2015).

Nas pesquisas de descritores estruturais, como estrutura diamétrica e distribuição espacial, busca-se compreender a dinâmica entre as populações florestais e o ambiente no momento presente, bem como situações de perturbação no passado e previsões futuras quanto ao desenvolvimento da comunidade vegetal (SILVA et al., 2019; LIMEIRA et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2021).

A estrutura diamétrica auxilia na tomada de decisões acerca da necessidade de reposição florestal (ABREU et al., 2014) e permite a avaliação de indivíduos regenerantes

(VIEIRA et al., 2021). Pesquisas mostraram que a análise da distribuição diamétrica é uma ferramenta eficiente e simples para caracterização dos estratos arbóreos (TRAUTENMÜLLER et al., 2019; SILVA; MOREIRA; BARREIRA, 2021; VIEIRA et al., 2021).

Com a estrutura populacional, surge a distribuição espacial das espécies, que trata da ocupação dos indivíduos no espaço horizontal da floresta. Indica o tipo de dispersão, os processos ecológicos dos ecossistemas e demonstra os efeitos das interações entre vegetais, animais e ambiente (STAMATELLOS; PANOURGIAS, 2005).

Outra aplicação da distribuição espacial está atrelada ao manejo florestal, por facilitar as atividades de inventário, uma vez que a forma como as espécies se distribuem é um fator crucial para definição e desenho amostral (MORAES et al., 2017; VIEIRA et al., 2017). Além disso, o padrão espacial auxilia na definição de árvores matrizes em sistemas de manejo baseados na regeneração natural (MARTINS et al., 2003).

Considerando a importância das informações sobre estrutura e distribuição espacial populacional de espécies arbóreas, alguns estudos vêm sendo realizados em populações florestais visando o uso sustentável e a conservação dos recursos vegetais. Destacam-se Morel et al. (2014), que estudaram a estrutura de duas populações de *Calyptranthes clusiifolia* em duas manchas de Floresta Estacional Semidecidual em diferentes condições antrópicas e perceberam que houve maior concentração de indivíduos adultos nas bordas, de acordo com as características das espécies heliofíticas, e maior concentração de indivíduos jovens no interior.

Duarte et al. (2019), que caracterizaram a estrutura populacional da espécie *Drimys angustifolia* Miers em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana em Urubici, Santa Catarina, e perceberam que a elevada densidade desta espécie, associada às suas características estruturais, indica boa adaptação no fragmento florestal e capacidade regenerativa condizente com o estágio sucessional da área em recuperação, com tendência ao aumento do número de indivíduos ao longo do tempo.

Brito et al. (2021) identificaram o padrão de distribuição espacial e a estrutura populacional de *Protium decandrum* em uma Floresta Ombrófila Densa e descobriram que a espécie apresentou uma distribuição em “J invertido” na comunidade em estudo.

Vieira et al. (2021) avaliaram a estrutura diamétrica e o padrão espacial de quatro espécies madeireiras de importância econômica na Amazônia em floresta ombrófila densa de terra firme e encontraram que as espécies apresentaram distribuição diamétrica tendendo à normalidade, o que sugere problemas de regeneração ocasionados, provavelmente, pela baixa

produção de sementes, condições edafoclimáticas desfavoráveis ou redução da fauna polinizadora.

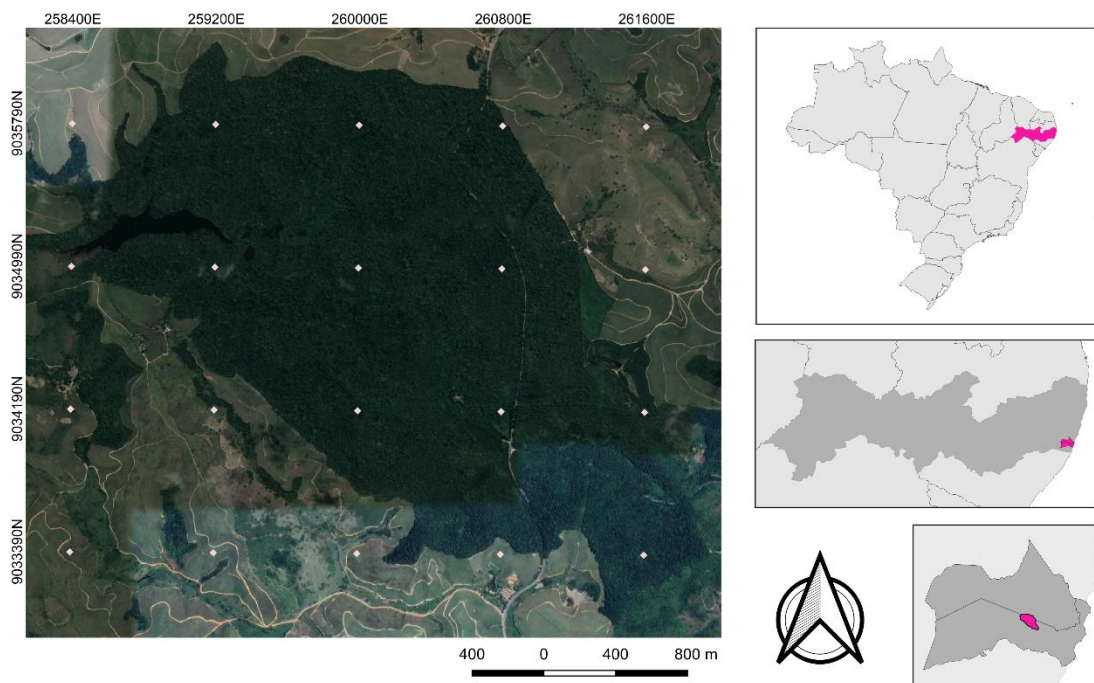
Contudo, devido à descaracterização da Mata Atlântica, é de grande importância pesquisas no âmbito da estrutura e distribuição populacional de espécies florestais nativas. Assim, as hipóteses desse estudo são: i) o maior número de indivíduos da população de *Tapirira guianensis* da Reserva Biológica de Saltinho está concentrado nas menores classes de diâmetro e altura, apresentando distribuição exponencial negativa; e ii) a distribuição espacial da população de *Tapirira guianensis* é do tipo agregado.

Dessa forma, o objetivo deste capítulo foi analisar a estrutura populacional e a distribuição espacial de uma população natural em um fragmento de Mata Atlântica no Estado de Pernambuco, Brasil.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo foi a Reserva Biológica de Saltinho, localizada nos municípios de Tamandaré (93,66%) e Rio Formoso (6,34%), no Estado de Pernambuco, Brasil, criada em 1983 (Figura 1) com uma área de 548 ha (conforme o Decreto de criação nº 88.744, de 21/09/1983), sob coordenadas 08°44'13" e 08°43'09" Latitude Sul e 35°10'11" e 35°11'02" Longitude Oeste (IBAMA, 2003).



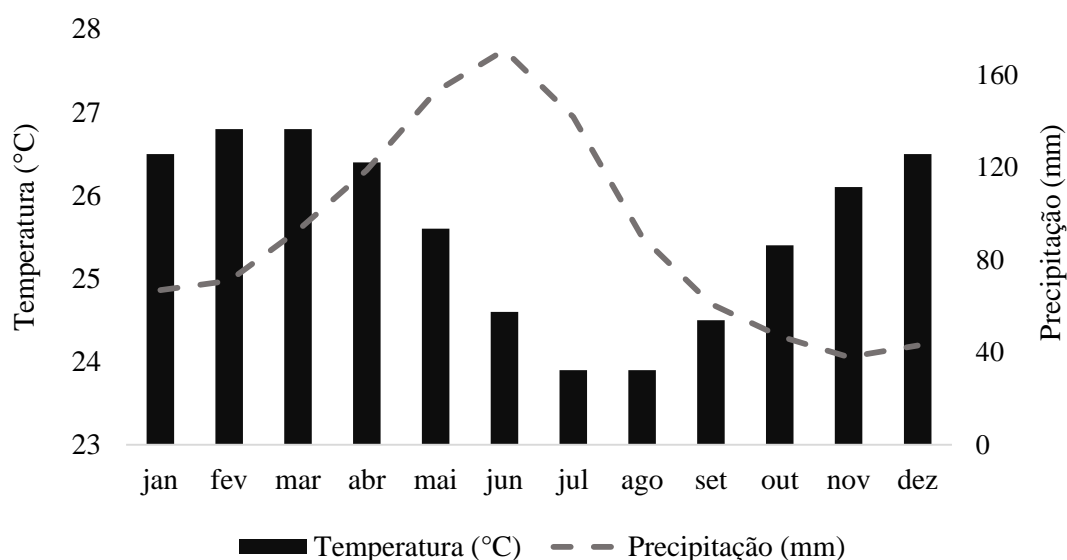
Fonte: Ralph (2022).

**Figura 1.** Área de estudo, Reserva Biológica de Saltinho, localizada nos municípios de Tamandaré e Rio Formoso, no Estado de Pernambuco, Brasil.

O clima característico é do tipo tropical úmido (As'), segundo a classificação de Köppen, no qual predominam as chuvas de outono-inverno. Os meses mais secos são outubro, novembro e dezembro (Figura 2). A pluviosidade anual varia de 1.800 a 2.000 mm e a temperatura média anual varia de 24 a 26 °C. Apresenta topografia plana, pois o relevo é levemente ondulado, com altitudes variando de 40 a 120 m. Os solos são classificados como Latossolos Vermelho – Amarelo distróficos (INMET, 2019).



A cultura agrícola de maior destaque nas áreas circunvizinhas é a cana-de-açúcar, sendo que a sua vegetação original é constituída por formações florestais secundárias, caracterizadas como Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (IBGE, 2012).



Fonte: Elaborado pela autora, com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

**Figura 2.** Climatograma da temperatura e precipitação média da Reserva Biológica de Saltinho.

## 2.2 Coleta e análise de dados

Foi realizado um inventário censitário em uma área de 548 ha, correspondendo a 100% da Reserva Biológica para os indivíduos de *Tapirira guianensis*. A área foi dividida em quadrículas, para efeito de controle de medição. Os indivíduos de *Tapirira guianensis*, com circunferência à altura do peito (CAP) a 1,30 m do solo, igual ou superior a 15 cm foram mensurados com fita métrica com precisão milimétrica.

A altura dos indivíduos foi determinada com auxílio de uma haste graduada de 2 metros e, para árvores mais altas, foram realizadas estimativas por comparação por um único pesquisador durante todas as campanhas de campo.

Todos os indivíduos amostrados foram marcados com uma etiqueta de alumínio, possuindo um número identificador e georreferenciados pelo sistema de referência Datum Sirgas 2000, com auxílio de GPS Garmin 64s com precisão de 3 m, a fim de possibilitar e facilitar os futuros estudos com a população de *Tapirira guianensis*.

O procedimento de identificação dos indivíduos de *Tapirira guianensis* foi, inicialmente, realizado por mateiros experientes da região, utilizando-se de observações das folhas, casca, lenho e exsudações. Foi realizada a coleta de material botânico fértil para confirmação da identificação botânica por meio de comparações com o acervo do herbário e de especialistas da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Os dados obtidos foram processados em planilha eletrônica Microsoft Excel versão 2010.

### 2.3 Estrutura diamétrica

Para analisar a distribuição diamétrica, foi calculada a amplitude e quantidade das classes conforme Sturges adaptado por Spiegel (2006), sendo o intervalo entre as classes ajustado segundo o número de classes.

$$IC:HK$$

$$H = D_{max} - d_{min} \quad (1)$$

$$K = 1 + 3,33\log(N)$$

Em que: IC= intervalo entre as classes; H= amplitude entre o maior e menor diâmetro; K= número de classes;  $D_{max}$ = diâmetro máximo;  $d_{min}$ = diâmetro mínimo; e N= número total de indivíduos.

A análise da distribuição diamétrica foi realizada por meio de histogramas, com número de indivíduos por centro de classes de diâmetro, iniciando pelo diâmetro mínimo de inclusão para a espécie.

Após a obtenção da frequência absoluta e relativa, obteve-se o quociente 'q' de D'Liocourt (DE LIOCOURT, 1898; MEYER, 1952) de cada classe, que consiste na divisão do número de indivíduos de uma classe pelo número de indivíduos da classe anterior, por meio da equação:

$$q = e(\beta_0 + \beta_1 X_i) e(\beta_0 + \beta_1 X_i + 1) \quad (2)$$

Em que: q = coeficiente de Liocourt;  $X_i$  = Frequências de uma classe de diâmetro qualquer;  $X_{i+1}$  = Frequência imediata acima; e  $\beta_0, \beta_1$  = parâmetros que exprimem a estrutura da vegetação em relação à distribuição dos diâmetros.

## 2.4 Análise estrutural

Para a análise estrutural da população de *Tapirira guianensis*, determinaram-se as variáveis NI (Número de Indivíduos), D (Densidade) e G (Área basal), conforme descrito por Müller-Dombois e Elleberg (1974).

A densidade absoluta foi calculada por meio da equação:

$$D = \frac{n}{a} \quad (3)$$

Em que: D = densidade (ind ha<sup>-1</sup>); n = número de indivíduos da i-ésima espécie na amostragem; e a = área total amostrada em hectare.

## 2.5 Distribuição espacial

A análise da distribuição espacial foi feita para toda a população e para as classes de diâmetro mais representativas.

O padrão espacial foi obtido por meio da Função K (s) de Ripley, calculado por meio de um círculo com raio (s) de 5 m, centrado em cada árvore, em que o número de vizinhos presentes na área desse círculo foi contabilizado. Variando o raio (s) a uma distância máxima de 2.600 m, detectou-se o padrão espacial da espécie em diferentes escalas de distância (VIEIRA et al., 2017).

Casos particulares ocorreram quando as árvores estavam próximas às bordas da Reserva Biológica, uma vez que a função K (s) é acumulativa e computa todas as distâncias entre todos os eventos, as árvores próximas à borda de raio (s) maior que o limite do mapa não poderiam ser interpretadas como se não houvesse vizinhos. Os vizinhos existiam, mas, por estarem fora dos limites da área, não foram computados. Consequentemente, o número de árvores vizinhas a árvores próximas aos limites do mapa seria mais baixo do que para as demais, ocasionando um viés no cálculo do estimador da função K (s) de Ripley. Com isso, utilizou-se o estimador da função K com correção isotrópica de bordadura (RIPLEY, 1977).

$$K(s) = \frac{1}{\lambda_n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{1}{W_i} (x_i, x_j) I(\|x_i - x_j\| < s), \text{ para } i \neq j \text{ e } S > 0 \quad (4)$$

Em que: n é o número de árvores na região de estudo; X<sub>i</sub> e X<sub>j</sub> são as coordenadas dos pontos do mapa; ijX-X é a distância euclidiana entre a localização X<sub>i</sub> e X<sub>j</sub>; s é um vetor arbitrário de distância; W<sub>i</sub><sup>-1</sup>□(X<sub>i</sub>, X<sub>j</sub>) é a função de correção para efeito de borda, que representa a proporção da circunferência com centro em X<sub>i</sub> e com raio ijX-X que está fora da região de

estudo;  $\hat{\lambda}=n/A$  é o número de árvores dividido pela área da região de estudos, sendo um estimador não viciado da intensidade do processo; e  $I(U)$  é uma função indicadora que assume valor 1 sempre que a condição  $U$  for verdadeira e zero quando for falsa.

Para analisar os dados graficamente, foram construídos envelopes de confiança por meio de 1000 simulações Monte Carlo, realizadas com o modelo de completa aleatoriedade espacial (CAE). Posteriormente, foi calculada a função  $K(s)$  para os resultados das simulações, armazenando-se os valores mínimos e máximos da estimativa de  $K(s)$ , utilizados para gerar intervalos de confiança a 99 % de probabilidade.

Os envelopes de confiança foram identificados por duas linhas limites pontilhadas, uma positiva e outra negativa. Se os valores observados estiverem dentro dos envelopes construídos, o padrão espacial é aleatório. Caso contrário, rejeita-se a hipótese nula e assume-se que o padrão espacial dos indivíduos é agregado quando passar do limite superior do envelope e regular quando passar do limite inferior (RIPLEY, 1979).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontrados 1.563 indivíduos de *Tapirira guianensis*, com densidade total correspondente a 2,85 ind ha<sup>-1</sup>. Na Tabela 1, podem ser verificados os valores referentes ao diâmetro, área basal e altura dos indivíduos da população. Os indivíduos foram distribuídos em 11 classes de diâmetro (Classe 1 - 5,0 † 16,2; Classe 2 - 16,2 † 27,4; Classe 3 - 27,4 † 38,6; Classe 4 - 38,6 † 49,8; Classe 5 - 49,8 † 61,0; Classe 6 - 61,0 † 72,2; Classe 7 - 72,2 † 83,4; Classe 8 - 83,4 † 94,6; Classe 9 - 94,6 † 105,8; Classe 10 - 105,8 † 117,0; e Classe 11 -  $\geq 117,0$ ).

O diâmetro máximo obtido foi de 127,64 cm e médio de 66,86 cm, com desvio padrão de 14,56 cm e altura média de 17,95 m ( $\pm 3,84$ ) e máxima de 31 m (Tabela 1). A área basal total da população foi de 7,64 m<sup>2</sup>.

Ao observar a estrutura da população de *Tapirira guianensis*, percebeu-se um maior número de indivíduos concentrado nas classes de menor DAP e altura (Tabela 1). Segundo Martins (1993), esses dados indicam que a população está estabelecida e os indivíduos das classes inferiores de altura e DAP são aqueles que garantem a manutenção da população, ainda que apresentem elevadas taxas de mortalidade. Já os indivíduos das classes de maior tamanho são aqueles reprodutivamente maduros e potencialmente responsáveis pela produção de sementes.

Ainda na Tabela 1, observa-se o q de Liocourt, que determina a forma da curva de distribuição do diâmetro do caule (FELFILI; SILVA-JÚNIOR; NOGUEIRA, 1998), com isso, se o valor do quociente q for maior que o quociente q médio da população, há problemas com a estrutura diamétrica (CARVALHO; NASCIMENTO, 2009).

A teoria de De Liocourt mostra que uma amostra florestal que segue a tendência natural das florestas tropicais multiâneas apresenta uma distribuição diamétrica balanceada. Assim, pode-se inferir que população em estudo não se mostra balanceada, pois a constante “q” de Liocourt não se mantém igual nas classes diamétricas.

Desta maneira, os quocientes q da classe 3 (q=2,3), classe 5 (q=3,6) e classe 9 (q=5,0) calculados apresentam valores superiores ao q médio da população (q=2,1), demonstrando que, nessas classes, a estrutura da floresta sofreu um desequilíbrio. Isso pode acontecer devido a problemas no recrutamento entre classes, ou seja, essa alteração no número de indivíduos indica que nessas classes diamétricas houve elevada taxa de mortalidade (ALVES-JÚNIOR et al., 2010; LIMEIRA et al., 2021).

**Tabela 1.** Número de indivíduos, mínimo, máximo, média e desvio padrão para cada classe de diâmetro para população total de *Tapirira guianensis* na Reserva Biológica de Saltinho em relação a parâmetros estruturais DAP (cm), altura total (m) e área basal (m<sup>2</sup>).

Classe	Intervalo	Centro de classe	DAP (cm)						Área basal (m <sup>2</sup> )				Altura total (m)			
			N	q	min	max	$\bar{x}$	dp	min	max	$\bar{x}$	dp	min	max	$\bar{x}$	dp
1	5,0 † 16,2	10.6	162	0.3	5.09	15.92	12.88	2.49	0.001	0.003	0.002	0.000	5.00	30.00	13.82	3.52
2	16,2 † 27,4	21.8	591	1.3	16.23	27.37	22.40	3.19	0.003	0.004	0.004	0.001	9.00	31.00	16.16	3.54
3	27,4 † 38,6	33.0	453	2.3	27.50	38.52	32.78	3.16	0.004	0.006	0.005	0.000	8.00	30.00	17.42	3.75
4	38,6 † 49,8	44.2	199	2.0	38.83	49.34	43.32	3.24	0.006	0.008	0.007	0.001	11.00	29.00	17.52	3.68
5	49,8 † 61,0	55.4	101	3.6	49.97	60.48	54.68	2.72	0.008	0.009	0.009	0.000	11.00	29.00	18.05	3.81
6	61,0 † 72,2	66.6	28	2.0	61.43	71.62	66.38	2.92	0.010	0.011	0.010	0.000	11.00	28.00	19.57	3.92
7	72,2 † 83,4	77.8	14	1.8	72.57	81.49	77.05	3.42	0.011	0.013	0.012	0.001	18.00	26.00	20.00	2.22
8	83,4 † 94,6	89.0	8	1.6	85.94	93.58	89.52	2.40	0.014	0.015	0.014	0.000	18.00	24.00	19.13	2.10
9	94,6 † 105,8	100.2	5	5.0	95.49	101.86	97.40	2.85	0.015	0.016	0.015	0.000	17.00	28.00	21.80	3.96
10	105,8 † 117,0	111.4	1	1.0	111.41	111.41	111.41	-	0.018	0.018	0.018	-	18.00	18.00	18.00	-
11	≥117,0	122.6	1	-	127.64	127.64	127.64	-	0.020	0.020	0.020	-	16.00	16.00	16.00	-
<b>População</b>			1563	2.1	5.09	127.64	66.86	14.53	0.001	0.020	0.695	0.002	5.00	31.00	17.95	3.84

Em que: N: número de indivíduos; q: quociente “q” D’ Liocourt; min: mínimo; max: máximo;  $\bar{x}$ : média; dp: desvio padrão; e DAP: diâmetro à altura do peito (1,30 m).

Os demais valores de  $q$ , correspondentes às classes intermediárias e de maiores diâmetros, apresentam valores abaixo do  $q$  médio, constatando que, nessas classes diamétricas, não há problemas de recrutamento, isto é, houve um equilíbrio entre o processo de recrutamento e mortalidade. A presença de valores  $q$  mais baixos do que a média calculada indica uma alta capacidade para a regeneração e recrutamento da população (CARVALHO; NASCIMENTO, 2009; LIMEIRA et al., 2021).

Na Figura 3, encontram-se os histogramas de frequência (Figura 3A), área basal total (Figura 3B) e altura média (Figura 3C) por classe de diâmetro de indivíduos de uma população de *Tapirira guianensis*. A estrutura diamétrica seguiu a distribuição em forma de “J-invertido”, ou seja, o maior número de indivíduos é encontrado nas primeiras classes, típico de florestas naturais inequiâneas, que são aquelas formadas por indivíduos que apresentam idades diferentes (Figura 3A). Esse padrão é considerado comum para espécies em floresta tropical, devido ao estado de equilíbrio dinâmico, em que a abundância dos indivíduos vai diminuindo de forma exponencial na medida em que a classe vai aumentando (SOUSA et al., 2014; CARNEIRO et al., 2021).

Percebeu-se que as quatro primeiras classes de diâmetro corresponderam a 90% do total de indivíduos amostrados, mostrando que, nas matas nativas, existe uma tendência de equilíbrio entre mortalidade e recrutamento, que faz com que as florestas sejam capazes de suportar pressões externas (FIGUEIREDO et al., 2016; VASCONCELOS et al., 2020).

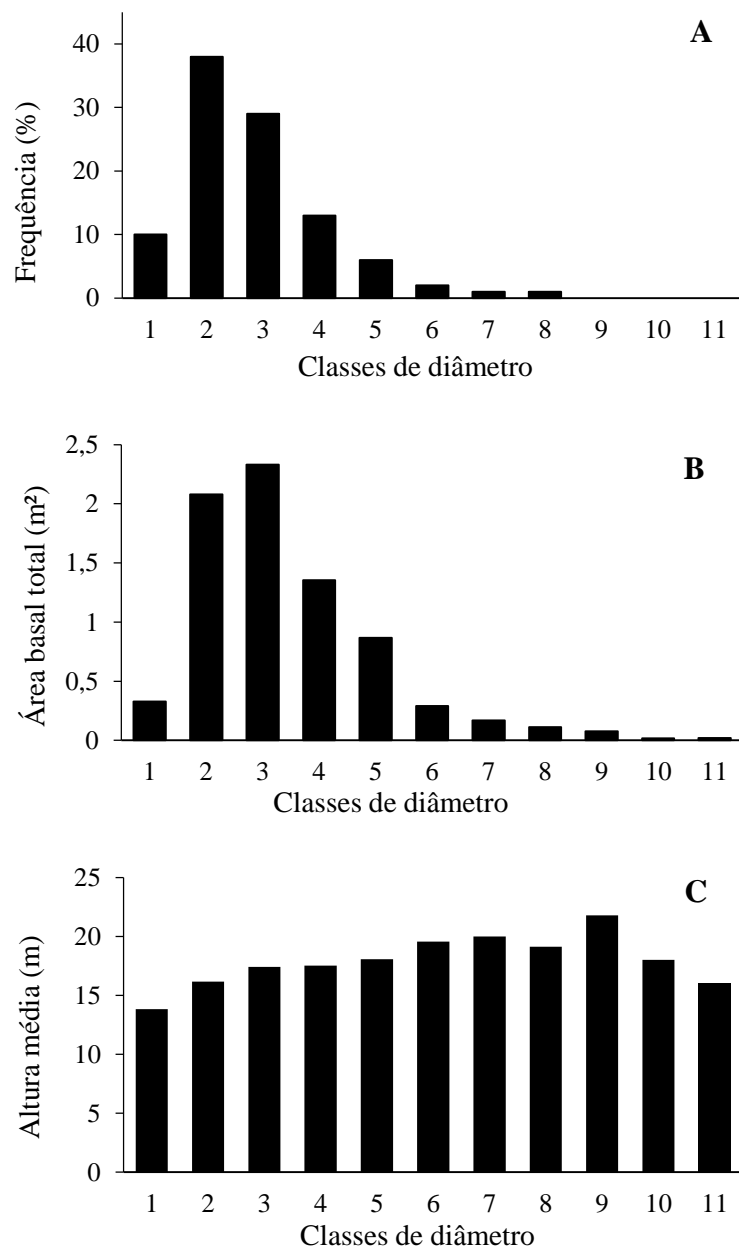
A distribuição dos diâmetros das árvores é uma ferramenta importante para o conhecimento sobre a estrutura das florestas nativas e, muitas vezes, é usada para estimar a idade daquela população (VASCONCELOS et al., 2021).

De acordo com Alves-Júnior et al. (2010), a maioria dos estudos sobre estrutura diamétrica das florestas naturais do Brasil apenas descrevem e discutem a forma da curva exponencial (J invertido), enquanto poucos relatam valores de  $q$ .

Para a área basal (Figura 3B), foi observado comportamento semelhante à frequência de indivíduos por classe de diâmetro, que apresentou distribuição inversamente proporcional ao padrão de frequência dos indivíduos. Esse padrão indica que a população estudada se encontra estável (SILVERTOWN, 1987).

Segundo Orellana et al. (2014) e Meira et al. (2016), quando existe maior densidade de indivíduos nas primeiras classes diamétricas, caracteriza que a floresta é detentora de

estoque de árvores finas, capazes de substituir árvores de maior porte e dar continuidade para perpetuação da espécie, corroborando com os resultados da presente pesquisa.



**Figura 3.** Frequência (A), área basal (B) e altura média (C) por classes de diâmetro de indivíduos de uma população de *Tapirira guianensis* na Reserva Biológica de Saltinho, Pernambuco, Brasil.

Os indivíduos de menor altura pertencem às classes 1 e 11, já as classes 6, 7 e 9 apresentaram indivíduos com maiores valores médios de altura (Figura 3C). Santana et al.



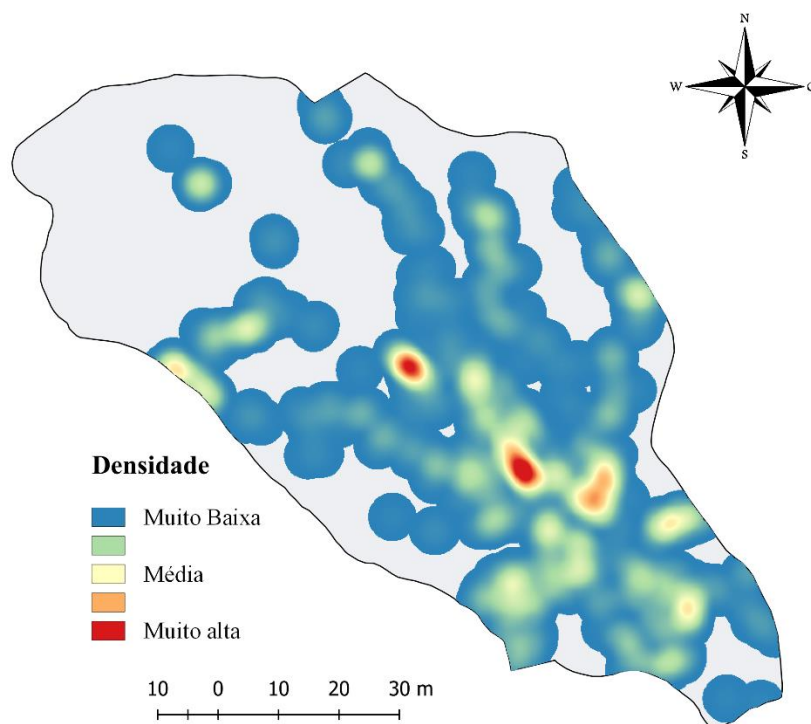
(2011) e Téo et al. (2015) explicam que os menores valores de altura e área basal podem estar associados ao domínio de árvores jovens, que podem ter afetado gradativamente a estrutura e dinâmica da área.

Considerando que ocorra uma extração exaustiva de uma espécie nas fases iniciais, a redução de frutos e sementes pode alterar esse comportamento, indicando uma influência negativa no avanço de indivíduos das classes de menor diâmetro para as de maiores dimensões (LANA et al., 2013).

Na Figura 4, observa-se a distribuição da densidade de indivíduos da população de *Tapirira guianensis*, avaliados no censo na Reserva Biológica de Saltinho. Percebe-se que a densidade muito alta foi encontrada na região central da área de estudo, enquanto densidades muito baixas foram observadas nas bordas.

Provavelmente, esses resultados foram encontrados porque os ambientes centrais de fragmentos florestais fornecem um microclima favorável em termos de umidade do solo, temperatura e incidência solar, além de maior biomassa de serapilheira para o desenvolvimento de uma maior diversidade dos organismos (FERREIRA; MARQUES, 1998).

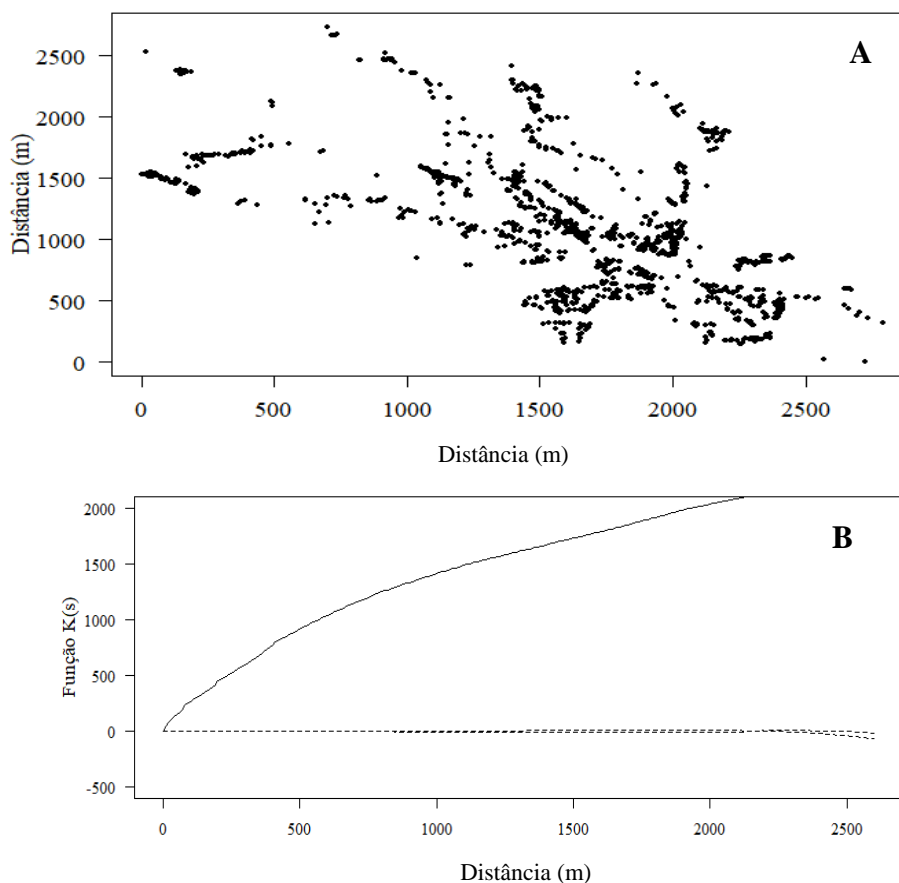
Em contrapartida, a baixa densidade observada na região da borda pode ser explicada pela modificação que o efeito de borda proporciona ao fragmento, como exemplo, diminui o acúmulo de serapilheira nas bordas, levando à menor retenção de umidade, devido à maior incidência da luminosidade sobre o solo (VOLTOLINI; MENDONÇA, 2019). De acordo com Bergeron et al. (2017), a densidade de uma população e sua estrutura de classe de idade podem ser modificadas por práticas de manejo florestal, aproveitamento de recursos e competição entre indivíduos.



**Figura 4.** Mapa de calor (densidade de Kernel) de indivíduos de *Tapirira guianensis*, avaliados no censo na Reserva Biológica de Salinho, Pernambuco, Brasil.

O padrão de distribuição espacial das espécies arbóreas de regiões tropicais é bastante influenciado pelos fatores extrínsecos e intrínsecos à espécie (LAN et al., 2012). Dentre esses fatores, destacam-se as condições edafoclimáticas e a síndrome de dispersão de sementes, que explicam quase todos os padrões de distribuição aleatórios e agregados (QIN et al., 2017).

Para distribuição espacial da população de *Tapirira guianensis*, percebeu-se que o envelope de confiança, obtido por meio da função  $K(s)$ , rejeita a hipótese de completa aleatoriedade espacial (CAE) e, portanto, é distribuída de maneira agregada na Reserva Biológica de Salinho (Figura 5A). A função  $K$  de Ripley identifica padrões de distribuição em diferentes escalas de distância, de forma simultânea, assim, foi possível detectar o padrão em todas as escalas (Figura 5B).



**Figura 5.** (A) Padrão de pontos e função K de Ripley da população de *Tapirira guianensis* na Reserva Biológica de Saltinho, Pernambuco, Brasil. (B) Valores da função K (linha contínua) acima da linha tracejada superior indicam agregação, abaixo da linha inferior indicam uniformidade e entre as linhas tracejadas indicam total aleatoriedade.

Esse padrão de distribuição confirma a expectativa de que espécies com síndrome de dispersão zoocórica tendem a apresentar padrão de distribuição agregada (JORGE et al., 2015). Esse resultado pode estar relacionado, também, à ocorrência de microssítios favoráveis ao estabelecimento das árvores e ao tamanho da área de estudo, uma vez que quanto maior a área inventariada maior o tamanho e o número de indivíduos agregados (VIEIRA et al., 2021).

Além disso, o padrão de distribuição agregado pode ocorrer em consequência da competição intra ou interespecífica, distribuição de recurso e sementes, heterogeneidade do habitat e limitação da dispersão (SONG et al., 2017). Podendo ser explicado pelas características de cada espécie, como a fenologia, estratégias de ocupação de habitats disponíveis e potencial competitivo (CAPRETZ et al., 2012; VIERA et al., 2021).

Quando observada a distribuição espacial por classes diamétricas (Figura 6), percebe-se que não houve variação do padrão de distribuição em relação à escala de distância espacial.

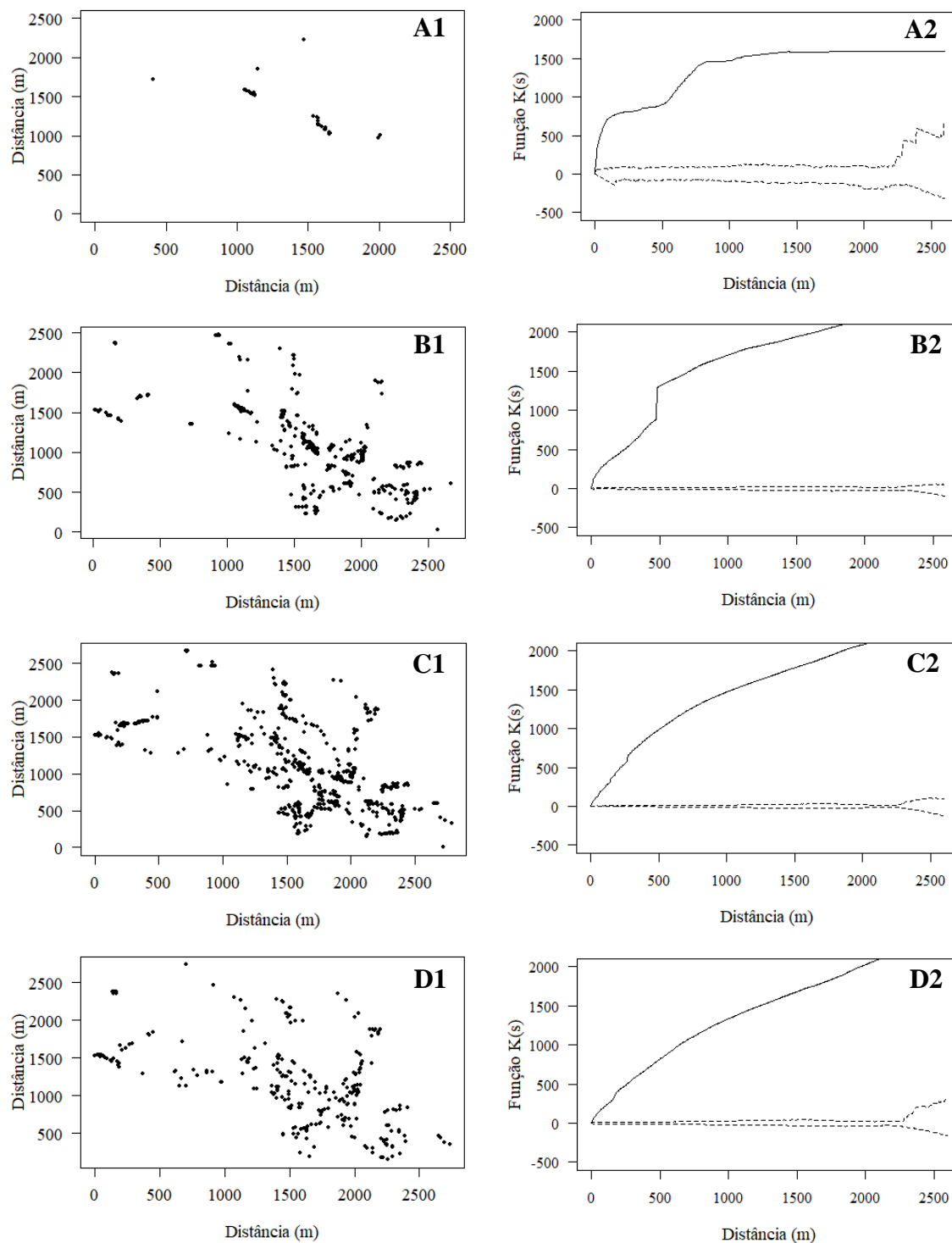
Essa forma de distribuição é influenciada pelo porte arbóreo das árvores, uma vez que indivíduos mais jovens tendem a ocorrer mais próximos uns dos outros, formando as agregações (ARAÚJO et al., 2014).

Ao analisar a distribuição espacial por classe de diâmetro, nota-se que o padrão espacial dos indivíduos pertencentes às classes de diâmetro 1, 2, 3 e 4 (maiores frequências) foi predominantemente agregado, semelhante à população total. Esse padrão reflete a alta concentração de árvores jovens perto das árvores mãe ou fonte de propágulos.

À medida em que as árvores crescem, normalmente, ocorre o aumento da competição (por água, luz, nutrientes, espaço) e, com isso, poucos indivíduos alcançam os maiores diâmetros, ficando cada vez mais distantes uns dos outros, como se pode observar nos padrões de pontos para as classes diamétricas da população de *Tapirira guianensis*.

Segundo Rodrigues (2018), a variação do padrão espacial pode sugerir a existência de gradientes ambientais e relações inter e intraespecífica, sugerindo que o estabelecimento da espécie pode ocorrer em diferentes ambientes, no entanto, mesmo não ocorrendo a variação do padrão de distribuição, a espécie em estudo é considerada uma *ochlospécie* (IBGE, 2012) que possui uma ampla distribuição geográfica, ocorrendo em diferentes ambientes.

Assim, verifica-se que conhecer este padrão de distribuição espacial é de suma importância para entender os processos ecológicos e determinar, quando necessário, o método de amostragem adequado para restauração das áreas (PALUDO et al., 2011).



**Figura 6.** Padrão de pontos e função K de Ripley na escala de 0 – 2500 m por classe de diâmetro das árvores de *Tapirira guianensis* em uma população na Reserva Biológica de Salinho, Pernambuco, Brasil. Em que: A1 e A2 – Classe 1; B1 e B2 – Classe 2; C1 e C2 – Classe 3; e D1 e D2 – Classe 4.

#### 4. CONCLUSÃO

Este estudo reforça a importância de usar métodos que levem em consideração diferentes escalas de distância, permitindo um melhor entendimento da relação entre os atributos das espécies e seus padrões de distribuição espacial, especialmente para gerenciar com embasamento científico e utilizar recursos florestais em áreas com interesse de conservação.

Os indivíduos da população de *Tapirira guianensis* se concentram nas menores classes de diâmetro e altura. A estrutura da população mostrou que é formada por árvores com idades diferentes, comportamento característico de florestas inequiâneas. A população de *Tapirira guianensis* da Reserva Biológica de Saltinho apresentou padrão espacial completamente agregado.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, J. C. et al. Estrutura e distribuição espacial de andirobeiras (*Carapa* spp.) em floresta de várzea do estuário amazônico. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 24, n. 4, p. 1009 – 1019, 2014.
- ALVES JÚNIOR, F. T. et al. Utilização do quociente de De Liocourt na avaliação da distribuição diamétrica em fragmentos de Floresta Ombrófila aberta em Pernambuco, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 20, n. 2, p. 307 – 319, 2010.
- RAÚJO, E. J. G. et al. Padrão espacial de espécies arbóreas em fragmento de floresta estacional semidecidual. **Revista de Ciências Agrárias – Amazonian, Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, Belém – PA, v. 57, n. 2, p. 166 – 171, 2014.
- BATISTA, A. P. B. et al. Caracterização estrutural em uma floresta de terra firme no estado do Amapá, Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo – PR, v. 35, n. 81, p. 21 – 33, 2015.
- BRITO, A. C. et al. Estrutura populacional e distribuição espacial de *Protium decandrum* (Aubl.) Marchand. em uma área de floresta ombrófila densa, Amapá, Brasil. **Revista Agroecossistemas**, Belém – PA, v. 13, n. 1, p. 182 – 193, 2021.
- BERGERON, Y. et al. Projections of future forest age class structure under the influence of fire and harvesting: implications for forest management in the boreal forest of eastern Canada. **Forestry**, Oxford, v. 90, n. 4, p. 485 – 495, 2017.
- CAPRETZ, R. L. et al. Padrão espacial de quatro formações florestais do estado de São Paulo, através da função K de Ripley. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 22, n. 3, p. 551 – 565, 2012.
- CARNEIRO, F. S. Dinâmica populacional de *Protium pallidum* em uma Floresta de Terra Firme explorada seletivamente no estado do Pará, Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, [S.l.], v. 12, n. 3, p. 7 - 29, 2021.
- CARVALHO, F. A.; NASCIMENTO, M. T. Estrutura diamétrica da comunidade e das principais populações arbóreas de um remanescente de Floresta Atlântica Submontana (Silva Jardim, RJ, Brasil). **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 33, n. 2, p. 327 – 337, 2009.
- COSTA, S. N. et al. Estrutura populacional de *Manilkara huberi* (Ducke) A. Chev. e *Dinizia excelsa* Ducke em floresta de terra firme no Amapá. **Nativa**, Sinop – MT, v. 7, n. 4, p. 445-451, 2019.
- CRUZ, L. L. et al. Distribuição diamétrica de três espécies de Lecythidaceae após exploração de impacto reduzido na Amazônia Oriental. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 31, n. 1, p. 171 – 190, 2021.

DANTAS, A. R. et al. Spatial distribution of a population of *Pentaclethra maculosa* (Willd.) Kuntze in a floodplain forest of the Amazon Estuary. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 41, n. 4, p. 1 – 11, 2017.

DE LIOCOURT, F. de. De l'aménagement des Sapiniers. **Bul Soc For Franche-Compte et Belfort**, [S.l.], v. 4, p. 396-409, 1898.

DUARTE, E. et al. Estrutura populacional de *Drimys angustifolia* Miers em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana, Urubici, SC. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages – SC, v. 18, n. p. 30 – 37, 2019.

FELFILI, J. M., SILVA JÚNIOR, M. C.; NOGUEIRA, P. E. Levantamento da vegetação arbórea na região de Nova Xavantina, MT. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília – DF, v. 3, n. 1, p. 63 – 81, 1998.

FERREIRA, R. L.; MARQUES, M. M. G. S. M. Fauna de artrópodes de serrapilheira de áreas de monocultura com *Eucalyptus sp.* e Mata Secundária Heterogênea. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina – PR, v. 27, n. 3, p. 395 – 403, 1998.

FIGUEIREDO, E. O. et al. LIDAR-based estimation of bole biomass for precision management of an Amazonian Forest: Comparisons of ground-based and remotely sensed estimates. **Remote Sensing of Environment**, [S.l.], v. 187, p. 281-293, 2016.

FONSÊCA, N. C. **Biodiversidade e serviços ecossistêmicos em uma paisagem fragmentada de floresta atlântica**. 2021. 177 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2021.

HEYWOOD, V. H. **Flowering plants of the world**. Croom Helm: London, 1985. p. 226 – 227.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Resumo executivo do plano de manejo da Reserva Biológica de Saltinho**. Brasília, DF: IBAMA, 2003. 25 p.

JORGE, L. A. B. et al. Estrutura diamétrica e arranjo espacial das espécies mais abundantes de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Botucatu, SP. **Floresta e Ambiente**, Seropédica – RJ, v. 22, n. 3, p. 355 – 367, 2015.

LAN, G. et al. Spatial distribution and interspecific associations of tree species in a tropical seasonal rain forest of China. **PLoS One**, São Francisco, v. 7, n. 9, p. 1 – 9, 2012.

LANA, M. D. et al. Distribuição diamétrica de *Eschweilera ovata* em um fragmento de Floresta Ombrófila Densa-Igarassu, PE. **Floresta**, Curitiba – PR, v. 43, n. 1, p. 59 – 68, 2013.



LIMEIRA, M. M. C. et al. Estrutura e composição florística em área de Floresta Ombrófila Densa sob manejo florestal. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá – MT, v. 8, n. 2, p. 1389 – 1401, 2021.

MARTINS, S. S. et al. Efeito da exploração florestal seletiva em uma floresta estacional semidecidual. **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 27, n. 1, p. 65 – 70, 2003.

MEIRA, M. R. et al. Caracterização estrutural do Barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) no cerrado do norte de Minas Gerais. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 26, n. 2, p. 627 – 638, 2016.

MEYER, H. Arthur. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. **Journal of forestry**, [S.l.], v. 50, n. 2, p. 85-92, 1952.

MORAES, G. G. et al. Mudanças na estrutura diamétrica e no arranjo espacial de *Manilkara elata* em área manejada na Floresta Nacional do Tapajós. **Enciclopédia Biosfera**, Jandáia – GO, v. 14, n. 25, p. 950 – 959, 2017.

MOREL, J. D. et al. Population structure of *Calyptrocalyx clusiifolia* O. Berg in two patches in the southern Minas Gerais state. **Bioscience Journal**, Uberlândia – MG, v. 30, n. 2, p. 924 – 937, 2014.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Willey e Sons, 1974, 547p.

NEVES, C. M. L. et al. Sucessão ecológica em fragmentos florestais serranos, Paraíba, Brasil. **Diversitas Journal**, Maceió – AL, v. 6, n. 2, p. 2128–2146, 2021.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. **NeoTropTree–Flora arbórea da Região Neotropical: um banco de dados envolvendo biogeografia, diversidade e conservação**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais; 2017. Disponível em: <<http://www.neotropree.info/welcome>> acesso em 10 de setembro de 2021.

OLIVEIRA, L. C. et al. Composição, riqueza e categorias de ameaça das espécies arbóreas da Amazônia. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta – MT, v. 15, n. 2, p. 224 – 237, 2017.

OLIVEIRA, M. F. et al. Análise da estrutura horizontal por densidade de Kernel como subsídio ao manejo florestal na Amazônia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo – PR, v. 41, e-202002098, p. 1 – 14, 2021.

ORELLANA, E. et al. Modelagem da distribuição diamétrica de espécies florestais em um fragmento de floresta ombrófila mista. **Revista Árvore**, Curitiba – PR, v. 38, p. 297 – 308, 2014.

PALUDO, G. F.; MANTOVANI, A.; REIS, M. S. Regeneração de uma população natural de *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). **Revista Árvore**, Viçosa – MG, v. 35, n. 5, p. 1107 – 1119, 2011.

QIN, H. et al. Patterns of species and phylogenetic diversity of *Pinus tabuliformis* forests in the eastern Loess Plateau, China. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 394, n. 1, p. 42 – 51, 2017.

RIPLEY, B. D. Modelling spatial patterns. **Journal of the Royal Statistical Society. Series B. Methodological**, v. 39, n. 2, p. 172 – 192, 1977.

RIPLEY, B. D. Tests of ‘Randomness’ for Spatial Point Patterns. **Journal of the Royal Statistical Society. Series B. Methodological**, v. 41, n. 3, p. 368 – 374, 1979.

RODRIGUES, B. L. **Padrões espaciais e quantificação de árvores comerciais na Amazônia**. 2018. 121 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2018.

SANTANA, J. A. S. et al. Padrão de distribuição e estrutura diamétrica de *Caesalpinia pyramidalis* Tull. (Catingueira) na Caatinga do Seridó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristóvão – SE, v. 11, n. 1, p. 116 – 122, 2011.

SILVA-JÚNIOR, M. C.; NOGUEIRA, P. E.; FELFILI, J. M. Flora lenhosa das matas de galeria no Brasil Central. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, v. 2, 1998.

SILVA, J.; MOREIRA, J. W.; BARREIRA, S. Distribuição diamétrica de espécies nativas do cerrado de uma reserva legal em recuperação. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia – GO, v. 18, n. 35, p. 217 – 230, 2021.

SILVA, L. S. et al. Distribuição espacial e estrutura populacional de *Parkia platycephala* Benth. **Nativa**, Sinop – MT, v. 7, n. 6, p. 739-747, 2019.

SILVERTOWN, J. W. (1987). **Introduction to plant population ecology**. Longman scientific and Technical.

SONG, H. et al. Investigating distribution pattern of species in a warm temperate conifer-broadleaved-mixed forest in China for sustainably utilizing forest and soils. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 578, n.1, p. 81 – 89, 2017.

SOUSA, D. G.; ALMEIDA, S. S.; AMARAL, D. D. Estrutura de uma população manejada de castanheira (*Bertholletia excelsa*) na Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais**, Belém – PA, v. 9, n. 2, p. 353 – 370, 2014.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. 3ª ed. Pearson Makron Books; 2006.

STAMATELLOS, G.; PANOURGIAS, G. Simulating spatial distributions of forest trees by using data from fixed area plots. **Forestry**, [S.l.], v. 78, n. 3, p. 305 – 312, 2005.

TABARELLI, M; SILVA, J. M. C. (Org.). **Diagnóstico da biodiversidade de Pernambuco**. Recife: Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente, Editora Massangana, v. 2, 2002. p. 696 – 698.

TÉO, S. J. et al. Modelagem da Distribuição Diamétrica de um Fragmento de Floresta Ombrófila Mista em Lebon Régis, SC. **Floresta**, Curitiba – PR, v. 45, n. 2, p. 337 – 348, 2015.

TRAUTENMÜLLER, J. W. et al. Modelagem da estrutura diamétrica em ecótono de floresta ombrófila mista e estacional decidual submetida a manejo florestal sustentado. **Biofix Scientific Journal**, Curitiba – PR, v. 4, n. 1 p. 26 – 34, 2019.

VALE, I.; COSTA, L. G. S.; MIRANDA, I. S. Espécies indicadas para a recomposição da floresta ciliar da sub-bacia do rio peixe-boi, Pará. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 24, p. 573 – 582, 2014.

VASCONCELOS, C. C. et al. Estrutura populacional e padrão espacial em pequena escala de *Mora paraensis* (Fabaceae) em uma floresta de várzea no estuário amazônico. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, Macapá – AP, v. 11, n. 1, p. 11 – 16, 2021.

VASCONCELOS, W. A. et al. Caracterização florístico-estrutural e síndromes de dispersão de espécies lenhosas de remanescente de Cerradão. **Nativa**, Sinop – MT, v. 8, n. 4, p. 514 – 522, 2020.

VIEIRA, D. S. et al. Estrutura diamétrica e espacial de espécies madeireiras de importância econômica na Amazônia. **Scientia Forestalis**, Piracicaba – SP, v. 49, n. 129, p. 1 – 15, 2021.

VIEIRA, D. S. V. et al. Patrón espacial y métodos de muestreo para *Bertholletia excelsa* (castaña de Pará) en la Mesorregión del Bajo Amazonas, estado de Pará, Brasil. **Bosque**, Valdivia, v. 38, n. 1, p. 97 – 107, 2017.

VOLTOLINI, J. C.; MENDONÇA, A. R. Efeito de borda sobre o microclima em diferentes estágios de sucessão em Floresta Atlântica. **Revista Biociências**, Poro Alegre – RS, v. 25, n. 2, 2019.

### **CAPÍTULO III**

#### **CLASSES DE ALTURA E INTENSIDADES DE REDUÇÃO FOLIAR NO RESGATE DE PLÂNTULAS DE *Tapirira guianensis* Aubl.**

RALPH, LIDIANA NAYARA. **Classes de altura e intensidades de redução foliar no resgate de plântulas de *Tapirira guianensis* Aubl.** 2022. Orientadora: Ana Lícia Patriota Feliciano. Coorientador: Ricardo Gallo.

### RESUMO

A técnica de resgate de plântulas é considerada uma ferramenta fundamental em estudos de restauração de áreas degradadas. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do tamanho da plântula resgatada e intensidades de redução foliar em plântulas de *Tapirira guianensis*. As plântulas foram coletadas na Reserva Biológica de Saltinho, Estado de Pernambuco, Brasil. Os indivíduos foram divididos em três classes de altura e submetidos a três intensidades de redução foliar (0%, 50% e 100%). As avaliações foram realizadas por um período de 270 dias. Ao final do experimento, foram mensuradas as seguintes variáveis: incremento de altura e diâmetro, massa fresca e seca da parte aérea e da raiz, volume de raiz, agregação de substrato, área e perímetro foliar e índice de qualidade de Dickson. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial (3x3). Nas classes II e III, a redução foliar de 0% apresentou um incremento de altura de 21,52 e 12,58 cm, respectivamente, sendo superior aos demais tratamentos. Para incremento de diâmetro, observou-se que não houve efeito das reduções de área foliar para as classes de altura. Para o índice de qualidade de Dickson (IQD), houve efeito dos tratamentos apenas na classe de altura I e redução de 50% da área foliar. Com isso, para espécie *Tapirira guianensis*, recomenda-se as classes de altura II, devido à maior taxa de sobrevivência e melhor qualidade de Dickson. A redução de 50% da área foliar pode ser aplicada como estratégia para obtenção de melhores mudas.

**Palavras-chave:** espécie florestal, índice de qualidade, produção de mudas, restauração de áreas degradadas.

RALPH, LIDIANA NAYARA. **Height classes and leaf reduction intensities in the rescue of *Tapirira guianensis* Aubl. Seedlings.** 2022. Advisor: Ana Lícia Patriota Feliciano. Co-advisor: Ricardo Gallo.

### ABSTRACT

The seedling rescue technique is considered a fundamental tool in studies of restoration of degraded areas. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of rescued seedling size and leaf reduction intensities. Seedlings of *Tapirira guianensis* were collected at the Saltinho Biological Reserve, Pernambuco state, Brazil. The individuals were divided into three height classes and submitted to three leaf reduction intensities (0%, 50% and 100%). The evaluations were carried out for a period of 270 days. At the end of the experiment, the following variables were measured: increase in height and diameter, fresh and dry mass of shoots and roots, root volume, substrate aggregation, leaf area and perimeter, and Dickson quality index. The design used was completely randomized in a factorial scheme (3x3). In classes II and III, the 0% leaf reduction presented an increase in height of 21.52 and 12.58 cm, respectively, being superior to the other treatments. For diameter increment, it was observed that there was no effect of leaf area reductions for height classes. For the Dickson quality index (DQI), there was an effect of treatments only in height class I and a 50% reduction in leaf area. Thus, for *Tapirira guianensis* species, height classes II are recommended, due to the higher survival rate and better Dickson quality. A 50% reduction in leaf area can be applied as a strategy to obtain better seedlings.

**Keywords:** forest species, quality index, restoration of degraded áreas, seedling production.

## 1. INTRODUÇÃO

Milhares de hectares de florestas degradadas no mundo requerem ações de restauração ecológica (STANTURF; PALIK; DUMROESE, 2014). A recuperação de ecossistemas objetiva desencadear o processo de sucessão ecológica, ou retomar sucessões estagnadas, com base em diversas técnicas (MIRANDA-NETO; MARTINS; SILVA, 2019).

Assim, a restauração das áreas degradadas se tornam uma ferramenta fundamental no combate à degradação ambiental, visando a ampliação da cobertura vegetal do planeta, melhoria da qualidade de vida e preservação da biodiversidade (SALOMÃO; BARBOSA; CORDEIRO, 2020). A restauração florestal surge como uma alternativa na busca pela mitigação dos danos das ações degradadoras desses ambientes e na conservação dos recursos naturais (BRANCALION, 2015).

A busca por mudas de espécies florestais nativas vem aumentando em função da necessidade de restauração de áreas degradadas, associada ou não à produção comercial madeireira e não madeireira. De acordo com Moura (2015), as principais ações para que as áreas degradadas possam voltar a ser produtivas consistem no desenvolvimento e estabelecimento de sistemas de manejo do solo, seguido da revegetação do local de uma forma que propicie o retorno da fauna.

Os processos de restauração de uma área degradada podem ser iniciados por meio de diferentes métodos, como a intervenção antrópica, por meio do reflorestamento com mudas e manejo adequado ou pelo processo da regeneração natural (OLIVEIRA; DANTAS; ARAÚJO, 2020).

Um dos métodos que pode ser utilizado é o resgate de plântulas e indivíduos jovens da regeneração natural de fragmentos florestais, que é uma alternativa promissora para elevar a disponibilidade e a diversidade de mudas em viveiros. Miranda Neto et al. (2019) recomendam o transplante de mudas do banco de plântulas de florestas nativas como uma alternativa viável do ponto de vista ecológico e econômico.

O resgate de plântulas pode ser definido como a retirada de indivíduos de espécies arbóreas jovens, emergidas em bancos de sementes do solo, coletadas em florestas ou remanescentes florestais. Entre os benefícios desse método, pode-se destacar a redução dos

custos no viveiro, uma vez que elimina as etapas onerosas do processamento de sementes (CALEGARI et al., 2011).

Etapas como coleta, beneficiamento, superação de dormência e armazenamento de sementes se tornam onerosas devido à falta de informações básicas sobre a ecofisiologia das espécies, localização de matrizes e ponto de amadurecimento dos frutos. Além disso, o resgate permite a conservação de material genético, bem como a viabilidade de produção de mudas de espécies que apresentam irregular produção de sementes e pequenas taxas de germinação (CALEGARI et al., 2011).

A técnica do resgate de plântulas tem grande importância não apenas para a constituição da diversidade necessária em um programa de restauração florestal, mas, também, pela possibilidade de conservação do material genético que seria suprimido (RODRIGUES; GANDOLFI, 1996; ZIMMERMAN et al., 2017) devido às ações antrópicas.

Santos-Júnior e Tamaki (2014) destacam a importância da realocação de plântulas para remanescentes de vegetação próximos, dando prioridade às Unidades de Conservação. O resgate de algumas espécies e posterior realocação para áreas protegidas são procedimentos de mitigação importantes, que podem ser adotado durante a supressão da vegetação (JASPER et al., 2005).

Contudo, a ausência de metodologias específicas e a escassez de informações sobre a técnica, que garantem a sobrevivência e qualidades das plantas, fazem com que a implantação do resgate não ocorra em larga escala (SANTOS et al., 2019). Dependendo da metodologia de resgate de plântulas utilizada, a resposta para uma mesma espécie pode variar (VIANA et al., 2015; ZIMMERMANN et al., 2017).

Uma dessas metodologias é a redução da área foliar, que pode ser aplicada durante o procedimento de resgate de plantas, que auxilia no sucesso do estabelecimento das mudas, facilita a visualização de emissão de folhas novas e reduz o estresse hídrico (RIBEIRO et al., 2011; SILVA et al., 2015). A redução do número de folhas visa minimizar o efeito “guarda-chuva”, que prejudica a eficiência da irrigação, além de evitar a transpiração em excesso (SANTANA et al., 2010).

Quando se trata de espécies florestais nativas, pouco se conhece sobre a eficiência desse método que afeta diretamente a atividade fotossintética (VIANI; BRANCALION;



RODRIGUES, 2012; SANTOS et al., 2019), no entanto, existem outros fatores, como intensidade da luz, temperatura, concentração de CO<sub>2</sub> e umidade do solo, que influenciam o crescimento das plantas (PIEZERAN; SCALON; PEREIRA, 2012).

Assim, devido à importância do resgate de plântulas e à alta diversidade de espécies florestais nativas ocorrentes nos domínios fitogeográficos, é preciso realizar estudos que incluam espécies menos investigadas (SILVA et al., 2017).

Alguns estudos com resgate de plântulas de espécies florestais nativas vêm sendo realizados, como Silva et al. (2021), que estudaram os efeitos da redução foliar e do nível de sombreamento na sobrevivência e crescimento de mudas de *Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth., *Copaifera langsdorffii* Desf. e *Hymenaea courbaril* L., resgatadas de regeneração natural, visando seu uso posterior na floresta e em projetos de restauração.

Ferreira e Silva et al. (2017) avaliaram o potencial de produção de mudas de *Aspidosperma cylindrocarpon* Mull. Arg. por meio do resgate de plântulas e encontraram melhores taxas de crescimento com 0% de redução foliar, recomendando duas classes de altura para coleta, sendo essas de 5 a 15 cm e de 20 a 35 cm. Já Ferreira e Silva et al. (2015), trabalhando com resgate de mudas de *Lychnophora pohlii* Sch. Bip., aconselharam o resgate de plântulas com tamanho entre 2,5 e 20 cm, sem necessidade de redução foliar.

Os estudos de resgate da flora com foco nas espécies de ampla distribuição são de extrema relevância, pois apresentam notória capacidade de se estabelecerem em locais com diferentes condições edafoclimáticas, apresentando elevado potencial para compor a florística de projetos de restauração ecológica (SILVA et al., 2018).

Entretanto, não há estudos científicos que explorem o potencial da técnica de resgate de plântula da espécie *Tapirira guianensis* Aubl., que é conhecida popularmente como pau-pombo e é considerada a espécie nativa mais comum da família Anacardiaceae (SILVA et al., 2018; COLA et al., 2019).

A espécie ocorre nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sul e Sudeste e é abundante em quase todas as formações florestais do Brasil (SILVA-LUZ; PIRANI, 2013). É indicada para projetos de restauração florestal com o intuito de proporcionar a atração da fauna nativa (BARROS; CORRÊA; CRUZ, 2016).

Portanto, pesquisas nesse contexto podem contribuir e facilitar futuros projetos de restauração florestal, colaborando com o melhor aproveitamento dos recursos investidos e,

principalmente, a efetiva restauração ecológica das florestas degradadas, além de produzir conhecimento e subsidiar projetos de pesquisa.

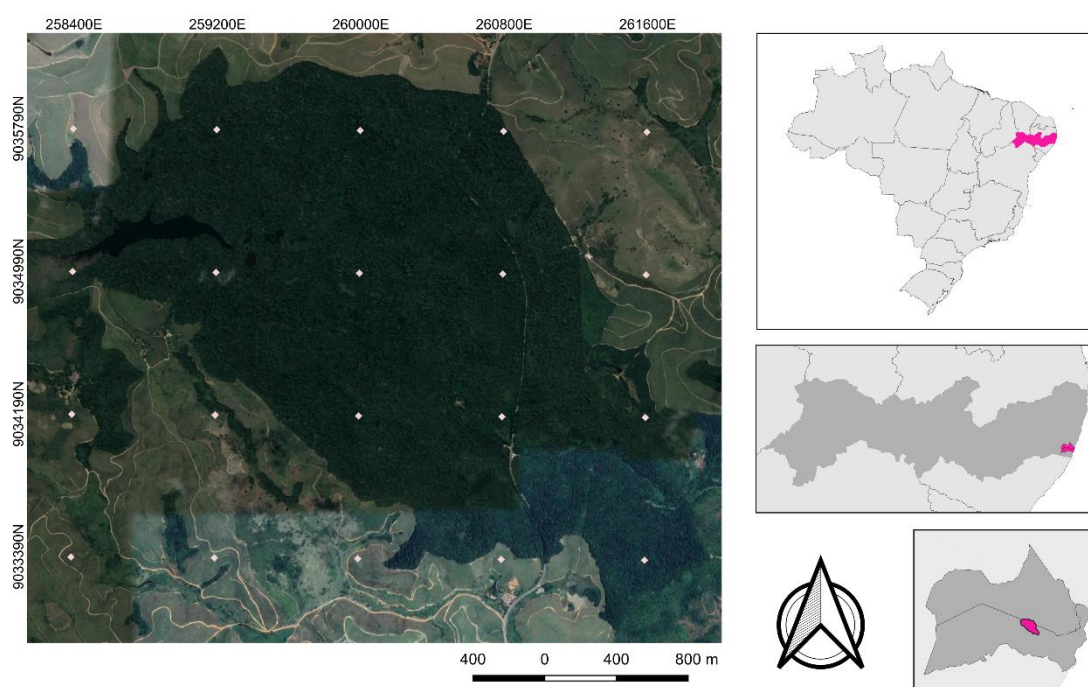
Com isso, assumem-se as seguintes hipóteses: i) o resgate de plântula é um método viável para a obtenção de material vegetal da espécie *Tapirira guianensis*; ii) o tamanho da plântula interfere no desenvolvimento e crescimento da muda; e iii) a redução da área foliar contribui para o estabelecimento da muda.

Baseando-se no contexto geral apresentado, o presente estudo surge com o objetivo de avaliar o potencial da população de plântulas como fonte de propágulo para a produção de mudas, visando a restauração de áreas degradadas e os possíveis efeitos das classes de altura e intensidade de redução foliar no desenvolvimento da espécie *Tapirira guianensis*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de coleta

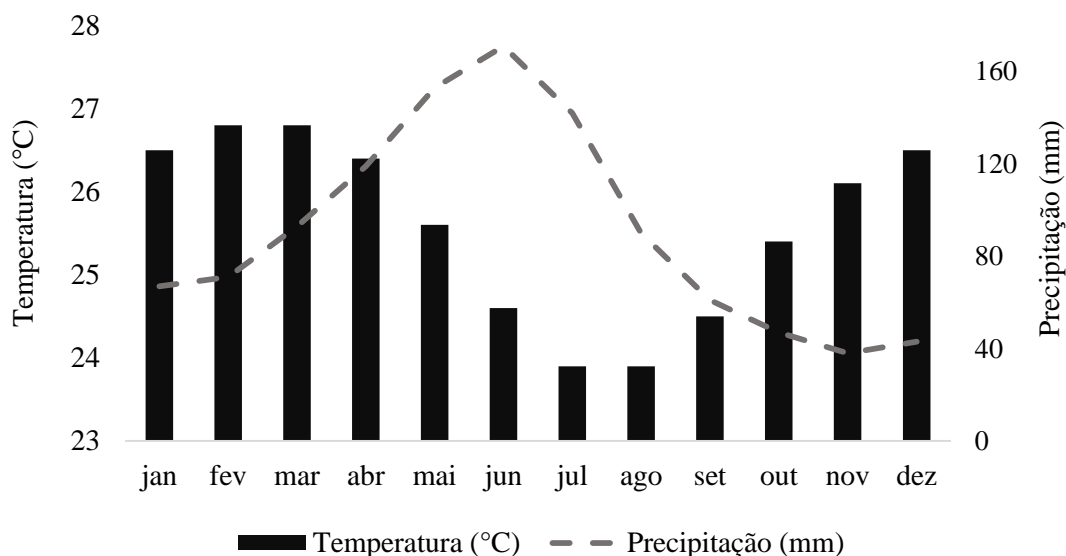
As plântulas foram coletadas na Reserva Biológica de Saltinho (Figura 1), localizada nos municípios de Tamandaré (93,66 %) e Rio Formoso (6,34 %), no Estado de Pernambuco, Brasil, com uma área de 548 hectares, sob as coordenadas 08°44'13" e 08°43'09" Latitude Sul e 35°10'11" e 35°11'02" Longitude Oeste (IBAMA, 2003).



Fonte: Ralph (2022).

**Figura 1.** Área de estudo, Reserva Biológica de Saltinho, localizada nos municípios de Tamandaré e Rio Formoso, no Estado de Pernambuco, Brasil.

O clima característico é do tipo tropical úmido (As'), segundo a classificação de Köppen, no qual predominam as chuvas de outono-inverno. Os meses mais secos são outubro, novembro e dezembro (Figura 2). A pluviosidade anual varia de 1.800 a 2.000 mm e a temperatura média anual varia de 24 a 26 °C. Apresenta topografia plana, pois o relevo é levemente ondulado, com altitudes variando de 40 a 120 m. Os solos são classificados como Latossolos Vermelho – Amarelo distróficos (INMET, 2019).



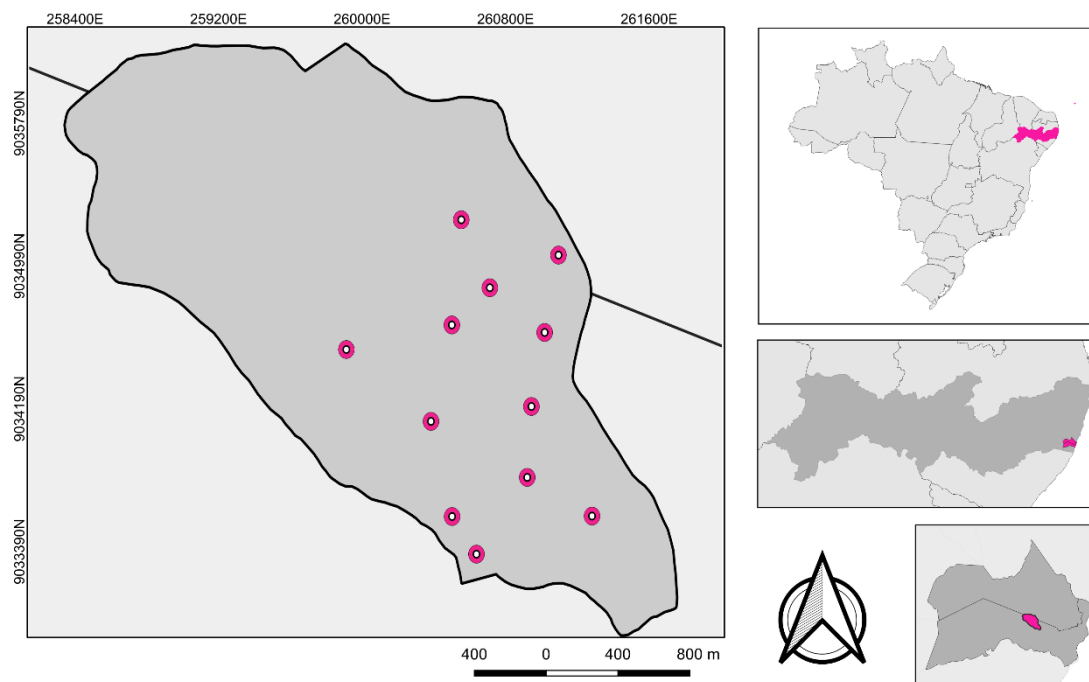
Fonte: Elaborado pela autora, com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

**Figura 2.** Temperatura e precipitação média da Reserva Biológica de Salinho, Pernambuco, Brasil.

A cultura agrícola de maior destaque nas áreas circunvizinhas é a cana-de-açúcar, sendo que a sua vegetação original é constituída por formações florestais secundárias, caracterizadas como Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (IBGE, 2012).

## 2.2 Resgate de plântulas

As plântulas foram coletadas ao acaso e em um mesmo dia (Figura 3), procurando manter uma boa representatividade da área de estudo. Para não danificar o sistema radicular, as plântulas foram removidas de forma cautelosa, com auxílio de uma pá de jardinagem, permitindo que parte do substrato agregado às raízes permanecessem. Foram divididas em três classes de altura, sendo a classe I = de 8 a 13,9 cm, classe II = de 14 a 19,9 cm e classe III = de 20 a 25 cm (120 plântulas por classe) (PAULA; PAIVA; MARANHÃO, 2013). As plântulas foram coletadas no período da manhã e plantadas em até 24 horas após a coleta.



Fonte: Ralph (2021).

**Figura 3.** Pontos de coleta das plântulas de *Tapirira guianensis* na Reserva Biológica de Saltinho, Pernambuco, Brasil.

## 2.2 Transporte

Os indivíduos coletados foram imediatamente enrolados em jornal umedecido e colocados em caixas de isopor, para evitar a perda de água. O transporte das plântulas para o viveiro florestal do Departamento de Ciência Florestal (DCFL), na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), foi realizado dentro de 24 horas após sua coleta, conforme Ferreira e Silva et al. (2015).

## 2.4 Transplante das plântulas

As plântulas foram transplantadas para sacos de polietileno de cor preta com capacidade de 910 mL, contendo substrato composto de solo florestal (coletado no fragmento de coleta das plântulas), substrato comercial Basaplant e vermiculita de granulometria grossa, na proporção 1:1:1.

## 2.5 Tratos culturais

Foram adotadas três intensidades de redução foliar, sendo 0% - sem redução foliar, 50% - redução de todas as folhas em 50%, e 100% - remoção total das folhas. As plântulas foram mantidas em casa de sombra coberta com sombrite de 50% de redução de luminosidade e rega automatizada por meio de bico aspersor, de hora em hora, das 09h00 às 17h00, com uma rega extra às 12h30, 1 minuto por vez.

O controle das ervas daninhas ocorreu periodicamente de forma manual. Para complementação da adubação, foi aplicado semanalmente 5 mL de fertilizante comercial, composto por micronutrientes da marca Poly Feed, em cada planta, dissolvido na concentração de  $2\text{gL}^{-1}$ .

Após o período de 100 dias, as mudas foram submetidas ao processo de rustificação a céu aberto e os períodos de rega foram os mesmos da casa de sombra. As mudas permaneceram em pleno sol por um período de 170 dias, até o momento do encerramento do experimento.

## 2.6 Variáveis analisadas

As avaliações nas mudas de *Tapirira guianensis* se deram a cada 30 dias, por um período de 270 dias, avaliando-se altura, diâmetro do coleto, número de folhas, área e perímetro foliar, volume de raiz, massa fresca e seca de raiz e parte aérea, agregação de substrato e porcentagem de sobrevivência. Com esses dados, obteve-se também o incremento de altura e diâmetro e o índice de qualidade de Dickson das plântulas (Tabela 1). As variáveis incremento de altura, incremento de diâmetro e número de folhas foram avaliadas mensalmente.

**Tabela 1.** Representação das abreviações das variáveis analisadas.

Representação	Variável
Agre	Agregação do substrato (g)
Area	Área foliar (cm <sup>2</sup> )
Df	Diâmetro do coleto final (mm)
Hf	Altura final (cm)
ID	Incremento de diâmetro (mm)
IQD	Índice de qualidade de Dickson
IH	Incremento de altura (cm)
MFPA	Massa fresca da parte aérea (g.pl <sup>-1</sup> )
MFR	Massa fresca da raiz (g.pl <sup>-1</sup> )
MSPA	Massa seca da parte aérea (g.pl <sup>-1</sup> )
MSR	Massa seca da raiz (g.pl <sup>-1</sup> )
NF	Número de folhas
Perim	Perímetro foliar (cm)
VR	Volume da raiz (ml)
SOB %	Porcentagem de sobrevivência (%)

A altura total (cm), definida como a distância do nível do substrato até a inserção da última gema, foi mensurada com auxílio de uma régua graduada. O incremento de altura (IH) foi avaliado segundo valores de crescimento relativo, que considera a diferença de altura entre a altura final (IH<sub>final</sub>) e inicial (IH<sub>inicial</sub>). Seguindo a equação de Carneiro (1995):

$$IH = IH_{final} - IH_{inicial} \quad (1)$$

O diâmetro do coleto (mm) foi mensurado com um paquímetro digital e o incremento calculado pela diferença entre o diâmetro final (D<sub>final</sub>) em relação ao inicial (D<sub>inicial</sub>).

$$ID = ID_{final} - ID_{inicial} \quad (2)$$

O número de folhas foi quantificado por meio da contagem das folhas nas plantas.

A determinação da área e perímetro foliar foi obtida por meio de imagem, em que as folhas foram dispostas em papel EVA de cor azul, para contrastar com a coloração verde das folhas. Foi colocado um quadrado de área conhecida, para obtenção da escala na imagem. Para as fotos, foi utilizada uma câmara com controle de luz para evitar ao máximo a interferência de sombras nas imagens. A área e perímetro foram obtidos por

meio da análise digital no *software* RStudio (R CORE TEAM, 2021), com uso dos pacotes ExpImage (AZEVEDO, 2021), EBImage (OLES et al., 2020) e dipr (FELIX et al., 2020).

O volume de raiz (mm<sup>3</sup>), obtido pelo deslocamento de água em proveta de volume conhecido.

Na determinação da massa fresca da raiz e parte aérea, foi realizado um corte com auxílio de uma tesoura de poda, para separar a parte aérea e a raiz da planta e, logo após, foi realizada a pesagem em balança analítica com precisão de 0,001g, sendo os resultados expressos em g pl<sup>-1</sup> para obtenção da massa fresca da planta (VIEIRA; CARVALHO, 1994).

Para avaliação da massa seca da raiz e parte aérea, a raiz e parte aérea da planta foram acondicionadas separadamente em sacos de papel do tipo Kraft, deixados em estufa regulada a 80° C, durante 48 horas. Decorrido esse período, as amostras foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g, sendo os resultados expressos em g pl<sup>-1</sup> (NAKAGAWA, 1999).

Para a agregação do substrato, a resistência do torrão foi medida por meio da simulação de queda de acordo com Kratz et al. (2015), com modificações, em que o torrão foi solto a uma altura de aproximadamente 1 m do solo coberto com uma cartolina branca e, depois, foi pesado o material que desagregou, obtendo a relação de substrato desagregado. Seguindo a seguinte equação:

$$R = \frac{M_{desagregado}}{(M_{torrão} - M_{raiz})} \quad (3)$$

Em que: R: Relação de substrato desagregado (g); M<sub>desagregado</sub>: Massa do substrato desagregado da raiz (g); M<sub>torrão</sub>: Massa do torrão (g); e M<sub>raiz</sub>: Massa da raiz (g).

A porcentagem de sobrevivência foi calculada a partir do número de indivíduos mortos. As mudas que, até a data da última avaliação, estavam sem folhas e com caule seco, foram consideradas como mortas (SANTOS et al., 2019).

O índice de qualidade de Dickson avalia os parâmetros morfológicos da planta e foi obtido por meio da equação de Dickson, Leaf e Hoesner (1960):

$$IDQ = \frac{MST}{\left(\frac{H}{DC}\right) + \left(\frac{MSPA}{MSRA}\right)} \quad (4)$$



Em que: IQD: Índice de Qualidade de Dickson; H: Altura final (cm); MST: Massa seca total (g); DC: Diâmetro do coleto(mm); MSPA: Massa seca da parte aérea (g); e MSRA: Massa seca da raiz(g).

## **2.7 Análises estatísticas**

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado em esquema fatorial (3x3), sendo três classes de altura e três intensidades de redução foliar, com 40 plântulas por tratamento.

Os dados das variáveis mensuradas foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, quando significativas, as médias das variáveis qualitativas foram comparadas pelo teste Tukey a 5 % de significância. Os valores quantitativos foram submetidos à análise de regressão, considerando o modelo que melhor explica os dados, utilizando o *software* R (R CORE TEAM, 2021).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, encontra-se o resumo da análise de variância pelo teste F para as variáveis incremento em altura, incremento em diâmetro, número de folhas, massa fresca da raiz e parte aérea, volume de raiz, massa seca da raiz e parte aérea, área e perímetro foliar, índice de qualidade de Dickson e agregação de substrato.

A interação dos fatores redução foliar e classe de altura foi significativa para todas as variáveis, exceto para massa fresca e massa seca de raiz.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância pelo teste F em níveis de significância para os caracteres avaliados em mudas de *Tapirira guianensis*

F.V	GL	Teste de F											
		IH	ID	NF	Massa Fresca		VR	Massa Seca		Área	Per	IQD	Agreg
					Parte Aérea	Raiz		Parte Aérea	Raiz				
Classes de Altura (CA)	2	ns	ns	*	*	*	*	*	ns	*	*	ns	*
Redução foliar (RF)	2	*	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	*	*	ns	*
CA x RF	4	*	*	*	*	ns	*	*	ns	*	*	*	*
Resíduo	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV %	-	21.48	32.96	56.07	46.32	39.98	53.15	49.09	55.67	75.95	55.87	33.66	36.95

Em que: \*: significativo a 5% de significância; ns: não significativo; F.V: fonte de variação; CV %: coeficiente de variação; GL: grau de liberdade; IH: incremento de altura; ID: incremento de diâmetro; VR; volume de raiz; Per: perímetro foliar; IQD: índice de qualidade de Dickson; e Agreg: agregação do substrato.

Na Tabela 3, encontram-se os valores referentes ao IH, ID e NF de mudas de *Tapirira guianensis* provenientes do resgate de plântulas. Percebe-se que, para IH, a redução de 100% da área foliar mostrou resultados superiores na classe de altura I e II, diferindo estatisticamente da redução de 50% na classe II.

A altura é considerada uma característica importante no plantio de mudas, sendo normalmente utilizada para estimar seu valor e padrão de qualidade (SOMAVILLA et al., 2014). Por se tratar de uma variável de fácil mensuração e que não causa destruição, é amplamente aceita para determinação do potencial de desempenho das mudas (ROSSA et al., 2015).

Nas classes II e III, a redução foliar de 0% apresentou um IH de 21,52 e 12,58 cm, respectivamente, sendo superior aos demais tratamentos. A classe de altura II mostrou

resultados superiores às demais classes em todos os níveis de redução foliar, não diferindo da classe de altura I na redução de 50%.

**Tabela 3.** IH (cm), ID (mm) e NF de mudas de *Tapirira guianensis* oriundas do resgate de plântulas sob o efeito de três classes de altura e três reduções de área foliar.

Classe de Altura	Redução da Área Foliar (%)								
	IH			ID			NF		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
I	11,85	13,68	16,25	3,88	5,29	3,54	5,20	8,60	6,60
	bB	bA	aB	aA	aA	aA	bC	aA	bA
II	21,52	15,28	19,76	3,97	3,70	5,96	7,20	6,40	7,65
	aA	bA	aA	aA	aAB	aA	aB	aB	aA
III	12,58	10,4	7,78	4,34	2,73	3,67	9,00	8,00	7,20
	aB	bB	cC	aA	aB	aA	aA	abAB	bA

Em que: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para coluna e minúscula para linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; IH: incremento de altura; ID: incremento de diâmetro; e NF: número de folhas.

O estímulo para o alongamento do caule ocorre com o aumento da concentração de auxinas e fontes de reserva (RAVEN et al., 2007). Um dos fatores que pode ter ocasionado o menor IH na total retirada das folhas nas classes I e III é a redução dessas substâncias, uma vez que as auxinas são sintetizadas nas folhas jovens (HARTMANN et al., 2011).

Para ID, observou-se que não houve efeito das reduções de área foliar para as classes de altura, entretanto, na redução de 50% da área foliar, a classe III diferiu estatisticamente da classe I, mostrando resultados inferiores. Assim como a altura, o diâmetro do caule é uma variável importante para avaliar a sobrevivência e crescimento das mudas, pois é indicativo de sua qualidade (CARNEIRO, 1995; SOUZA et al., 2006).

Em relação NF, na classe de altura I, os valores da redução de 50% da área foliar foram superiores às demais reduções, para classe II, não houve diferença entre os níveis de redução foliar e, para classe III, a redução de 0 e 50% não diferiram entre si. Para a redução foliar, a classe de altura III se mostrou superior às demais na redução de 0%. Nodari et al. (1999) relatam que o NF não é a característica mais indicada para representar diferenças no crescimento de plantas, devido à abscisão e emissão de novas folhas

constantemente. Mesmo assim, o NF, desde que avaliado em conjunto com demais variáveis, pode ser um importante parâmetro, conforme afirmaram Carvalho et al. (2006).

Ainda em relação a NF, as classes de altura I e III não diferiram entre si na redução de 50%, sendo estatisticamente superiores à classe de altura II. Com a total redução das folhas, as classes de altura não diferiram. A quantidade de folhas presentes na planta está associada ao seu desenvolvimento, por ser onde ocorre a fotossíntese e ser fonte de fitormônios e cofatores de enraizamento, que auxiliam na formação de novos tecidos (TAIZ; ZEIGER, 2017). Essa formação é influenciada pelos fatores internos e externos e pelas interações entre eles (FELICIANA et al., 2017).

Assim, quando as folhas são removidas, ocorre o desequilíbrio entre citocininas e auxinas, desencadeando o aumento da concentração de citocinina, induzindo brotações e, conseqüentemente, a emissão de maior número de novas folhas jovens (SILVA et al., 2017), o que pode justificar o maior número de folhas na redução de 50% da área foliar na classe de altura I.

Silva et al. (2021), estudando as melhores condições para o resgate e desenvolvimento de plântulas de espécies florestais nativas, como *Centrolobium tomentosum*, recomendaram a redução de 50% das folhas, enquanto, para *Hymenaea courbaril* e *Copaifera langsdorffii*, afirmam não ser necessário reduzir a área foliar.

Silva et al. (2017), avaliando indivíduos de *Aspidosperma cylindrocarpon* provenientes de resgate, perceberam que aqueles sem redução foliar responderam positivamente a transposição, por meio de incrementos periódicos e produção de novas folhas. Isso deixa claro que espécies nativas apresentam comportamentos distintos em resposta ao resgate (VIANI et al., 2012), sendo necessários estudos que aprimorem essa técnica para cada espécie.

A Tabela 4 dispõe de dados referentes ao VR, Área e Perim de mudas de *Tapirira guianensis* provenientes do resgate de plântulas. Para o VR, as reduções foliares de 0 e 100% na classe de altura I mostraram resultados superiores, enquanto, na classe II, a redução de 50 e 100% não diferiram estatisticamente entre si, sendo superiores ao resultado da redução 0%. Para classe de altura III, não houve diferença entre os três níveis de redução foliar.

Para redução de 0%, as classes de altura não diferiram entre si, já para redução de 50%, a classe de altura II mostrou melhor resultado (7,3 cm<sup>3</sup>) quando comparadas com as demais classes de altura. Ao observar a redução de 100% de área foliar, a classe I diferiu estatisticamente das demais com 7,8 cm<sup>3</sup> de volume de raiz.

Os efeitos benéficos da presença de folhas foram relatados por Hartmann et al. (2011), que mostram, para muitas espécies, a presença de folhas ou partes como pré-requisito para a produção de auxinas e cofatores que se movem pela planta, do ápice à base, favorecendo a formação de raiz.

**Tabela 4.** VR (cm<sup>3</sup>), Área (mm<sup>2</sup>) e Perim (mm) de mudas de *Tapirira guianensis* oriundas do resgate de plântulas sob o efeito de três classes de altura e três reduções de área foliar.

Classe de Altura	Redução da Área Foliar (%)								
	VR			Área			Perim		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
I	6,55 aA	4,80 bB	7,80 aA	124,41 cC	383,99 aB	197,62 bB	324,70 cC	432,35 aC	395,16 bB
II	5,85 bA	7,30 aA	6,00 abB	341,39 cA	397,15 bA	520,23 aA	584,00 cB	605,14 bA	807,83 aA
III	5,40 aA	4,50 aB	4,60 aB	322,96 aB	257,84 bC	163,71 cC	649,90 aA	562,80 bB	345,38 cC

Em que: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para coluna e minúscula para linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de significância; VR: volume de raiz; Área: área foliar; e Perim: perímetro foliar.

Ao observar a área foliar (Tabela 3), as plantas provenientes da classe de altura II mostraram resultados superiores em todos os níveis de redução foliar.

Assim como nas condições naturais do sub-bosque florestal, a sobrevivência e crescimento das plântulas transplantadas para o viveiro dependem da interação entre suas características morfofisiológicas, como área foliar total e específica, arranjo de folhas e ramos, taxas fotossintéticas e respiratórias (GARWOOD, 1996).

Em relação ao Perim, a classe de altura II foi a que melhor respondeu às reduções foliares de 50 e 100% quando comparada às demais classes, com 605,14 e 807,83 cm, respectivamente. A redução de 50% das folhas mostrou resultados superiores quando

comparados com os demais na classe de altura I, já a redução de 0%, foi superior na classe de altura III.

Percebe-se que a redução de 100% da área foliar para análise do Perim se mostra superior aos demais tratamentos na classe de altura II, esse resultado pode estar associado à inibição da dominância apical. À medida que ocorre a remoção da gema apical, há um estímulo do crescimento das gemas laterais, eliminando a influência da auxina e permitindo que as gemas laterais saiam do estado de dormência e formem ramos, folhas e flores (HARTMANN, 2011).

A Tabela 5 compreende os valores médios de MFPA, MFR, MSPA e MSR de mudas de *Tapirira guianensis* oriundas do resgate de plântulas sob o efeito de três classes de altura e três intensidades de redução foliar.

Em relação à massa fresca da parte aérea, observa-se que as reduções de 50 e 100% da área foliar na classe de altura I mostraram resultados superiores à redução de 0%. Já na classe de altura II, a total remoção das folhas foi estatisticamente superior às demais. Para classe III, a redução de 0 e 50% não diferiram entre si.

Para massa fresca da parte aérea, o efeito das classes de altura foi observado nas reduções foliares, onde a classe II foi responsável por resultados superiores nos índices de redução de 0 e 100%, enquanto, para o índice de 50%, a classes de altura I foi estatisticamente superior às demais. A área foliar é, normalmente, correlacionada com elevados valores de nitrogênio foliar e, conseqüentemente, maiores taxas de fotossíntese e respiração, promovendo uma maior taxa de crescimento relativo (PÉREZ-HARGUINDEGUY et al., 2013). Provavelmente, esses resultados foram encontrados devido a uma maior área foliar das mudas provenientes da classe II.

**Tabela 5.** MFPA, MFR, MSPA e MSR (g) de mudas de *Tapirira guianensis* oriundas do resgate de plântulas sob o efeito de três classes de altura e três reduções de área foliar.

Classe de Altura	Redução da Área Foliar (%)											
	MFPA			MFR			MSPA			MSR		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100	0	50	100
I	7,34 bB	11,11 aA	9,73 aB	6,91 aA	5,79 aA	6,66 aA	2,50 bB	5,76 aA	3,14 bB	1,50 aA	1,44 aA	2,06 aA

II	10,57	9,60	14,82	6,75	7,07	7,24	4,96	3,60	5,12	1,77	2,08	2,21
	bA	bB	aA	aA	aA	aA	abA	bB	aA	aA	aA	aA
III	9,37	9,40	6,53	6,65	6,41	5,94	3,37	3,52	2,78	1,86	1,53	1,52
	aA	aB	bC	aA	aA	aA	aB	aB	aB	aA	aA	aA

Em que: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para coluna e minúscula para linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de significância; MFPA: massa fresca da parte aérea; MFR: massa fresca da raiz; MSPA: massa seca da parte aérea; e MSR: massa seca da raiz.

Para MSPA, as médias das reduções foliares 50 e 100% foram estatisticamente superiores nas classes de altura I e II, respectivamente. Segundo Gomes e Paiva (2006), a massa seca da parte aérea indica a rusticidade, sendo relacionada com a sobrevivência e com o desempenho inicial das mudas.

Assim, as mudas provenientes das classes I na redução de 50% estariam mais aptas ao plantio definitivo, uma vez que a biomassa total tem papel importante no desempenho da muda quando levadas a campo, pois influencia na capacidade de absorção de nutrientes e água e sustentação (ALMEIDA et al., 2005).

Diversas pesquisas com espécies florestais nativas têm reconhecido a massa seca das raízes como uma das melhores variáveis para avaliar a sobrevivência e o crescimento das mudas em campo (CALDEIRA et al., 2014). Entretanto, com a espécie *Tapirira guianensis*, não foi observado efeito significativo entre os tratamentos.

Dada a importância da MSPA e MSR, não se pode observá-las isoladamente ou tirar conclusões baseadas em apenas uma dessas variáveis. Pois, mesmo com altos valores de massa seca da parte aérea, que fornece altas taxas fotossintéticas, se a massa seca da raiz não tiver um valor satisfatório, as raízes não irão se desenvolver, acarretando problemas pela insuficiente capacidade de absorção de nutrientes e pelo estresse hídrico (DAVIDE et al., 2012).

Na Tabela 6, verificam-se os resultados referentes às variáveis Agregada e IQD de mudas de *Tapirira guianensis* oriundas do resgate de plântulas sob o efeito de três classes de altura e três intensidades de redução de área foliar.

Percebe-se que, para Agregada, o índice de 100% da redução foliar se mostrou estatisticamente superior aos demais nas classes de altura I e III, enquanto a redução de 50% da área foliar foi superior na classe de altura II.

Para o efeito de classes de altura, notou-se que a classe III foi estatisticamente superior na redução foliar de 0% e, nas demais reduções, a classe II apresentou melhores resultados. Com isso, acredita-se que a classe de altura I mostrou resultados inferiores às demais por não apresentar qualidade radicular satisfatória agregada ao substrato (RABOTA et al., 2018).

Quanto maior a agregação do substrato ao sistema radicular melhor e mais rápido será o pegamento e desenvolvimento da planta no plantio definitivo, diminuindo o estresse causado nessa etapa (MULA et al., 2011). Com isso, pode-se inferir que as mudas da classe de altura II com redução foliar, provavelmente, sofreriam menos estresse no momento do plantio.

Ao observar o IQD, percebe-se que houve efeitos significativos dos tratamentos apenas na classe de altura I e redução de 50% da área foliar. Segundo Gomes et al. (2013), diversos fatores interferem na qualidade das mudas, tais como espécie, manejo, tipo de substrato, tamanho do recipiente e principalmente a idade.

**Tabela 6.** Agrega (g) e IQD de mudas de *Tapirira guianensis* oriundas do resgate de plântulas sob o efeito de três classes de altura e três reduções de área foliar.

Classe de Altura	Redução da Área Foliar (%)					
	Agrega			IQD		
	0	50	100	0	50	100
I	0,0398 bC	0,0361 cC	0,1156 aC	2,559 bA	8,155 aA	2,639 bA
II	0,1101 cB	0,3099 aA	0,2624 bA	4,343 aA	2,878 aB	3,998 aA
III	0,1432 bA	0,1341 cB	0,1742 aB	3,065 aA	4,091 aB	3,107 aA

Em que: Médias seguidas pela mesma letra maiúscula para coluna e minúscula para linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 % de significância; Agrega: agregação do substrato à raiz; e IQD: índice de qualidade de Dickson.

A redução da área foliar em 50% pode ter influenciado positivamente a qualidade da muda, uma vez que este tratamento proporcionou maior média final na classe de altura I. A área foliar é um importante fator de qualidade produtiva, sendo responsável pela interceptação da radiação solar absorvida (PILAU; NGELOCCI, 2015).

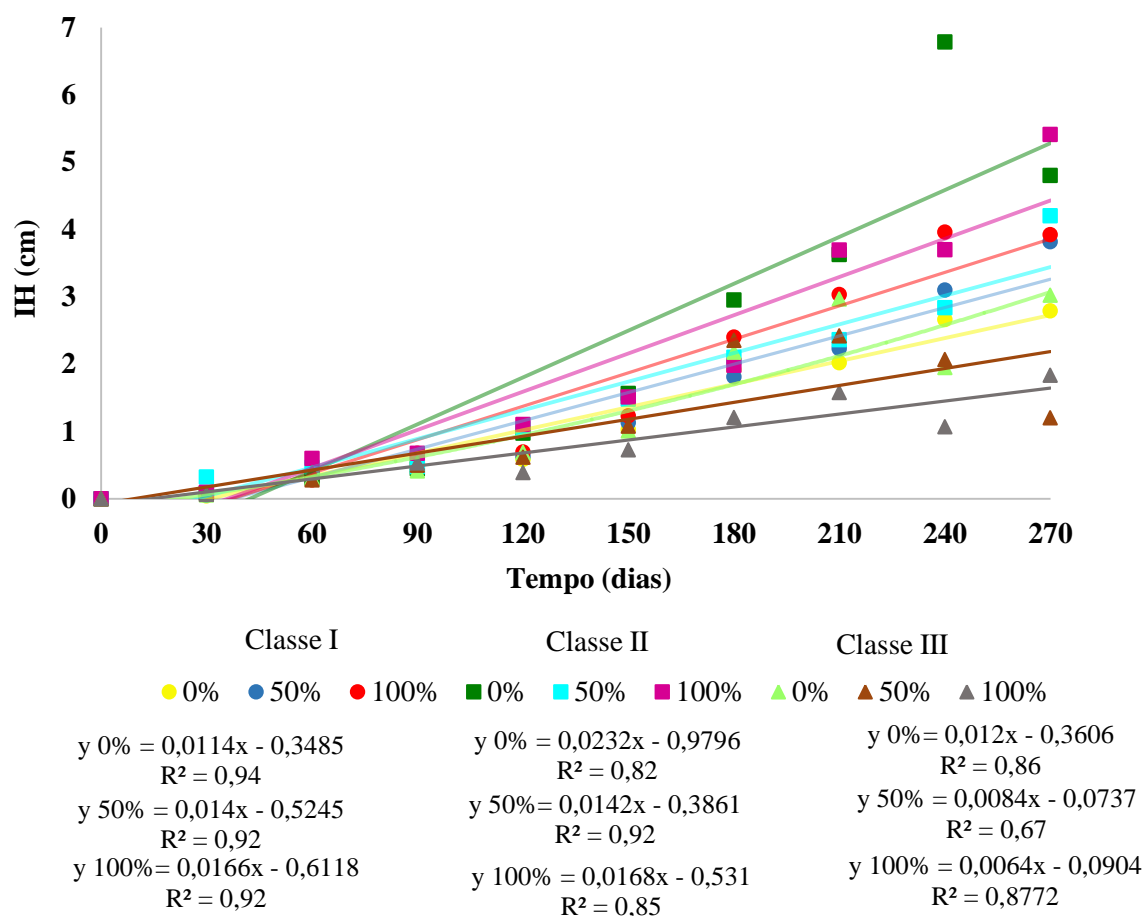


Além disso, provavelmente, as mudas oriundas desse tratamento (redução da área foliar em 50% e classe de altura I) apresentam uma maior uniformidade de crescimento da parte aérea e do sistema radicular, garantindo uma maior resistência às condições adversas de campo (MEDEIROS et al., 2018).

Na Figura 4, podem ser observados os dados referentes ao IH das plantas de *Tapirira guianensis* sob o efeito de três classes de altura e três intensidades de redução da área foliar por um período de 270 dias.

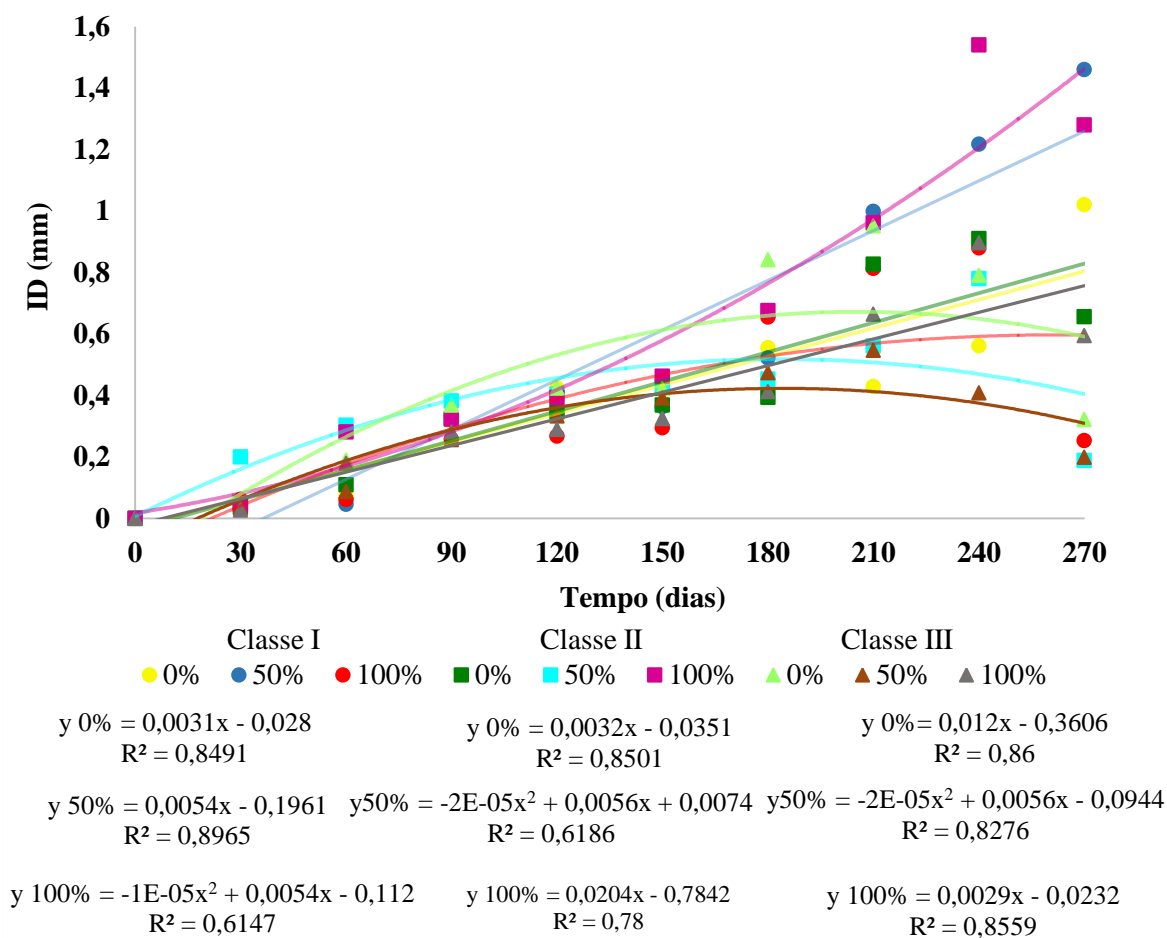
Os dados se ajustaram ao modelo de regressão linear crescente, em que, ao passar dos dias, o IH aumenta. Até os 150 dias, percebe-se que ocorreu um comportamento semelhante para todos os tratamentos e, ao final dos 270 dias, as plantas da classe de altura II, nos três níveis de redução foliar, foram superiores aos demais. Ao observar as classes de altura, de maneira geral, as plantas provenientes das menores classes de altura foram as que mais cresceram, indicando que, provavelmente, suportam melhor o processo de resgate e transplante.

As mudas provenientes da classe de altura III nas intensidades de redução foliar de 50 e 100% mostraram os menores incrementos de altura quando comparados com os demais ao final dos 270 dias. De acordo com Cadotte et al. (2015), a descrição da taxa de incremento de altura ao longo do desenvolvimento das plantas pode esclarecer questões ecológicas, fisiológicas e metabólicas, além da estruturação da comunidade florestal, incluindo a interação entre as plantas e o aproveitamento dos recursos. Provavelmente, as mudas das classes de altura I e II apresentam mecanismos fisiológicos e metabólicos mais eficazes no aproveitamento dos recursos (luz, nutrientes, água e oxigênio).



**Figura 4.** Incremento de altura (cm) de mudas de *Tapirira guianensis* oriundas do resgate de plântulas sob o efeito de três classes de altura e três reduções de área foliar durante 270 dias. Em que: IH: incremento de altura (cm).

Os valores referentes ao ID de mudas da espécie *Tapirira guianensis* sob o efeito de três classes de altura e três intensidades de redução da área foliar por um período de 270 dias se encontram na Figura 5. Percebe-se que o comportamento dos dados foi semelhante ao incremento de altura, no qual os valores se ajustaram ao modelo de regressão linear crescente, constatando-se um aumento do incremento ao passar do tempo. Contudo, nota-se que a classe de altura III, em todas as intensidades de redução foliar, mostrou as menores taxas de incremento de diâmetro ao final dos 270 dias.

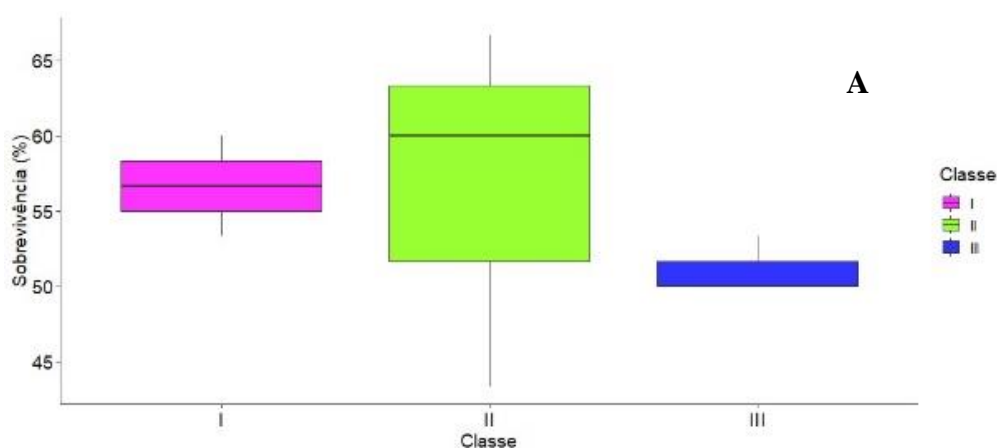


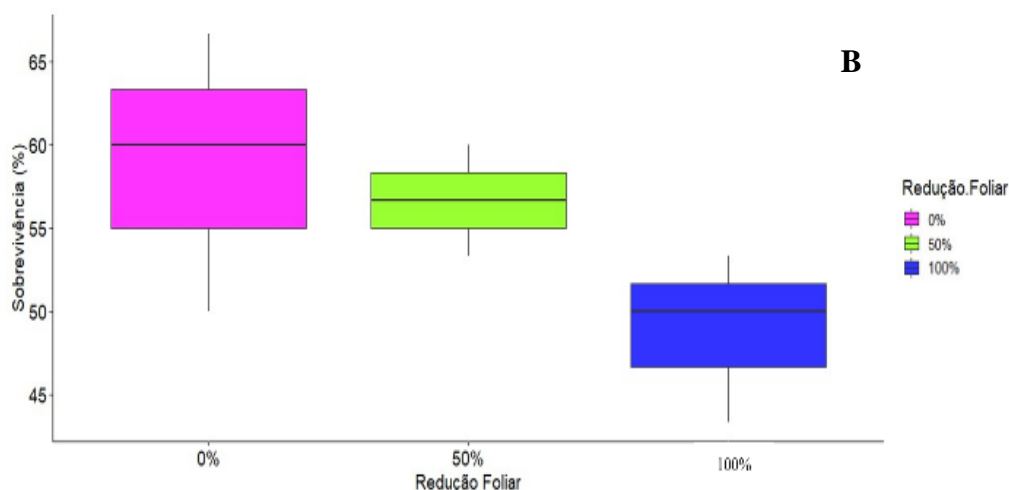
**Figura 5.** Incremento de diâmetro (mm) de mudas de *Tapirira guianensis* oriundas do resgate de plântulas sob o efeito de três classes de altura e três reduções de área foliar durante 270 dias. Em que: ID: incremento de diâmetro (mm).

Grave et al. (2007) afirmam que plantas com diâmetro superior apresentam um desenvolvimento mais acentuado da parte aérea e, em especial, do sistema radicular, contribuindo para sobrevivência, crescimento e estabelecimento das mudas. Assim, pode-se inferir que as plantas das classes de altura I e II seriam mais apropriadas para a utilização em programas de restauração florestal. Além disso, plantas com diâmetro do colo menor podem apresentar problemas com a sustentação da planta, ocasionando o tombamento e, conseqüentemente, deformação e/ou morte da planta (CUNHA et al., 2005).

Paula, Paiva e Maranhão (2013), avaliando a técnica de resgate de plântulas da regeneração natural para produção de mudas em viveiro com a espécie *Alchornea castaneifolia*, perceberam, também, um aumento no diâmetro das plantas, independente da classe de altura em estudo.

Para taxa de sobrevivência em relação às classes de altura, observa-se que a mediana foi de 56, 60 e 50% de sobrevivência para as classes de altura I, II e III, respectivamente. A taxa de sobrevivência da classe de altura I apresenta uma distribuição simétrica, enquanto, na classe II, a distribuição é do tipo assimétrica positiva e, na classe III, é do tipo assimétrica negativa (Figura 6A). Esses resultados podem estar associados à capacidade das plantas da classe de altura II em formar raízes secundárias, que são responsáveis pela absorção de água e nutrientes dos substratos (GONÇALVES; MELLO, 2000).





**Figura 6.** *Boxplot* de sobrevivência de mudas de *Tapirira guianensis* obtido por meio do resgate de plântulas, de acordo com: A- diferentes classes de altura (classe I = de 8 a 13,9 cm, classe II = de 14 a 19,9 cm e classe III = 20 a 25 cm) e B- intensidades de redução foliar (0%; 50% e 100% de redução foliar) após 270 dias do resgate.

De acordo com as caudas de distribuição, a classe de altura II mostrou a maior amplitude de dados, quando comparada às demais, apresentando uma maior variabilidade da taxa de sobrevivência, mostrando que as intensidades de redução foliar diferiram bastante.

Na Figura 6B, encontram-se os dados referentes à taxa de sobrevivência em relação à intensidade da redução foliar. Observa-se que, para redução de 0%, a distribuição dos dados foi assimétrica positiva, com 60% de sobrevivência, mostrando, também, a maior variabilidade nessa taxa. Para intensidade de 50% de redução, a distribuição dos dados se apresenta de maneira simétrica com 56% de taxa de sobrevivência.

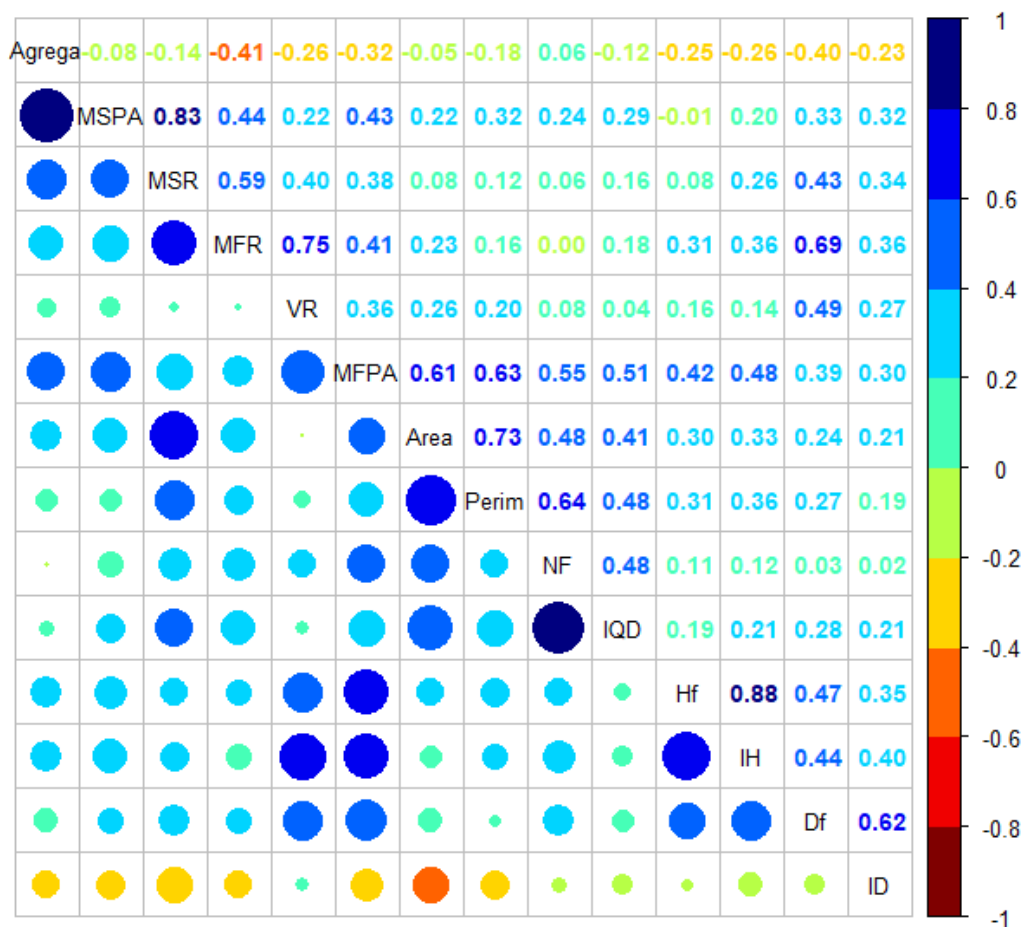
A menor taxa de sobrevivência foi encontrada na intensidade de redução foliar de 100%, com distribuição assimétrica positiva e 50% de taxa de sobrevivência. Com esses resultados, é possível afirmar que a permanência das folhas (total ou parcial) contribuiu de maneira positiva na sobrevivência das mudas de *Tapirira guianensis*.

Para a análise de correlação, foi possível observar uma correlação positiva forte ( $> 0,7$ ) e significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os caracteres morfológicos MFPA x MSPA, MFR x MSR, HF x IH, Df x MFR, MFR x VR, Df x MSR, AREA x PERIM, correlação positiva moderada foi encontrada entre IQD x PERIM, IQD x MSA, IQD x MFPA, IQD x AREA e IQD x NF (Figura 7).

A correlação encontrada entre as variáveis IQD x MFPA, IQD x MSPA, IQD x Area, IQD x Perim e IQD x NF pode estar associada por considerar em seu cálculo a robustez e o equilíbrio da distribuição da fitomassa (ELOY et al., 2013). A distribuição dos fotoassimilados nas mudas de *Tapirira guianensis* entre a parte aérea e a raiz é observada por meio da correlação entre as massas secas da parte aérea e raiz (ALMEIDA et al., 2014).

O IQD pondera os resultados de parâmetros importantes, utilizados na avaliação da qualidade de mudas, como a altura, o diâmetro, matéria seca parte aérea, raiz e, também, a total. Assim, no intuito de evitar suposições equivocadas nas escolhas dos melhores tratamentos, os parâmetros são avaliados em conjunto pelo IQD.

No entanto, é um índice que fornece valores variáveis, dependendo da espécie, do material genético, das condições de cultivo e da idade do indivíduo vegetal (GASPARIN et al., 2014). Contudo, o IQD tem sido utilizado como o principal indicador da qualidade de mudas florestais (DANTAS et al., 2018; LIMA-FILHO et al., 2019).



**Figura 7.** Coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) entre os caracteres morfológicos de mudas de *Tapirira guianensis* provenientes do resgate de plântulas. Em que: (X) indica correlação não significativa; Hf: altura final; IH: incremento de altura; Df: diâmetro final; ID: incremento de diâmetro; NF: número de folhas; MFPA: massa fresca da parte aérea; MFR: massa fresca da raiz; VR: volume da raiz; MSPA: massa seca da parte aérea; MSR: massa seca da raiz; Área: área foliar; Perim: perímetro foliar; IQD: índice de qualidade de Dickson; e Agrega: agregação de substrato. O tamanho do círculo e a coloração indicam a magnitude e a direção de cada correlação, respectivamente.

#### 4. CONCLUSÃO

Conclui-se que mudas de *Tapirira guianensis* podem ser produzidas a partir de plântulas resgatadas e podem auxiliar no aumento da diversidade de espécies em projetos de restauração ecológica aplicados a ecossistemas degradados.

O resgate de plântulas em áreas naturais para viveiro florestais é uma alternativa simples e viável de produção complementar de mudas de espécies florestais nativas, eliminando etapas complexas de serem executadas (coleta, beneficiamento, quebra de dormência e armazenamento de sementes) no processo de produção de mudas seminais.

A transferência de plântulas é uma estratégia importante, pois contribui no resgate da diversidade vegetal e funcional dos viveiros, colaborando com os programas de restauração ecológica, com a utilização de material genético regional.

Para espécie *Tapirira guianensis*, recomenda-se as classes de altura II (14 a 19,9 cm), devido à maior taxa de sobrevivência e melhor qualidade de Dickson. A redução de 50% da área foliar pode ser aplicada como estratégia para obtenção de melhores mudas.

Dentro das diversas variáveis que podem ser avaliadas na busca de refinamento da técnica de transplante, a investigação da classe de altura e redução da intensidade foliar podem fornecer indicações preliminares.

Estudos que isolem as variáveis que influenciam a sobrevivência e o desenvolvimento dos indivíduos resgatados são necessários para refinar a técnica do transplante de espécies nativas como técnica de produção de mudas.



## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S.L. et al. Crescimento de mudas de *Jacaranda puberula* Cham. em viveiro submetidas a diferentes níveis de luminosidade. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 15, n. 3, p. 323 – 329, 2005.
- AZEVEDO, A. M. **ExpImage-package: ExpImage: Experimental Image Analysis Tools in ExpImage: Tool For Analysis of Images in Experiments**. 2021.
- BARROS, H., CORRÊA, J., CRUZ, E. Efeitos da secagem na qualidade fisiológica de sementes de tapiririca (*Tapirira guianensis* Aubl.). **In...** Seminário de iniciação científica de pós-graduação, 2016, Belém-PA. Anais, Embrapa Amazônia oriental, 2016.
- BRANCALION, P. H. S., GANDOLFI, S., RODRIGUES, R. R. **Restauração florestal**. Ed. Oficina de Textos, p. 431, 2015.
- CADOTTE, M. W. et al. Predicting communities from functional traits. **Trends in Ecology e Evolution**, [S.l.], v. 30, n. 9, p. 510 – 511, 2015.
- CALDEIRA, M.V.W. et al. Lodo de esgoto como componente de substrato para produção de mudas de *Acacia mangium* Willd. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus – PI, v. 5, n. 1, p. 34 – 43, 2014.
- CALEGARI, L. et al. Produção de mudas de espécies arbóreas nativas em viveiro via resgate de plantas jovens. **Revista Árvore**, Curitiba – PR, v. 35, n. 1, p. 41 – 50, 2011.
- CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995.
- COLA, R. E. et al. Fitossociologia e síndrome de dispersão em um trecho de floresta atlântica, em Paulista – PE. **Revista Agropecuária Científica do Semiárido**, Campina Grande – PB, v. 15, n. 3, p. 213 – 218, 2019.
- CARVALHO, N. O. S. et al. Crescimento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (Mart.) Becc.) em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 30, n. 3, p. 351 – 357, 2006.
- CUNHA, A. O. et al. Efeitos de substratos e das dimensões dos recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex D.C.) Standl. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 29 n. 4, p. 507 – 516, 2005.
- DANTAS, R. P. et al. Qualidade de mudas de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. em dois ambientes e diferentes níveis de fertirrigação. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1253-1262, 2018.

DAVIDE, A. C. et al. Produção de mudas de candeia. In: Scolforo, J. R. S. et al. (Org.). **O manejo sustentável da candeia: o caminhar de uma nova experiência florestal em Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2012. p. 43-12.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, [S.l.], v. 36, p. 10 - 13, 1960.

ELOY, E. et al. Avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis* utilizando parâmetros morfológicos. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 43, n. 3, p. 373 – 384, 2013.

FELICIANA, A. M. C. et al. Influência de auxinas e tamanho de estacas no enraizamento de azaleia (*Rhododendron simsii* Planch.). **Global Science and Technology**, Rio Verde – GO, v. 10, n. 1, 2017.

FELIX, F. C. et al. Biometry of *Pityrocarpa moniliformis* seeds using digital imaging: Implications for studies of genetic divergence. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife – PE, v. 15, n. 1, p. 1 – 8, 2020.

FERREIRA e SILVA, N. et al. Potential production of *Aspidosperma cylindrocarpon* seedlings via rescue seedlings. **Ciência Rural**, Santa Maria – RS, v. 47, n. 5, p. 1 – 6, 2017.

FERREIRA e SILVA, N. et al. Resgate de mudas de *Lychnophora pohlii* como alternativa para recuperação e conservação de campo rupestre. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 45, n. 3, p. 645 – 654, 2015.

GARWOOD, N. C. Functional morphology of tropical tree seedlings. In: SWAINE, M. D. (Ed.). **The ecology of tropical forest tree seedlings**. Paris: UNESCO and Parthenon Publishing Group, p. 59 – 129, 1996.

GASPARIN, E. et al. Influência do substrato e do volume de recipiente na qualidade das mudas de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart. em viveiro e no campo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 3, p. 553-563, 2014.

GOMES, D. R. et al. Lodo de esgoto como substrato para a produção de mudas de *Tectona grandis* L. **Cerne**, Lavras – MG, v. 19, n. 1, p. 123 – 131, 2013.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa: UFV, v. 3, 2006.

GONÇALVES, J.L.D.M.; MELLO, S.L.D.M. O sistema radicular das árvores. In: Gonçalves, J.L.D.M.; Benedetti, V. (Org.). **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p. 219 – 267.

GRAVE, F. et al. Crescimento de plantas jovens de Açoita-cavalo em quatro diferentes substratos. **Revista Ciência Florestal** - Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 289 – 298, 2007.

HARTMANN, H. T., KESTER, D. E. **Propagação de plantas: princípios e práticas**. 7 ed. Nova Jersey: Prentice Hall, 2011. 880 p.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Resumo executivo do plano de manejo da Reserva Biológica de Saltinho**. Brasília, DF: IBAMA, 2003. 25p.

JASPER, A. et al. Metodologia de salvamento de Bromeliaceae, Cactaceae e Orchidaceae na Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Salto Forqueta - São José do Herval/ Putinga - RS - Brasil. **Pesquisas, Botânica, São Leopoldo**, [S.l.], v. 56, p. 265 – 284, 2005.

KRATZ, D. et al. Substratos renováveis para produção de mudas de *Mimosa scabrella*. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 45, n. 2, p. 393 – 408, 2015.

LIMA-FILHO, P. et al. Produção de mudas de *Ceiba speciosa* em diferentes volumes de tubetes utilizando o biossólido como substrato. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 27-39, 2019.

MEDEIROS, M. B. C. L. et al. Índice de qualidade de Dickson e característica morfológica de mudas de pepino, produzidas em diferentes substratos alternativos. **Revista Agroecossistemas**, Belém – PA, v. 10, n. 1, p. 159 – 173, 2018.

MIRANDA NETO, A., MARTINS, S. V., SILVA, K. A. Plantlet rescue in a soil seed bank to produce forest species seedlings. **Ecological Engineering**, [S.l.], v. 132, p. 94 – 101, 2019.

MOURA, D. J. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração**. 2015. 32 f. Monografia (Bacharelado em Tecnologia em Mineração) – Universidade Estadual de Goiás, Unidade Niquelândia, 2015.

MULA, H. C. A. **Avaliação de diferentes substratos na produção de mudas de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) LB Smith e RJ Downs**. 2011, 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, 2011.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas**. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA, N. J. B. (Eds.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1 - 2.24.

NODARI, R. O. et al. Crescimento de mudas de palmitreiro (*Euterpe edulis* Mart.) em diferentes condições de sombreamento e densidade. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 23, n. 3, p. 285 – 292, 1999.

OLES, A.; PAU, G.; SMITH, M.; SKLYAR, O.; HUBER, W. **EBImage: Image processing and analysis toolbox for R version 4.32.0 from Bioconductor**. 2020.

OLIVEIRA, M. M., DANTAS, N. S.; ARAÚJO, S. M. S. Recuperação de áreas degradadas e mineração: análise da produção científica internacional na Web of Science (WoS). **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aracaju – SE, v. 11, n. 7, p. 672 - 689, 2020.

PAULA, S. R. P., PAIVA, A. V., MARANHO, A. S. Transposição de plântulas de *Alchornea castaneifolia* (Willd.) A. Juss. da regeneração natural como estratégia de produção de mudas em viveiro. **Cerne**, Lavras - MG, v. 19, n. 2, p. 323 – 330, 2013.

PÉREZ-HARGUINDEGUY, N. et al. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, [S.l.], 61 (3): 167 – 234, 2013.

PIEZERAN, L.; SCALON, S. P. Q.; PEREIRA, Z. V. Emergência de plântulas e crescimento de mudas de jatobá com uso de bioestimulante e sombreamento. **Cerne**, Lavras – MG, v. 18, n. 1, p. 127 – 133, 2012.

PILAU, F. G., ANGELOCCI, L. R. Área foliar e interceptação de radiação solar pela copa de uma laranjeira. **Bragantia**, Campinas – SP, v. 74, n. 4, p. 476 – 482, 2015.

R Development Core Team (2021). **R A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <https://www.r-project.org/>.

RABOTA, E. et al. Soil structure as an indicator of soil functions: A review. **Geoderma**, [S.l.], v. 314, p. 122 – 137, 2018.

RAVEN, E. E. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara: Koogan; 2007.

RIBEIRO, T. M. et al. Sobrevivência e crescimento inicial de plântulas de *Euterpe edulis* Mart. transplantadas para clareiras e sub-bosque em uma Floresta Estacional Semidecidual, em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Curitiba – PR, v. 35, n. 6, p. 1219 – 1226, 2011.

RODRIGUES, R. R., GANDOLFI, S. **Conceitos, tendências e ações para recuperação de florestas ciliares**. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.). Matas ciliares: conservação e recuperação, ed. 3, p. 235 – 248, 2004.

ROSSA, U. B. et al. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. (angico-vermelho) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-vermelha). **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 25, n. 4, p. 841 – 852, 2015.

SALOMÃO, P. E. A.; BARBOSA, L. C.; CORDEIRO, I. J. M. Recuperação de áreas degradadas por pastagem: uma breve revisão. **Research, Society and Development**, [S.l.], v. 9, n. 2, 2020.

SANTANA, R. C. et al. Influência da redução da área foliar na produção clonal de mudas de eucalipto. **Cerne**, Lavras – MG, v. 16, p. 251 – 257, 2010.

SANTOS-JÚNIOR, N. A.; TAMAKI, V. Realocação de plantas resgatadas em processos de supressão da vegetação: uma ação do Projeto Rodoanel Trecho Norte/SP. In: Reunião Anual do Instituto de Botânica, 21., 2014, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2014. p. 1-4.

SANTOS, U. M. F. **Resgate de Plântulas em Povoamento e Fragmento Florestal para Produção de Mudas**. 2019. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2019.

SILVA, J. P. G. D. et al. Chuva de sementes e estabelecimento de plântulas em floresta tropical na região nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria – RS, v. 28, n. 4, p. 1478 – 1490, 2018.

SILVA, L. C. A. et al. Strategies to transplant Fabaceae species from natural regeneration. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife – PE, v. 16, n. 1, p. 1 - 6, 2021.

SILVA, N. F. et al. Potencial de produção de mudas de *Aspidosperma cylindrocarpon* via resgate de plântulas. **Ciência Rural**, Santa Maria – RS, v. 47, n. 5, p. 1 – 6, 2017.

SILVA, N et al. Resgate de mudas de *Lychnophora pohlii* como alternativa para recuperação e conservação de campo rupestre. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 45, n. 3, p. 645 - 654, 2015.

SILVA-LUZ, C. L.; PIRANI, J. R. Anacardiaceae In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/PrincipalUC/PrincipalUC.do#CondicaoTaxonCP>> Acesso: 10 de Set., 2021.

SOMAVILLA, A. et al. Avaliações morfológicas de mudas de Cedro australiano submetidas a diferentes doses do fertilizante Osmocote plus®. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus – PI, v. 5, n. 4, p. 493 - 498, 2014.

SOUZA C. D.; FELFILI J. M. Uso de plantas medicinais na região de Alto Paraíso de Goiás, GO, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo –SP, n. 20, p. 135 - 142, 2006.

STANTURF, J. A.; PALIK, B. J.; DUMROESE, R. K. Contemporary forest restoration: a review emphasizing function. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 331, p. 292 - 323, 2014.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.

VIANI, R. A. G., BRANCALION, P. H. S., RODRIGUES, R. R. Corte foliar e tempo de transplântio para o uso de plântulas do sub-bosque na restauração florestal. **Revista *Árvore***, Viçosa - MG, v. 36, n. 2, p. 331 - 339, 2012.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO N. M **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal FUNEP/UNESP, 1994. 164 p.

ZIMMERMANN, A. P. L. et al. Métodos de transplântio para utilização de mudas de regeneração natural de *Cordia trichotoma*. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife – PE, v. 12, n. 1, p. 74 - 78, 2017.

#### **CAPÍTULO IV**

**INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE EM MUDAS DE *Tapirira guinensis* Aubl.  
RESGATADAS EM FLORESTA ATLÂNTICA PARA FINS DE RESTAURAÇÃO**

RALPH, LIDIANA NAYARA. **Interação genótipo x ambiente em mudas de *Tapirira guianensis* Aubl. resgatadas em Floresta Atlântica para fins de restauração.** 2022. Orientadora: Ana Lícia Patriota Feliciano. Coorientador: Ricardo Gallo.

## RESUMO

Uma das maiores dificuldades encontradas nos programas de restauração florestal é a obtenção de mudas de espécies nativas regionais em quantidade e diversidade adequadas. No Brasil, existem três espécies do gênero *Tapirira*, dentre elas, destaca-se a *Tapirira guianensis*, que é bastante utilizada nos programas de restauração florestal. Uma das técnicas que vem sendo utilizada para obtenção de material propagativo é o resgate de plântulas. No entanto, é necessário o desenvolvimento de pesquisas que avaliem a resposta das espécies à aplicação dessa técnica. O estabelecimento de ensaios experimentais com controles ambientais adequados é um dos primeiros passos para avaliar a adaptação, a produção e o potencial genético de espécies arbóreas. É fundamental conhecer a magnitude da variação genética e os coeficientes de herdabilidades. Contudo, este trabalho se baseia nas hipóteses de que: i) existe variação na interação genótipo x ambiente com genótipos de uma população de *Tapirira guianensis* em diferentes ambientes de viveiro; e ii) existem genótipos que podem proporcionar fenótipos com boas características silviculturais ideais para a produção de mudas em programas de restauração. Nesse contexto, objetivou-se, nesta pesquisa, avaliar o desempenho e a diversidade de genótipos resgatados de uma população de *Tapirira guianensis*, conduzidos em diferentes ambientes, por meio da estimativa dos parâmetros genéticos. As plântulas foram provenientes da Reserva Biológica de Saltinho, em que foram selecionadas 10 árvores matrizes distanciadas de, no mínimo, 100 metros entre elas. Decorrido 240 dias, foram avaliadas as seguintes variáveis: incremento em altura e diâmetro do coleto, número de folhas, área e perímetro foliar, comprimento e volume de raiz, massa fresca e seca de raiz e parte aérea, agregação de substrato, porcentagem de sobrevivência e teores de clorofila a, b e total, em três ambientes distintos: casa de vegetação, casa de sombra e pleno sol. Os componentes de variância e os valores genotípicos foram obtidos pela metodologia de modelos mistos REML/BLUP. Percebe-se que não houve significância entre a interação genótipo x ambiente para as variáveis IH, NF, MSPA, Rob e Clora, Clorb e Clortot. Também não foi observado efeito do genótipo para as variáveis CR, IQD, Rob, Clora, Clorb e Clortot. Para todas as variáveis analisadas, houve efeito ambiental. A análise dos componentes de variância e análise de Deviance pelo teste de razão de verossimilhança (LRT) mostrou que houve diferença significativa entre os genótipos para os caracteres VR, CR, Area e Clora. Essas diferenças evidenciam a ocorrência de variabilidade genética entre as progênies, o que é desejável com vistas à seleção. Os ambientes CS e CV são indicados para produção de mudas resgatadas de *Tapirira guianensis* em viveiros florestais. As menores taxas de sobrevivência foram encontradas no ambiente PS ao final dos 240 dias. O índice de seleção possibilitou selecionar árvores matrizes com cargas genéticas favoráveis à produção de mudas de qualidade silvicultural para projetos de restauração. Sendo indicado as árvores matrizes que representaram os genótipos 8, 10 e 3 para coleta de material propagativo.

**Palavras-chave:** efeito genótipo x ambiente, espécie florestal nativa, herdabilidade, parâmetros genéticos.



RALPH, LIDIANA NAYARA. **Genotype x environment interaction in *Tapirira guianensis* Aubl. rescued in Atlantic Forest for restoration purposes.** 2022. Advisor: Ana Lícia Patriota Feliciano. Co-advisor: Ricardo Gallo.

### ABSTRACT

One of the greatest difficulties encountered in forest restoration programs is obtaining seedlings of regional native species in adequate quantity and diversity. In Brazil there are three species of the genus *Tapirira*, among them *Tapirira guianensis* stands out, which is widely used in forest restoration programs. One of the techniques that has been used to obtain propagation material is the rescue of seedlings. However, it is necessary to develop research that evaluate the response of species to the application of this technique. The establishment of experimental trials with adequate environmental controls is one of the first steps to assess the adaptation, production and genetic potential of tree species. It is essential to know the magnitude of genetic variation and heritability coefficients. However, this work is based on the hypothesis that: i) there is variation in the genotype x environment interaction with genotypes of a population of *Tapirira guianensis* in different nursery environments and ii) there are genotypes that can provide phenotypes with good silvicultural characteristics, ideal for seedling production in restoration programs. In this context, the objective of this research was to evaluate the performance and diversity of genotypes rescued from a population of *Tapirira guianensis* conducted in different environments through the estimation of genetic parameters. The seedlings came from the Saltinho Biological Reserve, in which 10 matrix trees were selected at least 100 meters apart. After 240 days, the following variables were evaluated: increment in height and stem diameter, number of leaves, leaf area and perimeter, root length and volume, root and shoot fresh and dry mass, substrate aggregation, survival percentage and levels of chlorophyll a, b and total, in three different environments: greenhouse, shade house and full sun. The variance components and the genotypic values were obtained by the methodology of mixed models REML/BLUP. It is noticed that there was no significance between the genotype x environment interaction for the variables IH, NF, MSPA, Rob and Clora, Clorb and Clortot. There was also no effect of genotype for the variables CR, IQD, Rob, Clora, Clorb and Clortot. For all analyzed variables, there was an environmental effect. The analysis of variance components and Deviance analysis by the likelihood ratio test (LRT) showed that there was a significant difference between the genotypes for the characters VR, CR, Area and Clora. These differences evidence the occurrence of genetic variability among the progenies, which is desirable with a view to selection. The CS and CV environments are indicated to produce seedlings rescued from *Tapirira guianensis* in forest nurseries. The lowest survival rates were found in the PS environment at the end of 240 days. The selection index made it possible to select mother trees with genetic loads favorable to the production of seedlings of silvicultural quality for restoration projects. The mother trees representing genotypes 8, 10 and 3 were indicated for the collection of propagative material.

**Keywords:** genotype x environment effect, native forest species, heritability, genetic parameters.

## 1. INTRODUÇÃO

As formações florestais do Brasil vêm sofrendo níveis significativos de perturbação (DÍAZ et al., 2019), com isso, as iniciativas para a execução de projetos de conservação, restauração e uso sustentável dessas áreas estão crescendo, principalmente com o uso de espécies nativas (TOLVANEN; ARONSON, 2016; SALOMÃO; LIMA; RAJÃO, 2022; MIURA et al., 2022; SILVA et al., 2022; BURILLI; REIS; IVANAUSKAS, 2022).

No Brasil, existem três espécies do gênero *Tapirira*, dentre elas, destaca-se a *Tapirira guianensis*, que é amplamente distribuída em todos os estados brasileiros, com exceção do Rio Grande do Sul (SILVA-LUZ; PIRANI, 2013). É popularmente conhecida como pau-pombo, cupiúba, fruto-do-pombo e pombeiro, sendo muito utilizada na medicina popular (COSTA et al., 2014) e nos programas de restauração florestal (MOURA et al., 2022).

Nos programas de restauração florestal, uma das maiores dificuldades encontradas para a formação dos povoamentos é a obtenção de mudas de espécies nativas regionais em quantidade e diversidade adequadas (CABREIRA et al., 2017; LIMA-FILHO et al., 2019).

Com o intuito de contornar essas dificuldades e aumentar a diversidade da restauração ecológica, surge a necessidade de ampliar os conhecimentos acerca da silvicultura das espécies florestais nativas, que são fundamentais para auxiliar nos trabalhos de conservação e restauração (SANT'ANA et al., 2013; FREIRE et al., 2013; ROCHA et al., 2020; LIMA et al., 2022).

O elevado índice de predação de frutos e sementes, baixa produção de frutos por indivíduo, sazonalidade de frutificação (ZAMITH; SCARANO, 2004) e presença de complexos mecanismos de dormência (FOWLER; BIANCHETTI, 2000; BRANCALION; MARCOS-FILHO, 2008) são considerados os principais problemas para a produção de mudas da espécie florestal nativa *Tapirira guianensis*.

Com isso, a transferência de plântulas e de indivíduos jovens regenerantes de áreas florestais remanescentes para viveiros se torna uma alternativa promissora para produção de mudas, bem como para maximizar a diversidade florística e genética em comunidades florestais (VIANI; BRANCALION; RODRIGUES, 2012). Pois, além de apresentar benefícios como redução de custos, por não precisar realizar as etapas de coleta,

beneficiamento e armazenamento de sementes, insere novos materiais genéticos na área, maximizando a diversidade genética local (ZIMMERMAN et al., 2017; JONES, 2019).

Devido ao elevado número de espécies florestais nativas e à alta concentração de estudos em apenas poucas espécies, existe uma grande carência de informação que dê embasamento para a utilização da técnica de resgate de plântulas. Sendo necessário o desenvolvimento de pesquisas que avaliem a resposta das espécies à aplicação dessa técnica.

O estabelecimento de ensaios experimentais com controles ambientais adequados é um dos primeiros passos para avaliar a adaptação, a produção e o potencial genético de espécies arbóreas. Quando há uma elevada diversidade genética em uma população, ela garante a conservação genética e o ganho genético nas gerações futuras (TAMBARUSSI et al., 2018), que é de extrema importância para o sucesso dos programas de restauração florestal, promovendo a resiliência e a manutenção das populações (ATKINSON et al., 2021).

Genótipos de uma mesma espécie têm diferentes mecanismos de resposta à disponibilidade de recursos, mudanças nas condições abióticas e interações bióticas (UKRAINETZ et al., 2018). Devido a isso, pesquisadores se preocupam em testar genótipos em uma diversidade de locais para obter estimativas imparciais de efeitos genéticos em diferentes ambientes e encontrar indivíduos com genótipos superiores em relação às condições desejadas (RUSSELL et al., 2015; YANG et al., 2018).

As estimativas dos componentes de variância e a predição de valores genéticos são procedimentos essenciais na identificação de indivíduos superiores na produção de mudas para restauração. Os principais parâmetros genéticos são a acurácia, a herdabilidade, a variância genética aditiva e a não aditiva (RESENDE, 2015). As variâncias genéticas e ambientais são utilizadas para estimar a herdabilidade, que mede o grau de controle genético de um caráter (FALCONER; MACKAY, 1996).

É fundamental conhecer a magnitude da variação genética e os coeficientes de herdabilidades, visto que a variação genética é a matéria prima do melhoramento e pode contribuir no sucesso de programas de conservação e restauração (BERTI et al., 2011).

Em virtude da carência de conhecimentos sobre a produção de mudas de espécies florestais nativas via resgate de plântulas, inferir sobre os parâmetros genéticos,

estimativas da diversidade genética, efeito interação (G) x (A), comportamento ecológico e silvicultural em diferentes condições ambientais contribui para a tomada de decisão para o melhoramento genético de espécies, logo, são de extrema importância estudos para o desenvolvimento da atividade florestal.

Algumas variáveis podem influenciar as estimativas de parâmetros genéticos e, conseqüentemente, o ganho genético de uma população, como a interação genótipo (G) x ambiente (A). A interação (G) x (A) representa variações qualitativas ou quantitativas na expressão fenotípica de genótipos (GEZAN; CARVALHO; SHERRIL, 2017), isso ocorre quando os fenótipos diferem em suas respostas a condições ambientais variadas (LEON et al., 2016).

Estudos acerca da interação (G) x (A) são necessários para quantificar a magnitude e a significância dos efeitos individuais na expressão do fenótipo, fornecendo diretrizes para o aproveitamento de genótipos adequados em programas de conservação e restauração (BURDON; LI, 2019; SANTOS et al., 2022).

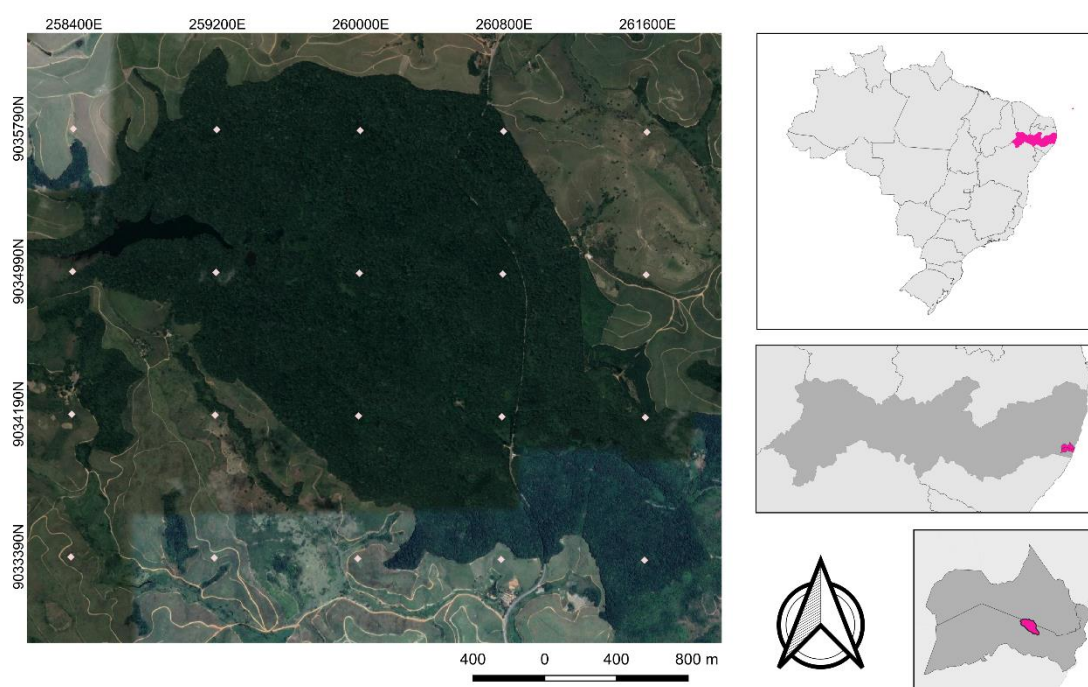
Contudo, este trabalho se baseia nas hipóteses de que: i) existe variação na interação genótipo x ambiente com genótipos de uma população de *Tapirira guianensis* em diferentes ambientes de viveiro; e ii) existem genótipos que podem proporcionar fenótipos com boas características silviculturais ideais para a produção de mudas em programas de restauração.

Nesse contexto, objetivou-se nesta pesquisa avaliar o desempenho e a diversidade de genótipos resgatados de uma população de *Tapirira guianensis*, conduzidos em diferentes ambientes, por meio da estimativa dos parâmetros genéticos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de coleta

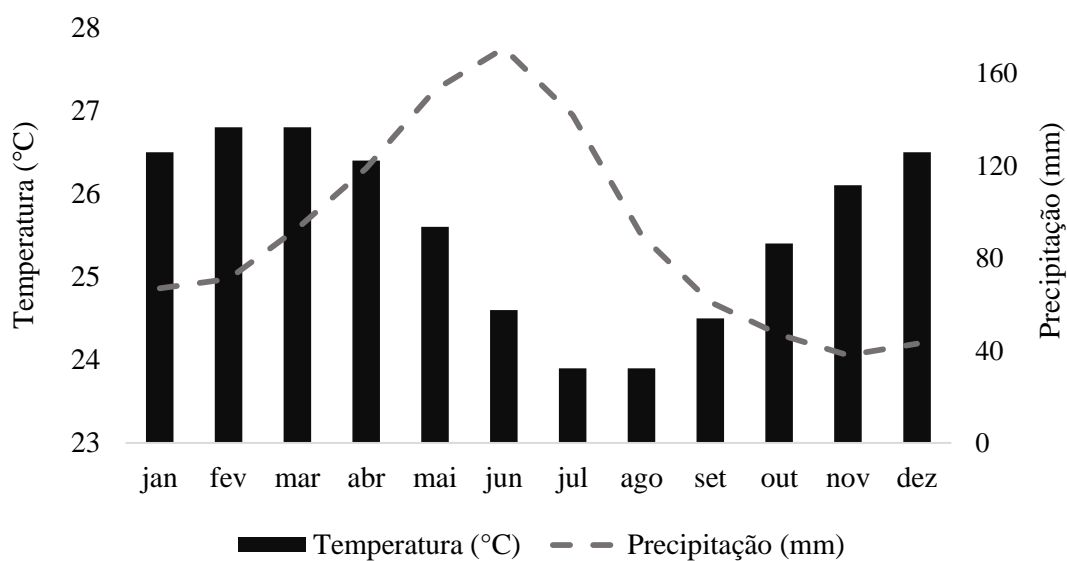
As plântulas foram coletadas na Reserva Biológica de Saltinho (Figura 1), localizada nos municípios de Tamandaré (93,66%) e Rio Formoso (6,34%), no Estado de Pernambuco, Brasil, com uma área de 548 hectares, sob as coordenadas 08°44'13" e 08°43'09" Latitude Sul e 35°10'11" e 35°11'02" Longitude Oeste (IBAMA, 2003).



Fonte: Ralph (2022).

**Figura 1.** Área de estudo, Reserva Biológica de Saltinho, localizada nos municípios de Tamandaré e Rio Formoso, no Estado de Pernambuco, Brasil.

O clima característico é do tipo tropical úmido (As'), segundo a classificação de Köppen, no qual predominam as chuvas de outono-inverno. Os meses mais secos são outubro, novembro e dezembro (Figura 2). A pluviosidade anual varia de 1.800 a 2.000 mm e a temperatura média anual varia de 24 a 26 °C. Apresenta topografia plana, pois o relevo é levemente ondulado, com altitudes variando de 40 a 120 m. Os solos são classificados como Latossolos Vermelho – Amarelo distróficos (INMET, 2019).



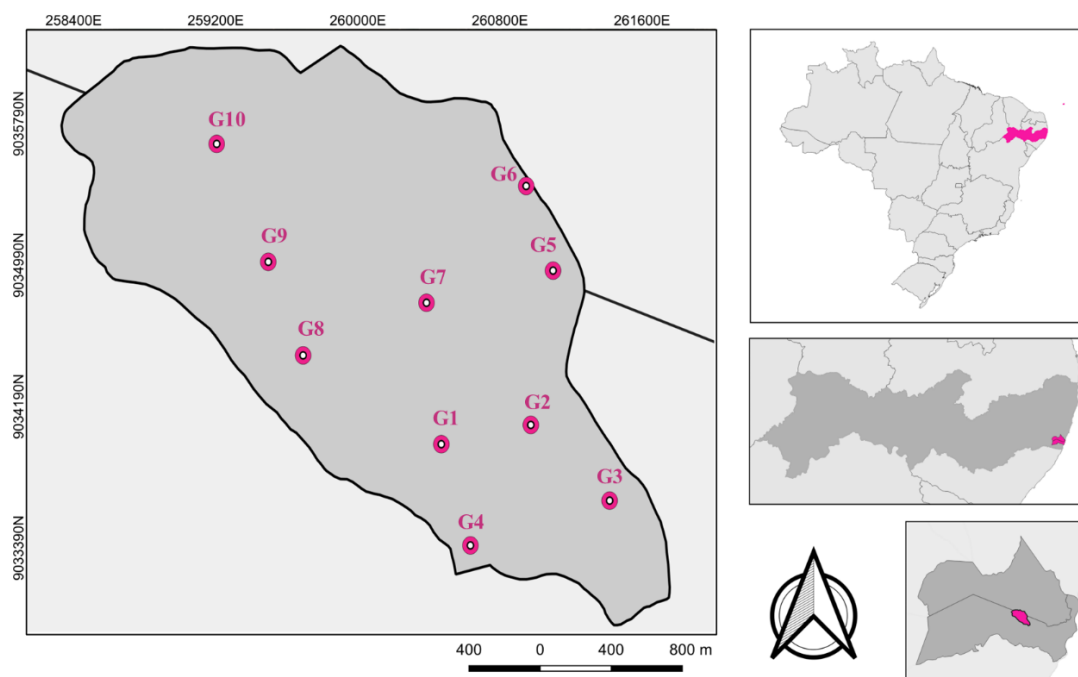
Fonte: Elaborado pela autora, com dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

**Figura 2.** Temperatura e precipitação média da Reserva Biológica de Saltinho, Pernambuco, Brasil.

A cultura agrícola de maior destaque nas áreas circunvizinhas é a cana-de-açúcar, sendo que a sua vegetação original é constituída por formações florestais secundárias, caracterizadas como Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (IBGE, 2012).

## 2.2 Resgate de plântulas

Para o resgate das plântulas em campo, foram selecionadas 10 árvores matrizes distanciadas de, no mínimo, 100 metros entre elas (Figura 3), em uma população de *Tapirira guianensis* localizada na Reserva Biológica de Saltinho.



Fonte: Ralph (2022).

**Figura 3.** Pontos de coleta das plântulas de *Tapirira guianensis* na Reserva Biológica de Saltinho, Pernambuco, Brasil.

Foram coletadas, ao acaso e em um mesmo dia, 50 plântulas de cada matriz com tamanhos de 14 a 19,9 cm (de acordo com os resultados obtidos no capítulo III desta pesquisa). Para não danificar o sistema radicular, as plântulas foram removidas de forma cautelosa, com auxílio de uma pá de jardinagem, permitindo que parte do substrato agregado às raízes permanecessem.

### 2.3 Transporte

Os indivíduos coletados foram imediatamente enrolados em jornal umedecido e colocados em caixas de isopor, para evitar a perda de água. O transporte das plântulas para o viveiro florestal do Departamento de Ciência Florestal (DCFL), na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), foi realizado dentro de 24 horas após sua coleta, conforme Ferreira e Silva et al. (2015).

## 2.4 Transplante das plântulas

Foram transplantadas 42 plântulas de cada matriz, em até 24 horas após a coleta, para sacos de polietileno de cor preta com capacidade de 910 mL, contendo substrato composto de solo florestal (coletado no fragmento de coleta das plântulas), substrato comercial Basaplant e vermiculita de granulometria grossa, na proporção 1:1:1. De forma que houvesse 14 repetições por cada matriz, distribuídas em 3 ambientes, totalizando 140 plântulas por ambiente.

## 2.5 Tratos culturais

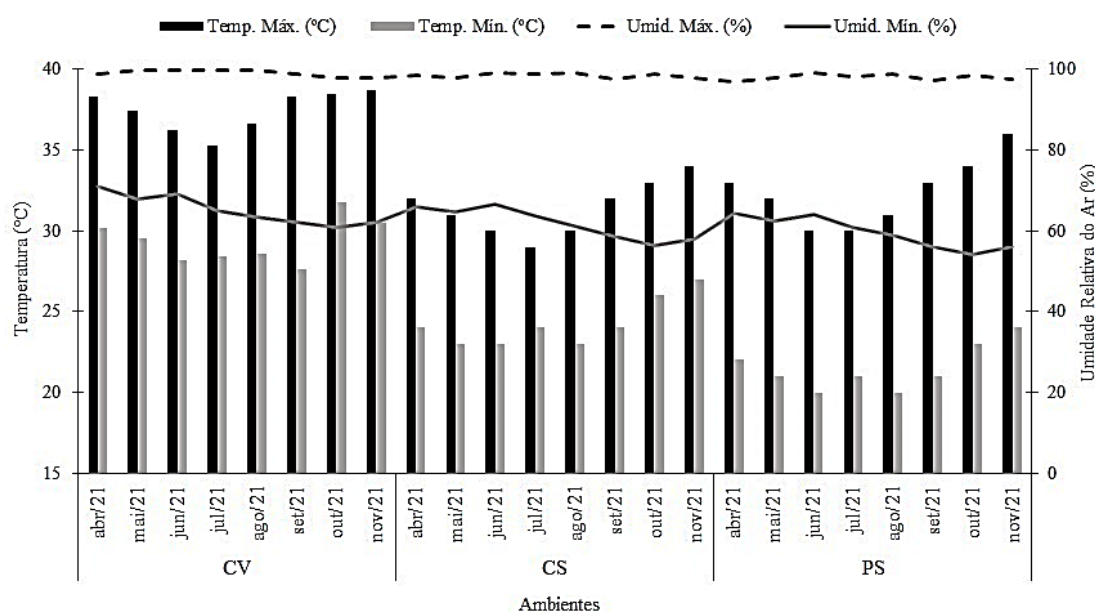
Foi adotada a redução foliar de 50% (redução de todas as folhas em 50%). As plântulas foram mantidas em três ambientes distintos (casa de vegetação - CV, casa de sombra coberta com sombrite de 50% de redução de luminosidade - CS e pleno sol - PS), todos os ambientes apresentavam rega automatizada de hora em hora, das 09h00 às 17h00, com uma rega extra às 12h30, 1 minuto por vez.

As condições de temperatura e umidade encontradas em cada ambiente durante o desenvolvimento da pesquisa se encontram na Figura 4. As médias de intensidade luminosa em cada ambiente durante a pesquisa foram medidas com auxílio de luxímetro, sendo 1.296, 6.918 e 20.797 lux, para os ambientes CV, CS e PS, respectivamente.

O controle das ervas daninhas ocorreu periodicamente de forma manual. Para complementação da adubação, foi aplicado semanalmente 5 mL de fertilizante comercial, composto por micronutrientes da marca Poly Feed<sup>®</sup>, em cada planta, dissolvido numa concentração de 2 g L<sup>-1</sup>.

As mudas permaneceram nos três ambientes por um período de 240 dias, até o momento da avaliação final do experimento.





Fonte: Ralph (2022).

**Figura 4.** Condições de temperatura e umidade relativa do ar para os ambientes CV, CS e PS, por um período de 240 dias. Em que: CV: casa de vegetação; CS: casa de sombra; e PS: pleno sol.

## 2.6 Variáveis analisadas

As avaliações nas mudas de *Tapirira guianensis* se deram a cada 30 dias, por um período de 240 dias, avaliando-se altura, diâmetro do coleto, número de folhas, área e perímetro foliar, comprimento e volume de raiz, massa fresca e seca de raiz e parte aérea, agregação de substrato, porcentagem de sobrevivência e teores de clorofila a, b e total (Tabela 1). Com esses dados, obteve-se, também, o incremento de altura e diâmetro, robustez e o índice de qualidade de Dickson das plântulas.

**Tabela 1.** Representação das abreviações das variáveis analisadas.

Representação	Variável
Agre	Agregação do substrato (g)
Area	Área foliar (cm <sup>2</sup> )
Clora	Clorofila a
Clorb	Clorofila b
Clortot	Clorofila total
CR	Comprimento da raiz (cm)
ID	Incremento de diâmetro (mm)

IQD	Índice de qualidade de Dickson
IH	Incremento de altura (cm)
MFPA	Massa fresca da parte aérea (g.pl <sup>-1</sup> )
MFR	Massa fresca da raiz (g.pl <sup>-1</sup> )
MSPA	Massa seca da parte aérea (g.pl <sup>-1</sup> )
MSR	Massa seca da raiz (g.pl <sup>-1</sup> )
NF	Número de folhas
Perim	Perímetro foliar(cm)
Rob	Robustez
VR	Volume da raiz (ml)

A altura total (cm), definida como a distância do nível do substrato até a inserção da última gema, foi mensurada com auxílio de uma régua graduada. O incremento de altura (IH) foi avaliado segundo valores de crescimento relativo, que considera a diferença de altura entre a altura final (IH<sub>final</sub>) e inicial (IH<sub>inicial</sub>), seguindo a equação de Carneiro (1995):

$$IH = IH_{final} - IH_{inicial}$$

O diâmetro do coleto (mm) foi mensurado com um paquímetro digital e o incremento calculado pela diferença entre o diâmetro final (D<sub>final</sub>) e o inicial (D<sub>inicial</sub>).

$$ID = ID_{final} - ID_{inicial}$$

O número de folhas foi quantificado por meio da contagem das folhas nas plantas.

A determinação da área e perímetro foliar foi obtida por meio de imagem, em que as folhas foram dispostas em papel EVA de cor azul, para contrastar com a coloração verde das folhas. Foi colocado um quadrado de área conhecida, para obtenção da escala na imagem. Para as fotos, foi utilizada uma câmera com controle de luz para evitar ao máximo a interferência de sombras nas imagens. A área e perímetro foram obtidos por meio da análise digital no *software* RStudio (R CORE TEAM, 2021), com uso dos pacotes ExpImage (AZEVEDO, 2021), EBImage (OLES et al., 2020) e dipr (FELIX et al., 2020).

O comprimento de raiz principal (cm) foi mensurado com auxílio de uma régua graduada e o volume de raiz (mm<sup>3</sup>), obtido pelo deslocamento de água em proveta de volume conhecido.

Na determinação da massa fresca da raiz e parte aérea, foi realizado um corte com auxílio de uma tesoura de poda, para separar a parte aérea e a raiz da planta e, logo após, foi realizada a pesagem em balança analítica com precisão de 0,001 g, sendo os resultados

expressos em g pl<sup>-1</sup> para obtenção da massa fresca da planta (VIEIRA; CARVALHO, 1994).

Para avaliação da massa seca da raiz e parte aérea, foram acondicionadas separadamente em sacos de papel do tipo Kraft, deixados em estufa regulada a 80 °C, durante 48 horas. Decorrido esse período, as amostras foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g, sendo os resultados expressos em g pl<sup>-1</sup> (NAKAGAWA, 1999).

Para a agregação do substrato, a resistência do torrão foi medida por meio da simulação de queda de acordo com Kratz et al. (2015), com modificações, em que o torrão foi solto a uma altura de aproximadamente 1 m do solo coberto com uma cartolina branca e, depois, foi pesado o material que desagregou, obtendo a relação de substrato desagregado. Seguindo a seguinte equação:

$$R = \frac{M_{desagregado}}{(M_{torrão} - M_{raiz})}$$

em que: R: Relação de substrato desagregado (g); M<sub>desagregado</sub>: Massa do substrato desagregado da raiz (g); M<sub>torrão</sub>: Massa do torrão (g); e M<sub>raiz</sub>: Massa da raiz (g) .

O índice de qualidade de Dickson avalia os parâmetros morfológicos da planta e foi obtido por meio da equação de Dickson, Leaf e Hoesner (1960):

$$IQD = \frac{MST}{\left(\frac{H}{DC}\right) + \left(\frac{MSPA}{MSRA}\right)}$$

em que: IQD: Índice de Qualidade de Dickson; H: Altura final (cm); MST: Massa seca total (g); DC: Diâmetro do coleto (mm); MSPA: Massa seca da parte aérea (g); e MSRA: Massa seca da raiz (g).

A robustez foi obtida por meio da relação entre altura e diâmetro do coleto e a porcentagem de sobrevivência foi calculada a partir do número de indivíduos mortos. As mudas que, até a data da última avaliação, estavam sem folhas e com caule seco, foram consideradas como mortas (SANTOS et al., 2019).

Os níveis de clorofila foram obtidos no final do experimento, antes que as análises destrutivas fossem realizadas. Foi utilizado o Clorofilog Falker® CFL1030 em quatro folhas de cada planta, sendo uma em cada quadrante e situadas no intermédio do caule, 3 repetições por genótipo por ambiente, totalizando 90 repetições, 30 por ambiente.

## 2.7 Análises estatísticas e genéticas

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, aqueles que não atenderam à normalidade foram transformados. Os dados normais e transformados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste F, seguindo da observação de diferença entre os genótipos, ambientes e a interação genótipo x ambiente. Quando houve diferença significativa, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% e 1% de probabilidade. Os valores quantitativos foram submetidos à análise de regressão, considerando o modelo que melhor explica os dados. As análises estatísticas foram realizadas por meio do *software* Sisvar (FERREIRA, 2011).

Os componentes de variância e os valores genotípicos foram obtidos pela metodologia de modelos mistos REML/BLUP (RESENDE, 2002), por meio do *software* Selegen REML/BLUP (RESENDE, 2016). Foi considerado o modelo em delineamento em blocos ao acaso, teste de genótipos não aparentados, uma planta por parcela, vários locais, sendo:

$$y = Xr + Zg + Wi + e$$

em que:  $y$  é o vetor de dados,  $r$  é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral,  $g$  é o vetor dos efeitos genotípicos (assumidos como aleatórios),  $i$  é o vetor dos efeitos da interação genótipo x ambiente (aleatórios) e  $e$  é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos.

$X$ ,  $Z$  e  $W$  = matrizes de incidência para  $r$ ,  $g$  e  $i$ , respectivamente, para o vetor de dados  $y$ .

Distribuições e estruturas de médias e variâncias:

$$E \begin{bmatrix} y \\ g \\ i \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Xr \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \quad Var \begin{bmatrix} g \\ i \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I\sigma_g^2 & 0 & 0 \\ 0 & I\sigma_i^2 & 0 \\ 0 & 0 & I\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

Equações de modelo misto:

$$\begin{bmatrix} X'X & X'Z & X'W \\ Z'X & Z'Z + I\lambda_1 & Z'W \\ W'X & W'Z & W'W + I\lambda_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\mu} \\ \hat{g} \\ \hat{t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'y \\ Z'y \\ W'y \end{bmatrix}, \text{ em que:}$$

$$\lambda_1 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_g^2} = \frac{1 - h_g^2 - c^2}{h_g^2}; \quad \lambda_2 = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_t^2} = \frac{1 - h_g^2 - c^2}{c^2};$$

$$h_g^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_t^2 + \sigma_e^2} = \text{herdabilidade individual no sentido amplo, ou seja, dos efeitos}$$

genotípicos totais;

$$c^2 = \frac{\sigma_t^2}{\sigma_g^2 + \sigma_t^2 + \sigma_e^2} : \text{coeficiente de determinação dos efeitos da interação genótipos x}$$

ambientes;

em que:  $\sigma_g^2$  é a variância genotípica;  $\sigma_t^2$  é a variância da interação genótipos x ambientes; e  $\sigma_e^2$  é a variância residual;

$$r_{gloc} = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_t^2} = \frac{h_g^2}{h_g^2 + c^2} : \text{correlação genotípica entre o desempenho nos vários}$$

ambientes;

Estimadores de componentes de variância por REML via algoritmo EM:

$$\hat{\sigma}_e^2 = \frac{[y'y - \hat{\mu}' X'y - \hat{g}' Z'y - \hat{t}' W'y]}{[N - r(x)]};$$

$$\hat{\sigma}_g^2 = \frac{[\hat{g}' \hat{g} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr } C^{22}]}{q};$$

$$\hat{\sigma}_t^2 = \frac{[\hat{t}' \hat{t} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr } C^{33}]}{s};$$

em que:  $C^{22}$  e  $C^{33}$  advém de:

$$C^{-1} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} C^{11} & C^{12} & C^{13} \\ C^{21} & C^{22} & C^{23} \\ C^{31} & C^{32} & C^{33} \end{bmatrix}$$

em que: C é a matriz dos coeficientes das equações de modelo misto; tr é o operador traço matricial; r(x) é o posto da matriz X; e N, q, s equivalem ao número total de dados, número de progênies e número de combinações genótipos x ambientes, respectivamente.

A correlação genética de Pearson entre as variáveis obtidas foi calculada a partir dos valores genotípicos preditos ( $\mu + g$ ). Com isso, obteve-se as demais análises de divergência genética. A correlação genética de Pearson foi considerada como significativa pelo teste t com  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$ .

A significância dos efeitos aleatórios ( $g$  e  $i$ ) foi obtida através da Análise de Deviance, por meio do teste da razão da máxima verossimilhança (LRT). As Deviances foram obtidas conforme descrito por Resende (2007), utilizando-se o modelo com e sem os respectivos efeitos. Para isso, a Deviance obtida no modelo completo foi subtraída pela deviance sem o efeito e comparada com o valor do Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) com um grau de liberdade a 5% de significância (3,84).

A divergência genética foi analisada por meio do agrupamento pelo método UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*), com os valores genotípicos ( $\mu + g$ ) das progênies para cada variável, utilizando a distância euclidiana média genética padronizada como medida de dissimilaridade.

Para a obtenção dos componentes de variância, valores genotípicos, correlações genéticas, análise de agrupamento genético, componentes principais (KASSAMBRA, 2017) e seleção de genótipos, foi utilizado o *software* Selegen REML/BLUP (RESENDE, 2016). As representações gráficas foram realizadas por meio do *software* RStudio (R CORE TEAM, 2021), com o uso dos pacotes ggplot2 (WICKHAM, 2016), corrplot (WEI; SIMKO, 2017) e factoextra (KASSAMBARA; MUNDT, 2020).

Para a representação gráfica do *heatmap* da formação dos grupos de acordo com as análises de agrupamento, houve uma padronização dos valores genotípicos para cada variável com base na média das progênies inseridas em cada grupo:

$$z = \frac{(x - \mu)}{\sigma}$$

em que:  $z$  é o valor padronizado;  $x$  é a observação genotípica individual;  $\mu$  é a média genotípica populacional; e  $\sigma$  é o desvio padrão amostral.

## 2.8 Índice de seleção de matrizes

Para a seleção de genótipos, foi utilizado o índice de rank médio (RESENDE, 2007), adaptado de Mulamba e Mock (1978), com os valores genotípicos preditos ( $\mu + g$ ) dos caracteres que possuíam a acurácia seletiva ( $r_{gg}$ ) maior que 0,70 e que foram significativos nos componentes de variância dos efeitos genotípicos ( $x^2h^2$ ) ou dos efeitos das matrizes ( $x^2c^2$ ).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Variáveis analisadas

A significância dos dados submetidos à análise de variância pelo teste F se encontram na Tabela 2, quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância pelo teste F em níveis de significância para os caracteres avaliados nos genótipos de *Tapirira guianensis*

F.V	Teste de F																	
	IH	ID	NF	Massa Fresca				Massa Seca				Clorofila						
				Parte Aérea	Raiz	VR	CR	Parte Aérea	Raiz	Área	Per	IDQ	Rob	Agreg	A	B	Total	
A	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
G	**	**	**	*	*	**	ns	*	**	**	**	ns	ns	**	ns	ns	ns	
A x G	ns	**	ns	*	**	**	**	ns	**	**	*	*	ns	**	ns	ns	ns	
Resíduo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CV %	23.68	17.10	27.04	31.89	25.36	23.82	12.35	32.21	24.34	36.50	34.06	18.53	11.12	10.97	8.61	12.78	9.16	

GL = Ambiente (2); Genótipo (9); A x G (18); Resíduo (142)

Em que: \*: significativo a 5% de significância; \*\*: significativo a 1% de significância; ns: não significativo; F.V: fonte de variação; A: ambiente; G: genótipo; A x G: interação genótipo ambiente; CV %: coeficiente de variação; GL: grau de liberdade; IH: incremento de altura; ID: incremento de diâmetro; VR: volume de raiz; CR: comprimento de raiz; Per: perímetro foliar; IQD: índice de qualidade de Dickson; Rob: robustez; e Agreg: agregação do substrato.

Percebe-se que não houve diferença significativa entre a interação genótipo x ambiente para as variáveis IH, NF, MSPA, Rob e Clora, Clorb e Clortot. Também não foi observado efeito do genótipo para as variáveis CR, IQD, Rob, Clora, Clorb e Clortot. Para todas as variáveis analisadas, houve efeito ambiental.

Na Tabela 3, observam-se os valores referentes ao IH, NF, MSPA, Rob, Clora, Clorb e Clortot, que mostraram diferença significativa entre os ambientes. Para as variáveis IH, NF e MSPA, resultados superiores foram encontrados no ambiente CS, com valores de 6,04, 4,93 e 2,67, respectivamente.

O melhor resultado do IH nesse ambiente está associado ao mecanismo de adaptação da espécie em crescer rapidamente em ambientes sombreados, sendo uma

estratégia de fuga em ambientes de baixa intensidade luminosa (MORAES-NETO, 2000; PINTO et al., 2016). No ambiente CS, foi observada intensidade luminosa média de 6.918 lux, valor inferior ao encontrado no ambiente PS (20.797 lux).

O uso efetivo da radiação solar pelas folhas se deve à estrutura anatômica e propriedades fisiológicas, que são características genéticas da espécie, que permitem um melhor aproveitamento deste recurso (LARCHER, 2006; AOUN; MANJA, 2020).

Para que espécies como o *Tapirira guianensis* sejam produzidas, muito há que se conhecer, já que a produção de mudas é uma das fases mais importantes para os projetos de reflorestamentos, seja para fins comerciais ou ambientais (FREITAS et al., 2017; SCHEER et al., 2017).

O NF e a MSPA superiores no ambiente CS podem estar relacionados ao mecanismo de adaptação da espécie, favorecendo o seu IH. De forma que um maior NF permite maior captação de energia luminosa, promovendo a otimização da atividade fotossintética e uma maior MSPA pode estar associada ao acúmulo de nutrientes pela planta.

**Tabela 3.** Efeito do ambiente para as variáveis IH, NF, MSPA, Rob, Clora, Clorb e Clortot de genótipos de *Tapirira guianensis*

Ambiente	Variáveis Analisadas						
	IH	NF	Massa Seca Parte Aérea	Rob	Clorofila		
					a	b	Total
C.V	3.39 c	3.20 c	1.44 c	2.85 a	5.72 a	2.66 a	6.27 a
C.S	6.04 a	4.93 a	2.67 a	2.88 a	5.59 a	2.56 a	6.11 a
P.S	4.45 b	4.41 b	2.30 b	2.37 b	4.94 b	2.10 b	5.32 b

Em que: médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; IH: incremento de altura; NF: número de folhas; Rob: robustez; C.V: casa de vegetação; C.S: casa de sombra; e P.S: pleno sol.

Para as variáveis Rob e clorofilas a, b e total, o ambiente PS se mostrou estatisticamente inferior aos demais. Provavelmente, esse resultado está associado à luminosidade intensa do ambiente PS. Situações de luminosidade extrema provocam redução no crescimento e na atividade respiratória, fatores que interferem diretamente na robustez da planta (LAURIE; KIPLINGER; NELSON, 1979; GROSSNICKLE; MACDONALD, 2018).



A *Tapirira guianensis* é uma espécie pioneira a secundária inicial, sendo caracterizada por tolerar altas intensidades luminosas. No entanto, no presente estudo, desde a fase de plântula, as progênes foram aclimatadas no ambiente PS, sem que houvesse um trato cultural que amenizasse o estresse provocado pelo resgate e posterior transplante. Isso pode ter acarretado o desempenho inferior das mudas desse ambiente.

Os maiores teores de clorofila encontrados nos ambientes CS e CV estão atrelados à compensação da espécie à menor quantidade de radiação disponível (TAIZ; ZEIGER, 2017), característica da plasticidade fenotípica da espécie.

O efeito do genótipo foi significativo para as variáveis IH, NF e MSPA (Tabela 4). As mudas do genótipo 4 mostraram resultados inferiores aos demais quanto ao IH e à MSPA e as do genótipo 5 quanto ao NF. Isso se deve às características genotípicas de cada indivíduo e/ou à interação deste com o ambiente em que se encontravam.

**Tabela 4.** Efeito do genótipo para as variáveis IH, NF e MSPA de genótipos de *Tapirira guianensis*

Genótipo	Variáveis Analisadas		
	IH	NF	Massa Seca Parte Aérea
1	4.26 ab	4.02 ab	1.97 ab
2	4.36 ab	4.16 ab	1.90 ab
3	4.92 a	4.66 a	2.34 ab
4	3.71 b	3.55 ab	1.58 b
5	4.01 ab	3.19 b	1.96 ab
6	4.92 a	4.53 a	2.15 ab
7	4.31 ab	4.31 ab	2.06 ab
8	5.07 a	4.38 ab	2.26 ab
9	4.85 ab	4.00 ab	2.14 ab
10	4.92 a	4.28 ab	2.40 a

Em que: médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; IH: incremento de altura; e NF: número de folhas.

Esses resultados precisam ser analisados mais detalhadamente, levando em consideração os parâmetros genéticos de cada genótipo, bem como a interação destes com os ambientes em que foram condicionados.

Na Tabela 5, encontram-se os resultados das comparações de médias da variável ID. Não houve diferença entre os genótipos no ambiente CV. Já no ambiente CS, valores

superiores foram observados para os genótipos 8 e 10 (2,26 em ambos), em contrapartida, as mudas advindas do genótipo 4 apresentaram o menor ID (1,55). No ambiente PS, as mudas oriundas dos genótipos 1 e 6 foram estatisticamente superiores ao genótipo 2.

**Tabela 5.** Efeito da interação genótipo x ambiente para ID em mudas de *Tapirira guianensis*

VARIÁVEL	AMBIENTE	GENÓTIPOS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ID	C.V	1.35	0.99	1.62	1.54	1.77	1.31	0.87	1.22	0.99	0.84
		aB	aA	aB	aB	aB	aB	aB	aB	aB	aB
	C.S	1.73	1.72	1.83	1.55	1.88	2.20	2.18	2.26	2.18	2.26
		abAB	abA	abAB	bAB	abAB	abA	abA	aA	abA	aA
	P.S	2.23	1.56	2.16	1.91	2.23	2.44	2.07	2.24	2.08	2.1
		aA	bA	abA	abA	abA	aA	abA	abA	abA	abA

Em que: médias seguidas pela mesma letra maiúscula para coluna e minúscula para linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; ID: incremento de diâmetro; C.V: casa de vegetação; C.S: casa de sombra; e P.S: pleno sol.

Possivelmente, as mudas dos genótipos que apresentaram um maior ID se encontram em um balanço favorável entre fotossíntese e respiração (DUTRA et al., 2012), sendo essa uma condição proporcionada pela interação do genótipo de cada indivíduo com os ambientes em que se encontravam. De acordo com Villar-Salvador et al. (2012), o diâmetro é um excelente indicador da capacidade assimilatória líquida da planta.

Em relação aos ambientes, as mudas que se encontravam na CS e no PS apresentaram os melhores resultados de ID para todos os genótipos em estudo, com exceção do genótipo 2, que mostrou desempenho semelhante em todos os ambientes. Os menores IDs observados nas mudas conduzidas em CV evidenciam que a redução da intensidade de luz proporciona plantas de caules mais finos quando comparadas às cultivadas em PS.

Na Tabela 6, verificam-se os valores referentes ao efeito da interação genótipo x ambiente para Área e Perim foliar de mudas de *Tapirira guianensis*. Não houve diferença estatística entre as médias dos genótipos nos ambientes CV e PS. Já no ambiente CS, os genótipos 6, 7, 8, 9 e 10 foram estatisticamente superiores ao genótipo 5. As menores médias de Área e Perim do genótipo 5 estão atreladas ao fato de ter sido o genótipo a apresentar o menor NF.

**Tabela 6.** Efeito da interação genótipo x ambiente para as variáveis Área e Perim em mudas de *Tapirira guianensis*

VARIÁVEL	AMBIENTE	GENÓTIPOS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Área	C.V	110.54	102.27	377.49	153.12	196.57	182.48	117.07	158.31	84.25	75.14
		aB	aA	aA	aA	aA	aB	aB	aB	aB	aB
	C.S	557.21	393.81	500.97	126.54	247.29	556.33	585.15	750.87	621.97	644.97
		aA	abcA	abA	bcA	cA	aA	aA	aA	aA	aA
	P.S	378.45	230.84	389.81	239.12	296.32	617.41	257.49	287.05	252.54	253.47
		aAB	aA	aA	aA	aA	aA	aB	aB	aB	aB
Perim	C.V	156.90	128.90	488.24	215.16	250.37	264.16	159.17	214.60	115.87	115.99
		aA	aA	aA	aA	aA	aB	aB	Ab	aB	aB
	C.S	539.13	425.16	595.41	178.02	114.31	591.79	716.73	706.44	528.13	637.08
		abcA	abcA	abA	bcA	cA	abA	aA	aA	abcA	aA
	P.S	428.31	396.74	515.00	335.46	363.03	698.58	428.09	382.89	328.97	331.77
		aA	aA	aA	aA	aA	aA	aAB	aB	aAB	aB

Em que: médias seguidas pela mesma letra maiúscula para coluna e minúscula para linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; Área: área foliar; Perim: perímetro foliar; C.V: casa de vegetação; C.S: casa de sombra; e P.S: pleno sol.

O genótipo 6, que está entre os melhores genótipos ao observar a Área, também se mostrou superior quanto ao IH e NF. Sabe-se que as folhas são responsáveis pela captação de energia solar e transformação em matéria orgânica pelo processo de fotossíntese (CHEN et al., 2020), portanto esse genótipo certamente possui uma maior capacidade de aproveitamento da energia luminosa.

A variável MFPA não apresentou diferença entre os genótipos nos ambientes CV e PS (Tabela 7). Por outro lado, no ambiente CS, os genótipos 8 e 10 foram estatisticamente superiores ao genótipo 4, sendo esse semelhante aos genótipos 2, 3 e 5. Para os genótipos 1, 9 e 10, os valores encontrados no ambiente CS foram superiores aos demais.

Esses resultados podem estar relacionados ao melhor aproveitamento da disponibilidade de nutrientes, principalmente do Nitrogênio, pelas mudas dos genótipos 1, 9 e 10 no ambiente CS, visto que esse nutriente atua nas rotas metabólicas das plantas (OLIVEIRA et al., 2010; WANG; XU; CUI, 2015).

No ambiente CS, os valores de MFR foram superiores e semelhantes para as mudas dos genótipos 8 e 10, já para o VR, o genótipo 8 foi estatisticamente superior ao 4. Na CV, os genótipos 2 e 3 mostraram os maiores valores.

Não houve diferença entre os genótipos para o CR dentro do ambiente CV, no entanto, nos ambientes CS e PS, é possível observar que houve diferença entre alguns genótipos.

Em relação ao efeito dos ambientes em cada genótipo, CS e PS não diferem entre os genótipos 3, 6 e 7, diferentemente do encontrado para os genótipos 8, 9 e 10, que melhores resultados foram encontrados no ambiente CS.

**Tabela 7.** Efeito da interação genótipo x ambiente para as variáveis MFPA, MFR, VR, CR, MSR em mudas de *Tapirira guianensis*

VARIÁVEL	AMBIENTE	GENÓTIPOS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MFPA	C.V	4.39	4.67	11.52	6.64	8.11	8.70	5.60	5.27	3.04	2.81
		aB	aA	aA	aA	aA	aB	aB	aB	aB	aC
	C.S	21.48	16.96	20.45	6.64	15.30	23.72	24.26	29.68	23.43	25.37
		abA	abA	abA	bA	abA	abA	abA	aA	abA	aA
	P.S	17.03	11.30	20.13	9.98	16.93	22.54	15.69	14.23	12.97	14.08
		aAB	aA	aA	aA	aA	aA	aAB	aB	aAB	aB
MFR	C.V	2.06	3.31	2.90	4.71	4.01	3.15	1.97	2.20	1.78	1.46
		aA	aA	aB	aA	aB	aB	aB	aB	aB	aC
	C.S	6.64	7.60	12.14	5.80	6.74	14.83	10.63	16.05	13.93	14.51
		aA	abA	abA	bA	bAB	abA	abA	aA	abA	abA
	P.S	8.19	9.91	14.43	9.14	13.68	14.03	13.99	11.04	11.62	9.05
		aA	aA	aA	aA	aA	aA	aA	aA	aA	aB
VR	C.V	1.84	2.50	4.00	4.58	4.78	3.16	1.57	2.85	2.33	1.11
		aB	aA	aB	aA	aB	aB	aB	aC	aB	aB
	C.S	5.80	5.80	11.00	4.64	6.25	12.90	8.60	15.00	11.70	12.59
		bcAB	bcA	abcA	cA	bcB	abA	abcA	aA	abcA	abcA
	P.S	9.50	9.00	13.17	6.74	13.67	15.33	13.71	9.75	10.83	8.43
		aA	aA	aA	aA	aA	aA	aA	aB	aA	aA
CR	C.V	13.70	11.50	13.78	15.83	14.31	11.09	11.50	14.35	12.58	11.71
		aA	aA	aB	aA	aB	aB	aB	aB	aB	aB
	C.S	11.67	17.78	21.85	20.06	18.20	21.54	21.02	24.51	24.01	22.19
		bA	abA	aA	abA	abAB	aA	aA	aA	aA	aA
	P.S	17.50	17.00	23.25	17.50	22.00	25.53	24.01	15.05	12.70	16.35
		abcA	abcA	abA	abcA	abA	aA	abA	bcB	Cb	bcB
MSR	C.V	0.35	0.69	1.1	0.98	1.15	0.91	0.41	0.62	0.47	0.35
		aA	aA	aB	aA	aB	aB	aB	aC	aB	aB
	C.S	2.19	1.71	3.4	1.31	2.18	3.46	2.42	5.41	3.57	3.77
		bA	bA	abA	bA	bAB	abA	bA	aA	abA	abA
	P.S	3.01	2.36	4.22	2.4	3.98	4.45	3.73	3.47	3.49	2.54
		aA	aA	aA	aA	aA	aA	aA	aA	aA	aA

Em que: médias seguidas pela mesma letra maiúscula para coluna e minúscula para linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; MFPA: massa fresca de parte aérea; MFR: massa fresca de raiz; VR: volume de raiz; CR: comprimento de raiz; MSR: massa seca de raiz; C.V: casa de vegetação; C.S: casa de sombra; e P.S: pleno sol.

O bom desenvolvimento das raízes é fundamental para o crescimento e estabelecimento das mudas em campo, pois elas exercem importantes funções, como sustentação da planta, armazenamento de reservas, síntese de substâncias e absorção de águas e nutrientes (GIBBENS; LENZ, 2001; SOTO et al., 2022).

Para caracterizar a qualidade das mudas, a produção de matéria seca tem sido considerada uma das melhores variáveis (MACIEL; PALOMINO, 2018; PINTO et al., 2021), pois indica rusticidade e se relaciona com a sobrevivência e desempenho inicial da

muda. Ainda na Tabela 7, encontram-se os valores referentes à MSR, em que foi observada diferença significativa entre os genótipos dentro do ambiente CS. O genótipo 8 mostrou resultados superiores aos genótipos 1, 2, 4, 5 e 7. Nos ambientes, foram encontrados valores inferiores para alguns genótipos na CV.

O IQD é um bom indicador de qualidade de mudas por relacionar o índice de robustez e a distribuição da biomassa das mudas, assim, quanto maior o IQD melhor a qualidade (RUDEK et al., 2013; PINTO et al., 2021). Esse índice varia de acordo com a espécie, tipo de substrato, recipiente, manejo empregado e idade da muda. Na Tabela 8, encontram-se os valores referentes ao IQD e não se observou diferença entre os genótipos nos ambientes CV e PS. Já na CS, os maiores e menores valores foram observados nos genótipos 8 e 4, respectivamente.

**Tabela 8.** Efeito da interação genótipo x ambiente para as variáveis IQD e Agrega em mudas de *Tapirira guianensis*

VARIÁVEL	AMBIENTE	GENÓTIPOS									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IQD	C.V	0.14	0.23	0.36	0.32	0.38	0.29	0.15	0.21	0.14	0.15
		aB	aA	aB	aA	aB	aB	aB	aB	aB	aB
	C.S	0.78	0.62	1.14	0.44	0.66	1.07	0.95	1.59	1.17	1.32
		abAB	abA	abA	bA	abAB	abA	abA	aA	abA	abA
	P.S	1.56	0.86	1.8	1	1.44	1.6	1.39	1.31	1.11	1.02
		aA	aA	aA	aA	aA	aA	aA	aA	aA	aA
Agrega	C.V	0.92	0.85	0.78	0.81	0.79	0.92	0.9	0.82	0.54	0.93
		aA	abA	abA	abA	abA	aA	abA	abA	bA	aA
	C.S	0.26	0.43	0.25	0.64	0.41	0.13	0.44	0.09	0.18	0.21
		abB	abB	abB	aA	abB	bB	abB	bB	bB	bC
	P.S	0.23	0.31	0.1	0.34	0.14	0.24	0.28	0.14	0.32	0.67
		bB	abB	bB	abB	bB	abB	abB	bB	abAB	aB

Em que: médias seguidas pela mesma letra maiúscula para coluna e minúscula para linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; IQD: índice de qualidade de Dickson; Agrega: agregação do substrato às raízes; C.V: casa de vegetação; C.S: casa de sombra; e P.S: pleno sol.

De acordo com Oliveira et al. (2020), o valor mínimo de IQD é 0,2 e valores superiores a 1,0 indicam elevada produção de biomassa. Nota-se que as mudas provenientes do ambiente CV apresentaram baixa produção de biomassa, visto que os valores de IQD se encontram abaixo de 1.

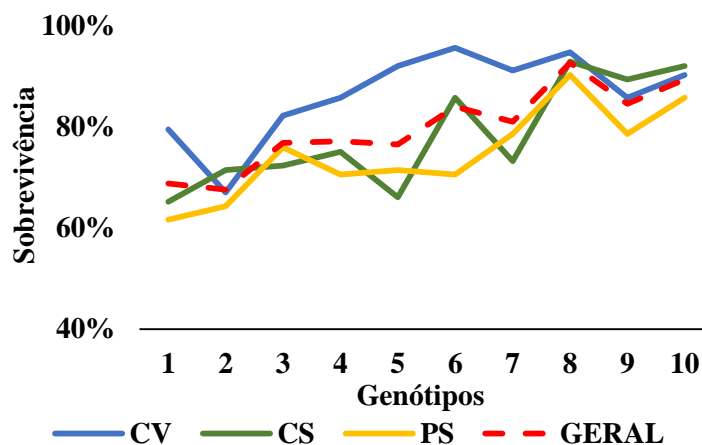
O baixo acúmulo de biomassa observado na CV pode ser justificado pelas condições de temperatura e umidade, que, inicialmente, favorecem o crescimento e

adaptação das plântulas, no entanto, ao passar do tempo, esses recursos podem se tornar limitantes para o seu desenvolvimento.

Para a variável Agregada das mudas dos genótipos de *Tapirira guianensis* (Tabela 8), notou-se que os genótipos 1, 6 e 10 do ambiente CV foram superiores às mudas provenientes do genótipo 9. No ambiente OS, as mudas oriundas do genótipo 10 apresentam resultados superiores às mudas dos genótipos 1, 3, 5 e 8. Em relação aos ambientes, a CV foi o que melhor proporcionou a agregação radicular.

A sobrevivência média dos genótipos por ambiente se encontra na Figura 5. Percebe-se que os genótipos 1, 3, 4, 5, 6, 7, e 8 apresentaram maior sobrevivência média no ambiente CV quanto aos demais genótipos no ambiente CS. Para média geral, nota-se que taxas superiores de sobrevivência foram obtidas pelas mudas dos genótipos conduzidas em CV.

Esse resultado pode estar associado ao índice de robustez das plantas desse ambiente, visto que a relação altura e diâmetro interfere diretamente na taxa de sobrevivências das mudas.

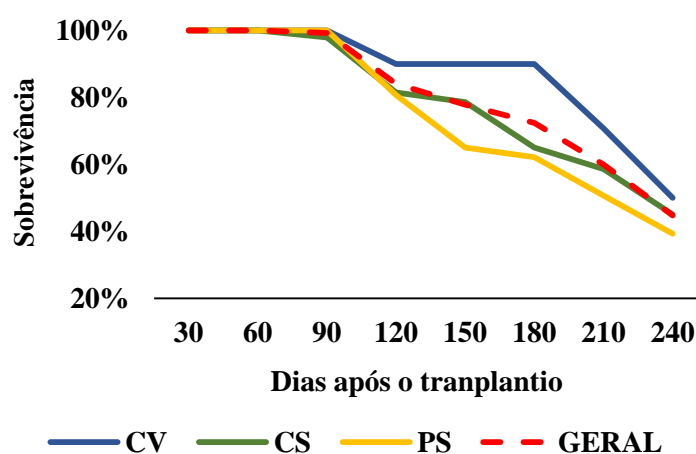


**Figura 5.** Sobrevivência média de progênies de *Tapirira guianensis* em diferentes ambientes de viveiro. Em que: CV: casa de vegetação; CS: casa de sombra; e PS: pleno sol.

Foi perceptível que a exposição das mudas ao PS influenciou negativamente à taxa de sobrevivência. De acordo com Kitao et al. (2000) e Yahia e Carillo-Lopez (2018), a exposição prolongada a altas irradiâncias pode ser prejudicial às plantas por absorverem

mais luz do que podem utilizar, podendo ter como consequência a fotoinibição ou mesmo a morte da planta.

A sobrevivência média por ambiente em relação aos períodos de avaliação após o resgate se encontra na Figura 6. Nota-se que, nos primeiros 90 dias, a taxa de sobrevivência se manteve estável para os ambientes em análise. A partir dos 120 dias, observa-se uma redução crescente na taxa de sobrevivência para os ambientes CS e PS.



**Figura 6.** Sobrevivência média de progênies de *Tapirira guianensis* em diferentes ambientes de viveiro por 240 dias. Em que: CV: casa de vegetação; CS: casa de sombra; e PS: pleno sol.

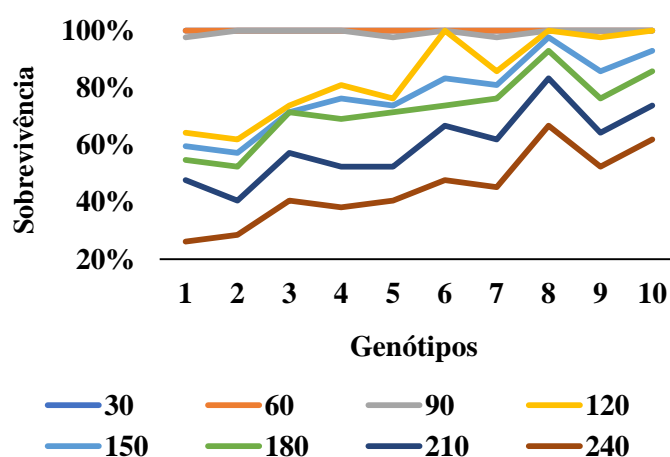
As condições ambientais encontradas na CV, provavelmente, promoveram uma menor evaporação no ambiente, além da redução da transpiração por parte da planta (COSTA et al., 2009), por ser um ambiente que possui maiores valores de umidade, permitindo que as mudas tivessem condições mais propícias para sobrevivência, justificando, assim, as maiores taxas nesse ambiente.

Em contrapartida, a incidência solar direta, associada à baixa umidade relativa (Figura 4), provoca uma condição estressante às mudas do PS, contribuindo para o gasto de energia com a transpiração e, conseqüente, redução da atividade fotossintética, tendo como resultado a menor sobrevivência entre os ambientes.

Para a sobrevivência média dos genótipos durante o período de avaliação, nota-se que as mudas do genótipo 8 apresentaram a maior taxa de sobrevivência ao final dos 240 dias, em contrapartida, as do genótipo 1 mostraram a menor taxa de sobrevivência (Figura

7). Pesquisas que investiguem espécies florestais em seus primeiros estágios de vida são fundamentais para fornecer informações que subsidiem a escolha dos indivíduos adequados para os plantios de restauração de áreas degradadas.

Devido a isso, é necessária a formação de um banco de dados que mostre o comportamento das espécies frente às diferentes condições de campo, visando maximizar o sucesso dos projetos de conservação e restauração (MOSCOGLIATO; TOREZAN, 2017).

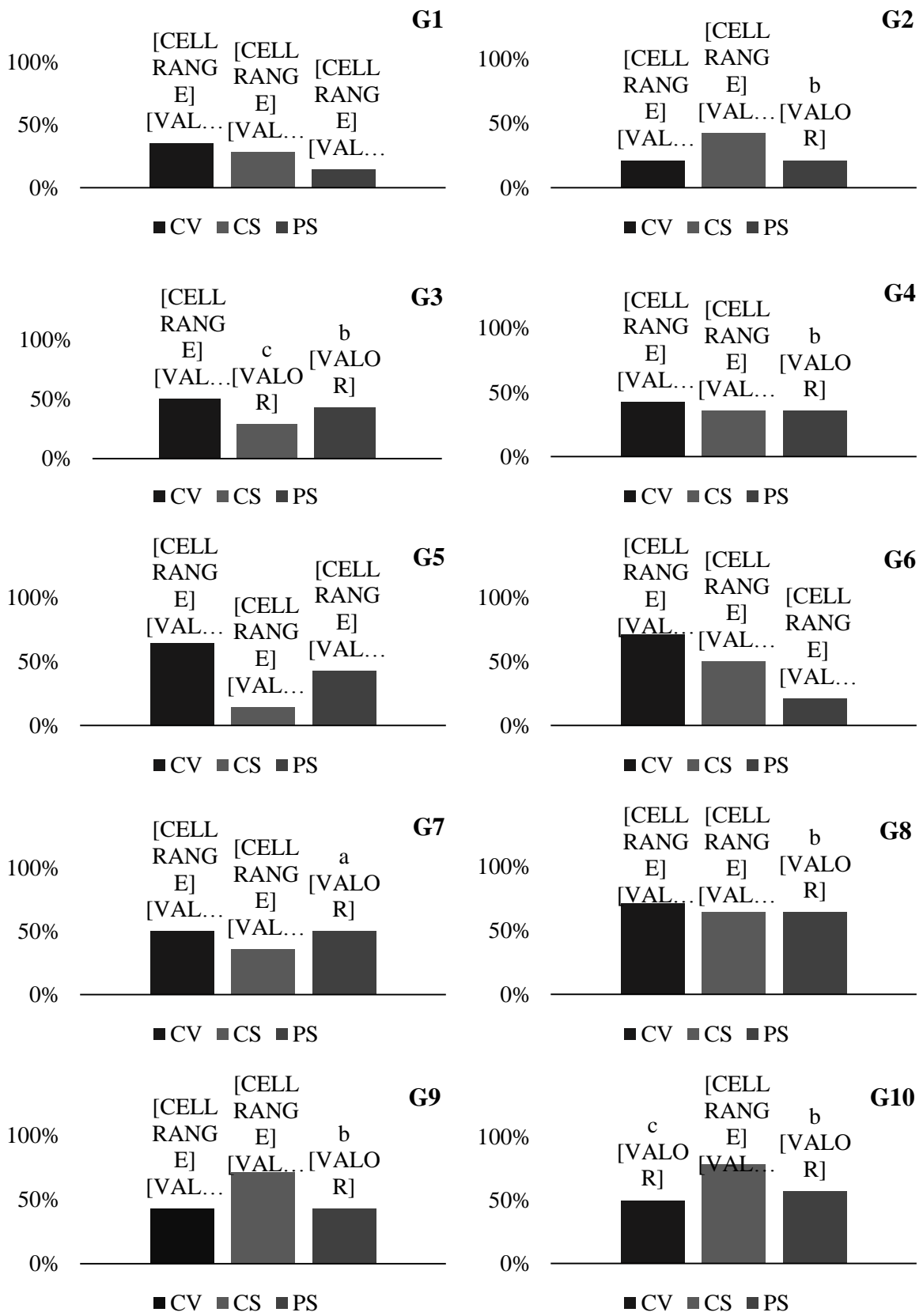


**Figura 7.** Sobrevivência média de progênies de *Tapirira guianensis* nos períodos de avaliações.

A produção de mudas de espécies florestais nativas ainda é incipiente diante da grande diversidade de espécies vegetais encontradas no Brasil. Isso reafirma a necessidade de estudos referentes às técnicas que facilitem sua produção com qualidade, praticidade e eficiência, melhorando, dessa forma, a sobrevivência no campo e reduzindo seu tempo de permanência nos viveiros (FREITAS et al., 2022; MATOS et al., 2022).

A comparação da sobrevivência média, por ambiente, de genótipos de *Tapirira guianensis* se encontra na Figura 8. Observou-se diferença estatística em todos os ambientes para todos os genótipos. Para os genótipos 1, 3, 4, 5, 6, 7 e 8, o ambiente CV apresentou as maiores médias de sobrevivência (36, 50, 43, 64, 71, 50 e 71%, respectivamente). Já nos genótipos 2, 9 e 10, as maiores médias foram encontradas no ambiente CS (43, 71 e 79%, respectivamente).





**Figura 8.** Comparação da sobrevivência média de progênies de *Tapirira guianensis* para cada ambiente avaliado. Em que: colunas seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; G1: genótipo 1; G2: genótipo 2; G3: genótipo 3; G4: genótipo 4; G5: genótipo 5; G6: genótipo 6; G7: genótipo 7; G8: genótipo 8; G9: genótipo 9; G10: genótipo 10; CV: casa de vegetação; CS: casa de sombra; e PS: pleno sol.

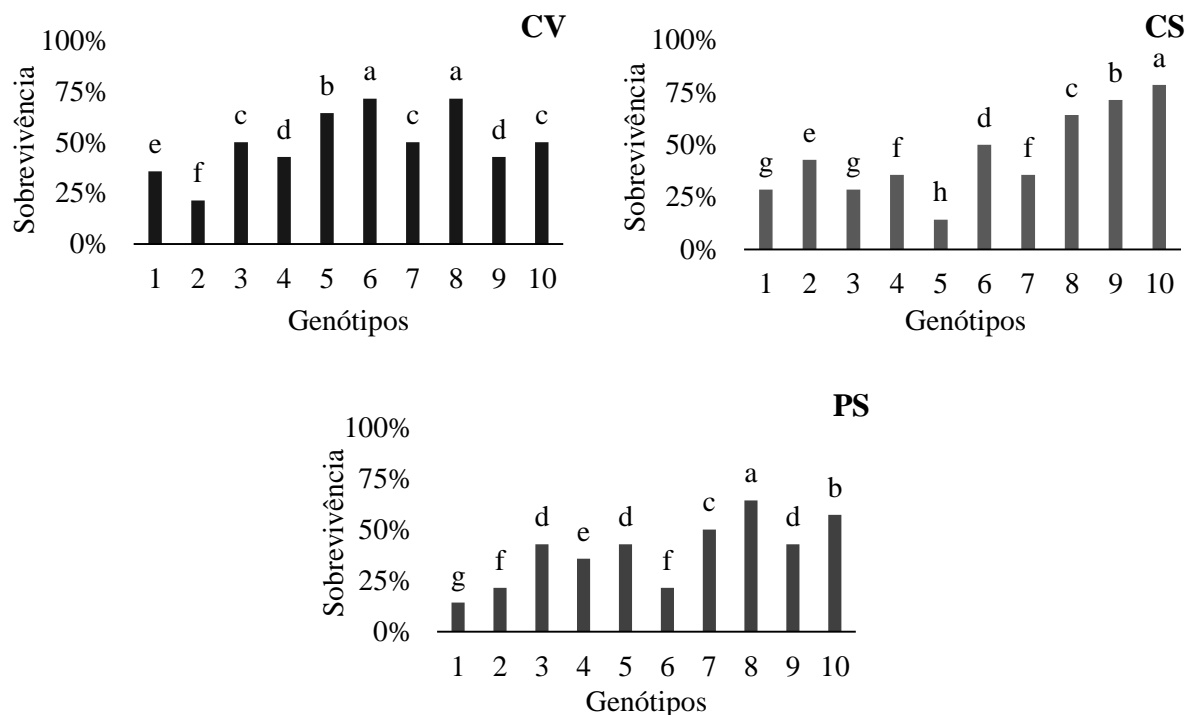
A sobrevivência das espécies arbóreas em áreas com finalidade de restauração é fundamental porque quanto maior a sobrevivência maior a capacidade de recuperação da área, além disso, tem a necessidade de replantio, o que demandaria mais mão de obra, elevando os custos na fase de implantação (SILVA et al., 2022).

De acordo com Fuentes-Ramírez et al. (2011), pesquisas com espécies nativas além de permitir um melhor entendimento das interações entre as espécies, são de grande importância para contemplar ações de restauração florestal eficientes da área, pois, quando as espécies apresentam melhor estabelecimento e adaptação ao ambiente onde foram inseridas, mais rápida é a recuperação da área degradada e menor é o custo total da recuperação.

O tratamento PS apresentou as menores médias para os genótipos 1 e 6. Este fato pode estar relacionado à baixa tolerância da espécie ao excesso de luminosidade, elevadas temperaturas e baixa umidade na fase de plântula.

Em relação à sobrevivência média dos genótipos por ambiente (Figura 9), observou-se diferença estatística entre todos os genótipos no ambiente CV, sendo os genótipos 6 e 8 responsáveis pelas maiores taxas de sobrevivência em relação aos demais, em contrapartida, as mudas do genótipo 10 e 8 apresentaram as melhores taxas de sobrevivência para os ambientes CS e PS, respectivamente.

As mudas dos genótipos 2, 5 e 1 foram as que apresentaram as menores taxas de sobrevivência na CV, CS e PS, respectivamente.



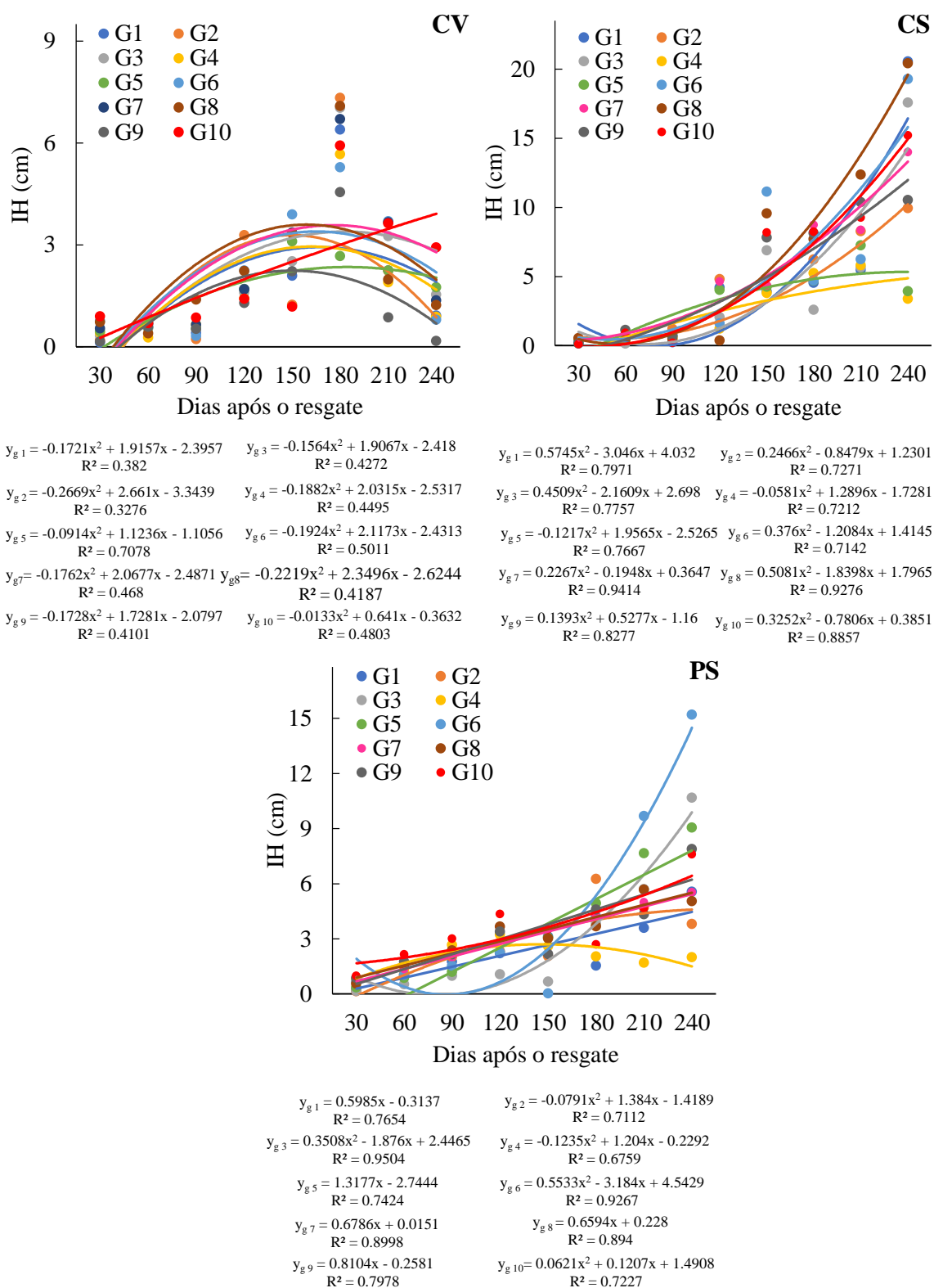
**Figura 9.** Taxa de sobrevivência das progênies dos genótipos de *Tapirira guianensis* por ambiente. Em que: colunas seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; CV: casa de vegetação; CS: casa de sombra; e PS: pleno sol.

Na Figura 10, encontram-se os valores de IH durante o período de avaliação dos genótipos nos ambientes. No ambiente CV, observou-se maior incremento no período de 180 dias, já nos ambientes CS e PS, o IH foi mais expressivo na última avaliação (240 dias).

Carnevali et al. (2016) afirmam que as espécies florestais têm necessidades ecológicas e ritmos de crescimento diferentes e o conhecimento do comportamento desses indivíduos auxilia na compreensão da dinâmica florestal e no planejamento das atividades de recomposição e restauração de áreas degradadas. Os genótipos dessa população de *Tapirira guianensis* apresentaram comportamento distinto entre os ambientes, mostrando que os ambientes influenciaram no IH das mudas.

Oliveira, Pereira e Ribeiro (2005) e Oliveira et al. (2016) recomendam a permanência das mudas de *Tapirira guianensis* em CS por um período de seis a oito meses e, após esse período, encaminhar a muda para o local definitivo. Contudo, os resultados do presente trabalho mostram que as mudas do PS conseguiram se adaptar às condições de

elevadas temperaturas e intensidade luminosa, revelando um elevado IH aos 240 dias. Essa informação contribui para minimização de custos de produção.

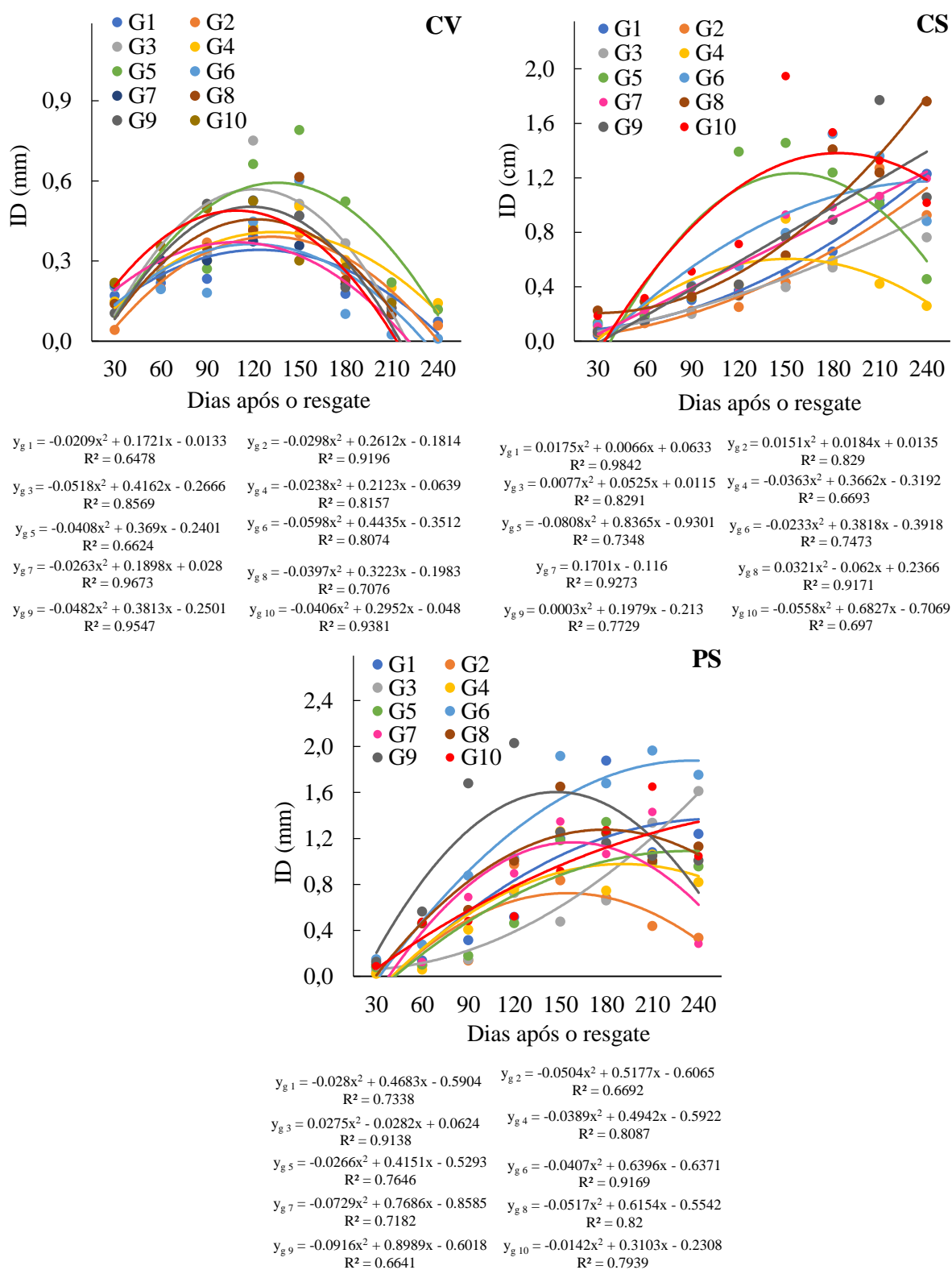


**Figura 10.** Incremento de altura das mudas dos genótipos de *Tapirira guianensis* por um período de 240 dias. Em que: IH: incremento de altura (cm); CV: casa de vegetação; CS: casa de sombra; PS: pleno sol; G1: genótipo 1; G2: genótipo 2; G3: genótipo 3; G4: genótipo 4; G5: genótipo 5; G6: genótipo 6; G7: genótipo 7; G8: genótipo 8; G9: genótipo 9; e G10: genótipo 10.

Em relação ao ID, percebeu-se que, para os ambientes CV e OS, os valores se ajustaram ao modelo de regressão polinomial, com pontos de máximas nas avaliações entre 120 e 150 dias (Figura 11). Esse comportamento é esperado para espécies pioneiras a secundárias iniciais, em que, devido às condições oferecidas pelo ambiente CV, investem sua reserva de energia para o crescimento inicial em altura e, após o seu estabelecimento, convertem os recursos para o crescimento secundário.

No ambiente CS, apenas os valores do genótipo 7 se ajustaram ao modelo de regressão linear crescente. Diversos estudos demonstraram que o IH expressa a melhor performance e qualidade das mudas em campo (RITCHIE et al., 2010; PINTO et al., 2012; AGHAI; PINTO; DAVIS, 2014), com isso, maiores valores deste índice morfológico podem indicar um maior sistema radicular e volume do caule (HASSE, 2008; GOMES; PAIVA, 2011).

É fundamental lembrar que desenvolvimento e crescimento das mudas em campo dependem das condições oferecidas às plantas, como preparo do solo, irrigação, fertilização e controle de plantas invasoras, além de variáveis intrínsecas do local, como questões climáticas (ZANGALLI et al., 2022).



**Figura 11.** Incremento de diâmetro das mudas dos genótipos de *Tapirira guianensis* por um período de 240 dias. Em que: ID: incremento de diâmetro (mm); CV: casa de vegetação; CS: casa de sombra;

PS: pleno sol; G1: genótipo 1; G2: genótipo 2; G3: genótipo 3; G4: genótipo 4; G5: genótipo 5; G6: genótipo 6; G7: genótipo 7; G8: genótipo 8; G9: genótipo 9; e G10: genótipo 10.

As plantas têm a capacidade de se adaptar às diferentes condições de luminosidade com alterações no crescimento, principalmente na área foliar, altura, comprimento do entrenó e reduções nas ramificações, como forma de adaptação ao ambiente (ALBUQUERQUE; EVANGELISTA; ALBUQUERQUE-NETO, 2016).

Com esses resultados, é possível perceber o quanto o ambiente causou variação nas respostas das mudas dos diferentes genótipos, interferindo diretamente na silvicultura. Quanto maior a especificidade de determinado genótipo a uma condição ambiental particular maior será a produtividade que este poderá expressar quando encontrado nesse ambiente (VASCONCELOS et al., 2021).

### 3.2 Parâmetros genéticos

As premissas inerentes a uma espécie, bem como a estimativa dos parâmetros genéticos de uma população, são fundamentais para a compreensão da genética dos indivíduos (HONGYU, 2018). No entanto, a seleção de genótipos dentro de estratégias de melhoramento e conservação genética, frequentemente, é feita com base no desempenho dos genótipos em diferentes ambientes.

A análise dos componentes de variância e análise de Deviance pelo teste de razão de verossimilhança (LRT) mostraram que houve diferença significativa entre os genótipos para os caracteres VR, CR, Área e Clora (Tabela 9). Essas diferenças evidenciam a ocorrência de variabilidade genética entre as progênies, o que é desejável com vistas à seleção.

Efeitos significativos para interação genótipo x ambiente foram constatados para as características Clora, Clorb e Clortot, indicando a existência de diferenças genéticas entre os genótipos quanto à resposta às variações aos ambientes avaliados. As estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos (Tabela 9) revelaram maior contribuição da variância genotípica para a expressão fenotípica ( $\sigma^2_f$ ) do Perim, Clora e Clortot.

Observa-se uma maior contribuição da interação genótipo x ambiente para a expressão da variação fenotípica apenas para a variável Agrega. A influência marcante dos

efeitos ambientais, relacionados aos genótipos, pode ser explicada pelas características intrínsecas das variáveis analisadas (NOGUEIRA et al., 2022).

As estimativas do coeficiente de herdabilidade no sentido amplo ( $h^2_g$ ) foram consideradas baixas, com exceção das variáveis Clora, Clorb e Clortot, segundo Resende (2015), que classifica a herdabilidade em: baixo ( $< 0,15$ ), intermediário ( $0,15$  a  $0,50$ ) e alto ( $\geq 0,50$ ). As baixas estimativas do coeficiente de herdabilidade observadas indicam forte influência do ambiente e da interação genótipo x ambiente, o que reforça a importância do desdobramento dessa interação para maximizar o ganho na seleção dos genótipos.

Quando o valor de herdabilidade é baixo, a seleção baseada na característica não é indicada, devido ao baixo controle genético (RESENDE et al., 2021). Herdabilidades individuais de baixa magnitude são comuns para características quantitativas e, geralmente, levam a herdabilidades moderadas no nível de progênie média (RESENDE, 2002). Sendo a herdabilidade da Clora e Clortot altas e da Clorb intermediária, indicando, assim, possíveis ganhos genéticos a serem explorados a partir da seleção com base nessas características.

A estimativa de herdabilidade é um dos parâmetros genéticos mais importantes, pois quantifica o componente hereditário da variação fenotípica, que pode ser explorada no processo de seleção (MORAES et al., 2015). Aliado a isso, Rocha et al. (2009) afirmaram que herdabilidade média alta indica boa eficiência da seleção precoce porque quantifica a magnitude da variação genética, que influencia o desenvolvimento da planta nos primeiros anos após o plantio, levando a um melhor entendimento da estrutura genética de uma população (NUNES et al., 2017).

Ainda na Tabela 9, encontram-se os valores da acurácia, em que, de acordo com Resende e Duarte (2007), valores entre 0,70 e 0,90 são classificados como de alta precisão e valores acima de 0,90 de muito alta precisão.

Dessa forma, tem-se alta precisão no processo de seleção de progênies por meio de seus valores genotípicos, a partir das variáveis IH, NF, MFPA, MSPA, Perim, e Clorb e muito alta para Clora e Clortot. Visto isso, é indicado que a seleção de genótipos seja realizada com base em características que possuem acurácias e herdabilidades médias e/ou altas, o que permite maior precisão na seleção, como também maior controle genético, garantindo ganhos de seleção.



A correlação genotípica entre os ambientes ( $r_{gloc}$ ) foi considerada alta para as variáveis IH, MSPA, Clora, Clorb e Clortot. Correlações genotípicas consideradas altas indicam que as progênes avaliadas respondem de forma simultânea a todos os ambientes avaliados (RESENDE, 2002).

Para as demais variáveis, a correlação genotípica entre os ambientes variou de baixa a moderada, corroborando com a análise de Deviance, que confirma a existência de diferença dos genótipos entre os ambientes. Isso indica que alguns genótipos respondem de maneira distinta entre os ambientes avaliados, com desempenho superior em um deles.

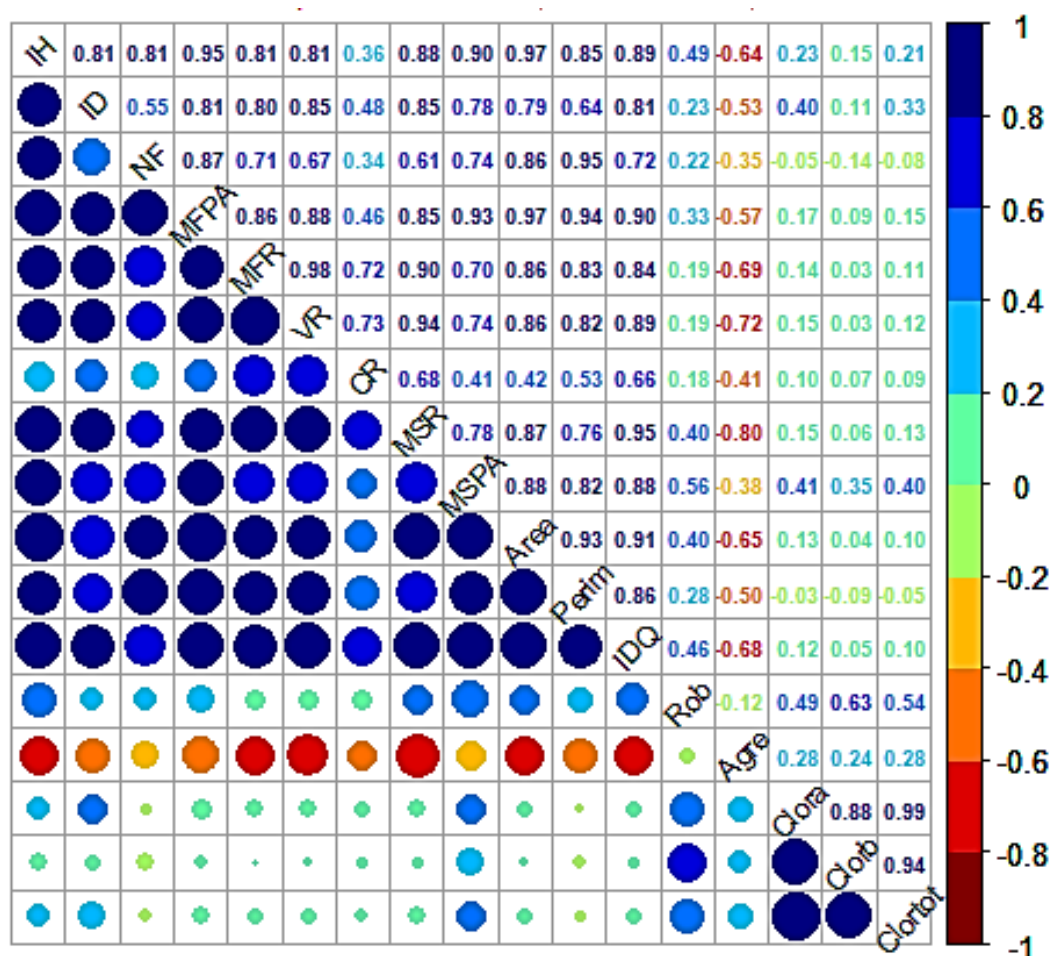
**Tabela 9.** Componentes de variância das variáveis analisadas em progênies de 10 genótipos de uma população de *Tapirira guianensis* oriundas da Reserva Biológica de Saltinho, em Tamandaré-PE, Brasil

Componentes	IH	ID	NF	MFPA	MFR	VRA	CRA	MSR	MSPA	Area	Perim	IQD	Rob	Agreg	Clora	Clorb	Clorot
$\hat{\sigma}_g^2$	10.32	0.05	7.31	4.17	0.06	0.24	0.07	0.08	0.46	1732.69	4429.62	0.01	0.005	0.003	1.67	0.22	3.18
$\hat{\sigma}_{int}^2$	5.29	0.14	4.91	2.45	2.59	3.84	7.36	0.24	0.09	9974.35	5693.42	0.02	0.11	0.11	0.19	0.01	0.09
$\hat{\sigma}_e^2$	115.16	1.54	79.16	86.98	22.55	19.81	25.28	2.33	11.19	45677.08	52280.36	0.3	2.91	0.05	0.48	0.58	1.01
$\hat{\sigma}_f^2$	13.77	1.73	91.38	93.6	25.21	23.89	32.72	2.65	11.74	57384.13	62403.41	0.32	3.02	0.07	2.35	0.8	4.28
$\hat{h}_g^2$	0,079 ± 0,06	0,029 ± 0,03	0,080 ± 0,06	0,044 ± 0,04	0,002 ± 0,01	0,010 ± 0,02	0,002 ± 0,01	0,031 ± 0,03	0,039 ± 0,04	0,030 ± 0,03	0,071 ± 0,05	0,018 ± 0,03	0,002 ± 0,01	0,051 ± 0,04	0,711 ± 0,25	0,269 ± 0,15	0,743 ± 0,26
$\hat{h}_{mc}^2$	0.64	0.34	0.63	0.52	0.03	0.11	0.2	0.34	0.52	0.26	0.54	0.26	0.4	0.39	0.93	0.76	0.96
$C_{int}^2$	0.04	0.08	0.05	0.03	0.1	0.16	0.22	0.09	0.01	0.17	0.09	0.05	0.35	0.15	0.08	0.01	0.02
$Ac_{gen}$	0.80	0.58	0.79	0.72	0.19	0.33	0.15	0.58	0.72	0.51	0.74	0.52	0.19	0.63	0.97	0.87	0.98
$r_{gloc}$	0.66	0.27	0.6	0.63	0.02	0.06	0.01	0.26	0.83	0.15	0.44	0.25	0.05	0.25	0.89	0.95	0.97
$CV_{gi}(\%)$	13.7	7.54	14.36	14.55	2.83	6.31	1.58	12.25	14.5	12.73	17.33	9.17	1.02	12.69	4.44	8.32	5.14
$CV_e(\%)$	45.76	41.21	47.27	66.49	54.2	56.81	29.47	64.83	71.49	65.36	59.54	65.78	24.12	49.98	2.39	13.57	2.89
$\hat{m}$	23.45	3.01	18.82	14.02	8.76	7.83	17.06	2.35	4.68	326.97	383.99	0.83	7.07	0.47	29.13	5.6	34.73
$X^2_{h2}$	2.12 <sup>ns</sup>	0.28 <sup>ns</sup>	2.09 <sup>ns</sup>	0.95 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>	0.32 <sup>ns</sup>	0.99 <sup>ns</sup>	0.2 <sup>ns</sup>	1.26 <sup>ns</sup>	0.14 <sup>ns</sup>	-0.01 <sup>ns</sup>	0.6 <sup>ns</sup>	22.56*	6.98*	29.36*
$X^2_{e2}$	0.48 <sup>ns</sup>	1.19 <sup>ns</sup>	0.85 <sup>ns</sup>	0.2 <sup>ns</sup>	2.7 <sup>ns</sup>	5.08**	11.76*	2.26 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	4.45**	1.56 <sup>ns</sup>	0.77 <sup>ns</sup>	0.56 <sup>ns</sup>	-24.1 <sup>ns</sup>	4.74**	0.02 <sup>ns</sup>	0.4 <sup>ns</sup>

Em que: IH: incremento de altura; ID: incremento de diâmetro; NF: número de folhas; MFPA: massa fresca da parte aérea; MFR: massa fresca da raiz; VRA: volume da raiz; CRA: comprimento da raiz; MSR: massa seca da raiz; MSPA: massa seca da parte aérea; Área: área foliar; Perim: perímetro foliar; IQD: índice de qualidade de Dickson; Rob: robustez; Agreg: agregação do substrato à raiz; Clora: clorofila a; Clorb: clorofila b; Clorot: clorofila total;  $\hat{\sigma}_g^2$ : variância genotípica;  $\hat{\sigma}_{int}^2$ : variância da interação genótipo x ambiente;  $\hat{\sigma}_e^2$ : variância residual;  $\hat{\sigma}_f^2$ : variância fenotípica individual;  $\hat{h}_g^2$ : herdabilidade dos efeitos genotípicos totais;  $\hat{h}_{mc}^2$ : herdabilidade da média de genótipo, assumindo sobrevivência completa;  $C_{int}^2$ : coeficiente de determinação da interação genótipo x ambiente;  $Ac_{gen}$ : acurácia da seleção de genótipos, assumindo sobrevivência completa;  $r_{gloc}$ : correlação genotípica entre o desempenho nos vários ambientes;  $CV_{gi}(\%)$ : coeficiente de variação genotípica;  $CV_e(\%)$ : coeficiente de variação residual; e  $\hat{m}$ : média geral do experimento.

### 3.3 Correlação genotípica

Correlações de Pearson significativas ( $p \leq 0,01$ ) foram observadas na análise das características genotípicas (Figura 12). No geral, as correlações genéticas entre os caracteres foram positivas e significativas, demonstrando que as mudas com maior incremento em altura que apresentaram maior ID, MFR, MFPA, VR, Área, Perim e IQD.



**Figura 12.** Coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) entre os caracteres fenotípicos de 10 genótipos de *Tapirira guianensis*. Em que: IH: incremento de altura; ID: incremento de diâmetro; NF: número de folhas; MFPA: massa fresca da parte aérea; MFR: massa fresca da raiz; VR: volume de raiz; CR: comprimento de raiz; MSR: massa seca da raiz; MSPA: massa seca da parte aérea; Área: área foliar; Perim: perímetro foliar; IQD: índice de qualidade de Dickson; Rob: robustez; Agre: agregação do substrato à raiz; Clora: clorofila a; Clorb: clorofila b; e Clortot: clorofila total.

As correlações genéticas mostraram que o caráter ID está bem correlacionado com incremento de altura (0,81). A correlação entre os crescimentos primários e secundários de

uma planta, normalmente, é alta, mostrando que genes que governam os caracteres de crescimento de uma planta, em grande parte, são os mesmos.

A correlação forte e positiva da MSR com IQD pode estar atrelada ao fato de ser reconhecido como um dos indicadores mais simples e que melhor determina o estabelecimento das mudas em campo por influenciar diretamente na absorção de água e nutrientes (GROSSNICKLE, 2012; SHEN et al., 2019).

Assim, plantas com maior MSR serão mais eficazes para o resgate vegetativo pela capacidade de aclimatação após o transplante. No entanto, a determinação desse indicador pode ter os valores subestimados devido à perda de biomassa radicular no momento da coleta e manuseio.

### 3.4 Divergência genética e análise multivariada

Utilizando o Método de Tocher para o agrupamento de 10 genótipos de uma população de *Tapirira guianensis*, observou-se a formação de quatro grupos distintos (Tabela 10), sendo que os genótipos que fazem parte do mesmo grupo apresentam similaridade genética entre os mesmos e dissimilaridade entre os grupos. O GP 1, GP 3 e GP 4 foram formados por 3 genótipos cada e o GP 2 é representado por 1 genótipo.

Grupos compostos somente por um indivíduo apontam que tais indivíduos sejam mais divergentes em relação aos demais (ROTILI et al., 2012). Isso permite a projeção de trabalhos relacionados ao melhoramento de espécies nativas, identificando genótipos distintos para os cruzamentos a partir da escolha de grupos que apresentem maiores divergências (GERBER et al., 2021) e para maximizar a diversidade genética em áreas de restauração, garantindo a evolução da espécie ao longo das gerações.

**Tabela 10.** Agrupamento (Tocher) de distâncias euclidianas médias genéticas das mudas dos 10 genótipos de *Tapirira guianensis*

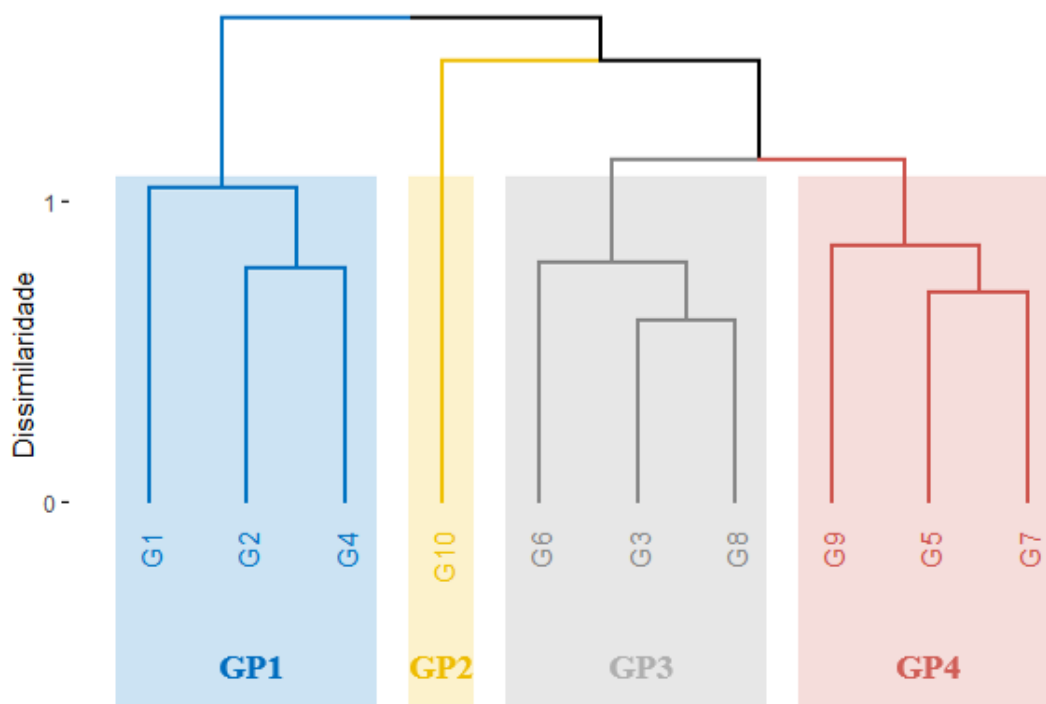
Grupos	Genótipos		
1	G1	G2	G4
2	G10		
3	G3	G6	G8
4	G9	G5	G7

Em que: G1: genótipo 1; G2: genótipo 2; G3: genótipo 3; G4: genótipo 4; G5: genótipo 5; G6: genótipo 6; G7: genótipo 7; G8: genótipo 8; G9: genótipo 9; e G10: genótipo 10.

Corroborando com análise de agrupamento de Tocher, a demonstração em forma de dendrograma comprova a distinção clara de quatro grupos de genótipos dissimilares (Figura 13). Nele, estão dispostas linhas ligadas segundo os níveis de similaridade que agruparam pares de genótipos. A matriz de coeficientes de similaridade representa o grau de semelhança entre pares de objetos e mostra que eles foram arranjados de acordo com os respectivos graus de similaridade, de modo a ficarem agrupados segundo uma disposição hierárquica.

As mudas dos genótipos que fazem parte do mesmo grupo apresentam similaridade genética entre si. O coeficiente de correlação cofenética foi de 0,72, indicando bom agrupamento dos conjuntos de dados (SHEPHERD, 1995; BITAR; CAMPOS; FREITAS, 2016), o que indica que pode ser interpretado com confiabilidade e que existe probabilidade de se discriminar e selecionar, com grande efeito parental, significativamente superior, para os caracteres avaliados.

De acordo com o dendrograma, é possível observar maior similaridade do G10 com os grupos representados pelas cores azul (GP 1) e cinza (GP 3), assim como o grupo vermelho (GP 4) se mostrou mais similar com o grupo cinza.



**Figura 13.** Dendrograma baseado na distância euclidiana de valores genotípicos padronizados pelo método UPGMA entre 10 genótipos de *Tapirira guianensis*. Em que: GP1: grupo 1; GP2: grupo 2; GP3: grupo 3. GP4: grupo 4; G1: genótipo 1; G2: genótipo 2; G3: genótipo 3; G4: genótipo 4; G5: genótipo 5; G6: genótipo 6; G7: genótipo 7; G8: genótipo 8; G9: genótipo 9; e G10: genótipo 10.

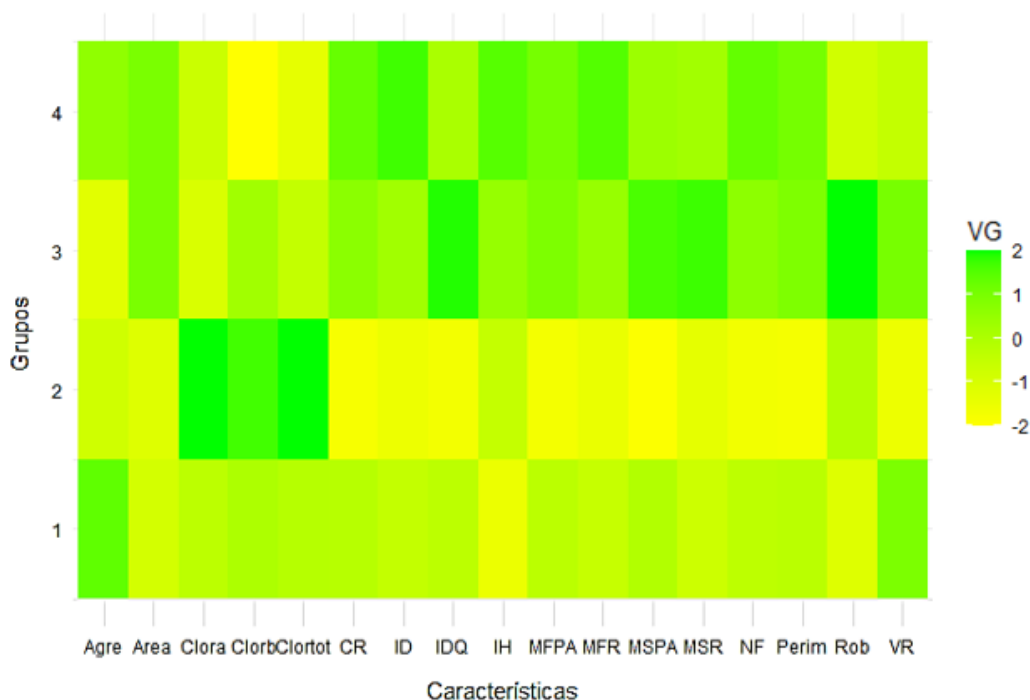
Segundo Cruz, Regazzi e Carneiro (2012), estudos sobre a dissimilaridade genética destacam a diferença entre dois ou mais genótipos, a partir da avaliação de vários caracteres, de modo agrupado, para se obter melhores alternativas para análise e interpretação dos dados. Assim, a quantificação dessa dissimilaridade pode servir como parâmetro para identificação de genitores que possibilitem maior efeito heterótico na progênie e maior possibilidade de recuperação de recombinantes superiores nas gerações segregantes (BERTAN et al., 2006).

Cruz, Regazzi e Carneiro (2012) enfatizam que tal conhecimento sobre as diferentes constituições genéticas, dentro ou entre grupos, tem sido de grande importância em programas de melhoramento, uma vez que aumentam a probabilidade de obtenção de indivíduos superiores, além de contribuir com os programas de conservação genética e restauração de áreas.

Os agrupamentos separam o grupo de observações, geradas a partir da matriz de dissimilaridade, onde, dentro do subgrupo, haverá homogeneidade e entre grupos haverá heterogeneidade, possibilitando a observação do comportamento dos genótipos de acordo com a distância genética indicada entre as matrizes (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Isso permite que seja evitado o cruzamento entre indivíduos aparentados, de forma a aumentar o efeito heterótico nas populações segregantes.

O *heatmap* mostra um gradiente de cores, onde as cores mais fortes representam os maiores percentuais de contribuição da característica pelos genótipos nos grupos e as cores mais fracas são características dos indivíduos com contribuições menores para os grupos em relação aos valores genéticos padronizados (Figura 14).

Pode-se observar que houve maior contribuição dos genótipos do GP 2 para as variáveis clorofilas, assim como os genótipos dos GP 3 para variável IQD.

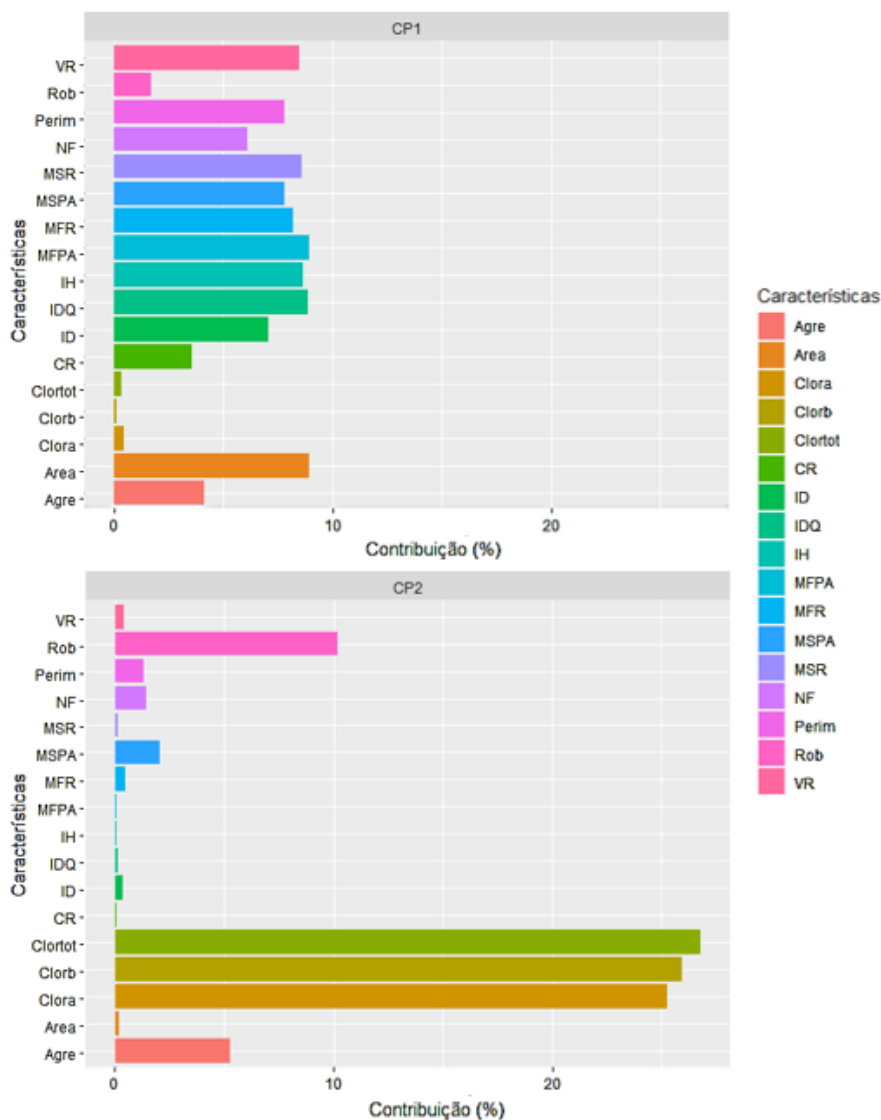


**Figura 14.** Heatmap baseado na formação dos grupos dos 10 genótipos de *Tapirira guianensis* a partir da média genotípica padronizada. Em que: VG: valor genotípico; Agre: agregação do substrato às raízes; Área: área foliar; Clora: clorofila a; Clorb: clorofila b; Clortot: clorofila total; CR: comprimento da raiz; ID: incremento de diâmetro; IQD: índice de qualidade de Dickson; IH: incremento de altura; MFPA: massa fresca da parte aérea; MFR: massa fresca da raiz; MSPA: massa seca da parte aérea; MSR: massa seca da raiz; NF: número de folhas; Perim: perímetro foliar; Rob: robustez; e VR: volume da raiz.

Analisando a contribuição das variáveis para os componentes principais é possível observar uma divergência genética nítida entre as progênes por meio da avaliação dos caracteres. O componente principal 1 contribui com 61,2% e o componente principal 2, com 20,4 %.

As características que mais contribuíram foram Agrega, IQD e MSPA para o CP 1 e, no CP 2, foram Clora, Clorb e Clortot, demonstrando que essas características contribuem em maior proporção em relação aos demais caracteres (Figura 15).

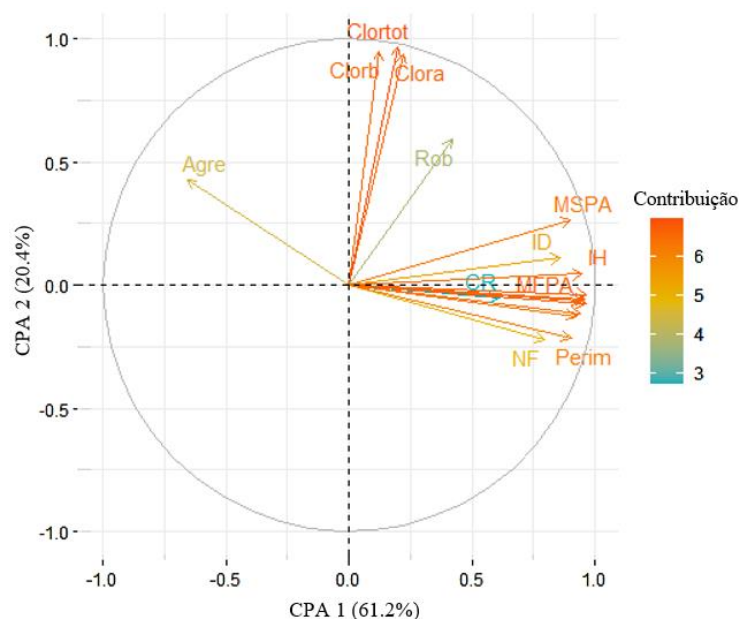
No CP 1, as variáveis com contribuição  $\geq 5\%$  foram VR, PERIM, NF, MSR, MSPA, MFR, MFPA, IH, IQD, ID e Área. Já no CP 2, as variáveis Rob, Agrega Clora, Clorb e Clortot foram as que mais contribuíram.



**Figura 15.** Contribuição relativa das variáveis morfométricas de progênes de 10 genótipos de *Tapirira guianensis* para os dois primeiros componentes principais. Em que: CP1: componentes principais 1; CP2: componentes principais 2; Agre: agregação do substrato às raízes; Área: área foliar; Clora: clorofila a; Clorb: clorofila b; Clortot: clorofila total; CR: comprimento da raiz; ID: incremento de diâmetro; IQD: índice de qualidade de Dickson; IH: incremento de altura; MFPA: massa fresca da parte aérea; MFR: massa fresca da raiz; MSPA: massa seca da parte aérea; MSR: massa seca da raiz; NF: número de folhas; Perim: perímetro foliar; Rob: robustez; e VR: volume da raiz.

Quanto à análise dos componentes principais, é possível notar que o primeiro componente principal foi correlacionado positivamente com todas as variáveis, exceto agregação de raízes, que se correlacionou negativamente (Figura 16).

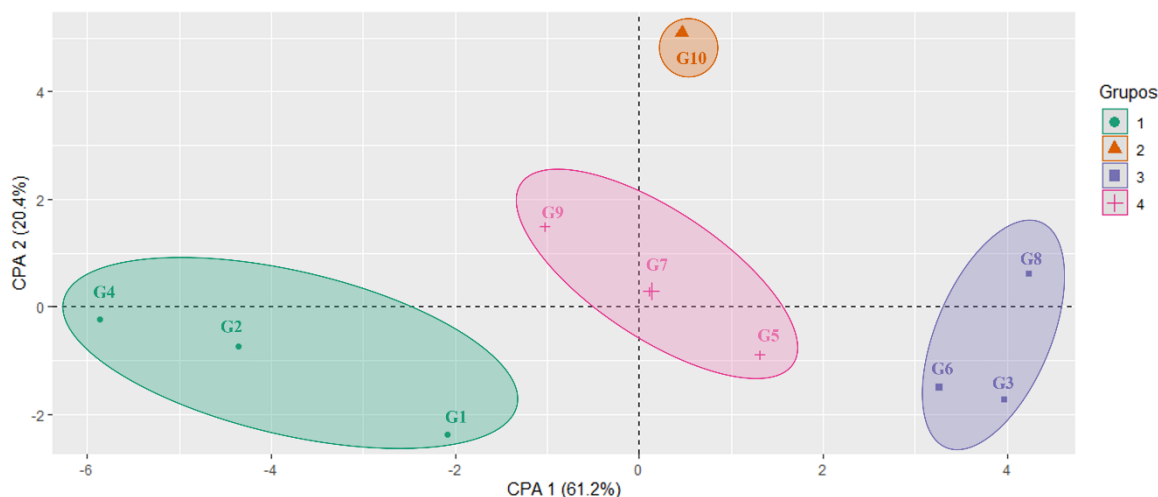




**Figura 16.** Correlação das variáveis nos componentes principais que determinam a dissimilaridade genética de genótipos de *Tapirira guianensis*. Em que: CPA1: componentes principais 1; CPA2: componentes principais 2; Agre: agregação do substrato às raízes; Clora: clorofila a; Clorb: clorofila b; Clortot: clorofila total; CR: comprimento da raiz; ID: incremento de diâmetro; IH: incremento de altura; MFPA: massa fresca da parte aérea; MSPA: massa seca da parte aérea; NF: número de folhas; Perim: perímetro foliar; e Rob: robustez.

As progênes mais próximas no plano cartesiano são as mais similares. Para fins de melhoramento, o cruzamento entre progênes mais similares reduzirá chances de obtenção de sucesso com a seleção artificial das espécies (VENCOVSKY; NASS; CORDEIRO, 2007).

Os vetores de cada variável estabeleceram a correlação de cada uma delas com os CPA1 e CPA2. O comprimento relativo desses vetores é proporcional a sua contribuição para a discriminação entre os grupos, em que a variância de cada variável foi determinada por esse comprimento. A composição dos grupos gerados foi idêntica aos formados pela análise de agrupamento via UPGMA mostrada na Figura 17, demonstrando confiabilidade na adoção dos dois métodos usados.



**Figura 17.** Correlação das variáveis com as matrizes nos componentes principais que determinam a dissimilaridade genética de genótipos de *Tapirira guianensis*. Em que: CPA1: componentes principais 1; CPA2: componentes principais 2; G1: genótipo 1; G2: genótipo 2; G3: genótipo 3; G4: genótipo 4; G5: genótipo 5; G6: genótipo 6; G7: genótipo 7; G8: genótipo 8; G9: genótipo 9; e G10: genótipo 10.

### 3.5 Índice de seleção

O índice de Mulamba e Mock classifica os genótipos em relação a cada característica individualmente, atribuindo valores absolutos, de acordo com a direção de classificação determinada pelo reprodutor, do mais alto para o mais baixo, ou vice-versa, dependendo de como essa direção favorece a genética melhoria. Os valores atribuídos na classificação de cada característica são somados, resultando na seleção índice (BARTH et al., 2020; BARTH et al., 2022).

Na Tabela 11, observam-se os resultados referentes ao índice de seleção de Mulamba e Mock (1978), que permite a combinação simultânea de um conjunto de características predeterminadas pelo melhorista e a predição de ganhos que o orientam no processo seletivo (FREITAS et al., 2013).

Os genótipos 8, 10 e 3 foram os que obtiveram melhores ranques médios, respectivamente (Tabela 11). Isso significa que são os melhores genótipos em relação às variáveis avaliadas. Já os genótipos com pior desempenho foram o 1, 2 e 4. O genótipo 8 tem melhores caracteres relacionados com MSR e MSPA, já o genótipo 10 tem melhores caracteres relacionados com as Clora, Clorb e Clortot.

**Tabela 11.** Ordenamento para os 10 genótipos de *Tapirira guinensis* aplicado aos caracteres VR, MSR, MSPA, Área, Clora, Clorb e Clortot pelo índice de ranking médio adaptado de Mulamba e Mock

Genótipo	VR	MSR	MSPA	Área	Clora	Clorb	ClorTot	Índice médio de	
								Mulamba e Mock	Ranking
8	3	1	1	3	3	3	3	2.4	1
10	7	7	3	5	1	1	1	3.6	2
3	2	2	2	2	8	6	7	4.1	3
6	1	3	4	1	5	9	6	4.1	4
9	5	5	8	7	2	2	2	4.4	5
7	6	6	6	6	4	4	4	5.1	6
5	4	4	5	8	6	7	5	5.6	7
1	8	8	7	4	10	10	10	8.1	8
2	9	9	9	9	9	5	9	8.4	9
4	10	10	10	10	7	8	8	9.0	10

Em que: VR: volume de raiz; MSR: massa seca de raiz; MSPA: massa seca da parte aérea; Área: área foliar; Clora: clorofila a; Clorb: clorofila b; e Clortot: clorofila total.

#### 4. CONCLUSÃO

Os ambientes CS e CV são indicados para produção de mudas resgatadas de *Tapirira guianensis* em viveiros florestais. As menores taxas de sobrevivência foram encontradas no ambiente PS ao final dos 240 dias.

Houve interação genótipo x ambientes nos caracteres ID, MFPA, MFR, VR, CR, MSRA, IQD, Agreg, Área e Perim, demonstrando que o sucesso do resgate da população de *Tapirira guianensis* estudada foi influenciado por fatores genéticos e ambientais de viveiro.

Houve efeitos genéticos significativos para os caracteres VR, CR, Área e Clora. Assim, existiu a possibilidade de seleção de matrizes com divergência genética nessa população para produção de mudas para projetos de restauração.

Foi possível selecionar progênes e matrizes com alta diversidade genética, em diferentes grupos, com a produção de mudas e com qualidades silviculturais distintas.

O índice de seleção possibilitou selecionar árvores matrizes com características genéticas favoráveis à produção de mudas de qualidade silvicultural para projetos de restauração. Sendo indicadas as árvores matrizes que representaram os genótipos 8, 10 e 3 para coleta de material propagativo.

## REFERÊNCIAS

- AGHAI, M. M.; PINTO, J. R.; DAVIS, A. S. Container volume and growing density influence western larch (*Larix occidentalis* Nutt.) seedling development during nursery culture and establishment. **New Forests**, v. 45, n. 2, p. 199-213, 2014.
- ALBUQUERQUE, T. C. S.; EVANGELISTA, T. C.; ALBUQUERQUE NETO, A. A. R. Níveis de sombreamento no crescimento de mudas de castanheira do Brasil. **Revista Agroambiente**, v. 9, n. 4, p. 440-445, 2016.
- AOUN, M.; MANJA, K. Effects of a photoselective netting system on Fuji and Jonagold apples in a Mediterranean orchard. **Scientia Horticulturae**, v. 263, p. 109104, 2020.
- ATKINSON, R. J. et al. Seeding resilient restoration: an indicator system for the analysis of tree seed systems. **Diversity**, v. 13, n. 8, p. 367, 2021.
- AZEVEDO, A. M. **ExpImage-package: ExpImage: Experimental Image Analysis Tools in ExpImage: Tool For Analysis of Images in Experiments**. 2021.
- BARTH, E. et al. Multivariate Analysis Methods Improve The Selection Of Strawberry Genotypes With Low Cold Requirement. **Research Square**, p. 1-24, 2022.
- BARTH, E. et al. Selection of experimental hybrids of strawberry using multivariate analysis. **Agronomy**, v. 10, n. 4, p. 598, 2020.
- BERTAN, I. et al. Dissimilaridade genética entre fenótipos de trigo avaliados em cultivo hidropônico sob estresse por alumínio. **Bragantia**, v. 65, n. 1, p. 55-63, 2006.
- BERTI, C. L. F. et al. Variação genética, herdabilidades e ganhos na seleção para caracteres de crescimento e forma em teste de progênies de polinização aberta de *Eucalyptus cloeziana*. **Revista Instituto Florestal**, v. 23, n. 1, p. 1326, 2011.
- BITAR, S. D.; CAMPOS, C. P.; FREITAS, C. E. C. Applying fuzzy logic to estimate the parameters of the length-weight relationship. **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, p. 611-618, 2016.
- BRANCALION, P. H. S.; MARCOS-FILHO, J. Distribuição da germinação no tempo: causas e importância para a sobrevivência das plantas em ambientes naturais. **Informativo Abrates**, v. 18, n. 1-3, p. 11-17, 2008.
- BURDON, R. D.; LI, Y. Genotype-environment interaction involving site differences in expression of genetic variation along with genotypic rank changes: simulations of economic significance. **Tree Genetics & Genomes**, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2019.
- BURILLI, N. G.; REIS, V. R.; IVANAUSKAS, N. M. Aplicação do protocolo de seleção de espécies alicerce para restauração ecológica baseada na flora arbórea catalogada em dois parques urbanos em São Paulo-SP, Brasil. **Revista Biotemas**, v. 35, p. 2, 2022.

CABREIRA, G. V. et al. Biossólido como componente de substrato para produção de mudas florestais. **Floresta**, v. 47, n. 2, p. 165-176, 2017.

CARNEIRO, J. G. A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995.

CARNEVALI, N. H. S. et al. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas implantadas em pastagem degradada. **Revista Floresta**, v. 46, n. 2, p. 277-286, 2016.

CHEN, L. et al. Effects of different LEDs light spectrum on the growth, leaf anatomy, and chloroplast ultrastructure of potato plantlets in vitro and minituber production after transplanting in the greenhouse. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 19, n. 1, p. 108-119, 2020.

COSTA, A. M. et al. Avaliação do risco de anoxia para o cultivo do eucalipto no Rio Grande do Sul utilizando-se levantamento de solos. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 84, p. 367-375, 2009.

COSTA, C. C. et al. Conhecendo espécies de plantas da Amazônia: Tatapiririca (*Tapirira guianensis* Aubl.-Anacardiaceae). **Embrapa Amazônia Oriental Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, ISSN 1983-0505, 2014.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 4 ed. v.1. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012.

DÍAZ, S. S. et al. Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. **Science**, v. 366, n. 6471, p. aax3100, 2019.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, p. 10 - 13, 1960.

DUTRA, T. R. et al. Desenvolvimento inicial de mudas de copaíba sob diferentes níveis de sombreamento e substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 321-329, 2012.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. Pearson Education India, 4th. ed. Longman: Harlow, p. 464, 1996.

FELIX, F. C.; MEDEIROS, J. A. D.; FERRARI, C. dos S.; VIEIRA, F. de A.; PACHECO, M. V. Biometry of *Pityrocarpa moniliformis* seeds using digital imaging: Implications for studies of genetic divergence. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 15, n. 1, p. e6128, 2020.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, N. et al. Resgate de mudas de *Lychnophora pohlii* como alternativa para recuperação e conservação de campo rupestre. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 45, n. 3, p. 645 - 654, 2015.

FOWLER, A. J. P.; BIANCHETTI, A. **Dormência em sementes florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, p. 27, 2000.

FREIRE, J. M. et al. Reproductive phenology of tree species in a fragmented area of Atlantic Forest, Rio de Janeiro State, Brazil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 75, p. 243-252, 2013.

FREITAS, E. C. S. et al. Crescimento e qualidade de mudas de *Cassia grandis* Linnaeus f. em resposta à adubação fosfatada e calagem. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 509-519, 2017.

FREITAS, I. L. J. et al. Ganho genético avaliado com índices de seleção e com REML/Blup em milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 11, p. 1464-1471, 2013.

FREITAS, T. A. S. de et al. Qualidades de mudas de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. conduzidas sob diferentes volumes de recipientes. **Ciência Florestal**, v. 32, v. 1, p. 19-42, 2022.

FUENTES-RAMÍREZ, A. et al. Survival and growth of *Acacia dealbata* vs. native trees across an invasion front in south-central Chile. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 6, p. 1003-1009, 2011.

GERBER, D. et al. Genetic variability of *Araucaria angustifolia* Bertol. initial growth: subsidy to the formation of seed orchards. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 1, p. 310-332, 2021.

GEZAN, S. A.; CARVALHO, M. P.; SHERRILL, J. Statistical methods to explore genotype-by-environment interaction for loblolly pine clonal trials. **Tree Genetics & Genomes**, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2017.

GIBBENS, R. P.; LENZ, J. M. Root systems of some Chihuahuan Desert plants. **Journal of Arid Environments**, v. 49, n. 2, p. 221-263, 2001.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros Florestais: Propagação Sexuada - Série Didática**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2011.

GROSSNICKLE, S. C. Why seedlings survive: influence of plant attributes. **New Forests**, v. 43, n. 5-6, p. 711-738, 2012.

GROSSNICKLE, S. C.; MACDONALD, J. E. Why seedlings grow: influence of plant attributes. **New forests**, v. 49, n. 1, p. 1-34, 2018.

HAASE, D. L. Understanding Forest seedling quality: measurements and interpretation. **Tree Planters' Notes**, v. 52, n. 2, p. 24-30, 2008.

HONGYU, K. Adaptability, stability and genotype by environment interaction using the ammi model for multienvironment trials. **Biodiversidade**, v. 17, p. 10-21, 2018.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Resumo executivo do plano de manejo da Reserva Biológica de Saltinho**. Brasília, DF: IBAMA, p. 25, 2003.

JONES, T. A. Native seeds in the marketplace: meeting restoration needs in the Intermountain West, United States. **Rangeland Ecology & Management**, v. 72, n. 6, p. 1017-1029, 2019.

KASSAMBARA, A.; MUNDT, F. **Factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses**. 2020.

KASSAMBRA, A. **Practical Guide to Principal Component Methods in R**. 1. ed. 2017. E-book.

KITAO, M. et al. Temperature response and photoinhibition investigated by chlorophyll fluorescence measurements for four distinct species of dipterocarp trees. **Physiologia Plantarum**, v. 109, n. 3, p. 284-290, 2000.

KRATZ, D. et al. Substratos renováveis para produção de mudas de *Mimosa scabrella*. **Revista Floresta**, Curitiba – PR, v. 45, n. 2, p. 393 - 408, 2015.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. 1. ed. São Carlos: Rima, p. 531, 2006.

LAURIE, A.; KIPLINGER, D. C.; NELSON, K. **Commercial flower forcing**. 8 ed. New York: McGraw-Hill, 1979.

LEON, N. et al. Introduction to a special issue on genotype by environment interaction. **Crop Science**, v. 56, n. 5, p. 2081-2089, 2016.

LIMA, R. C. et al. Phenology of Tree Species in an Open Ombrophilous Forest: Bases for Silviculture and Conservation. **Floresta e Ambiente**, v. 29, n. 1, p. 1-9, 2022.

LIMA-FILHO, P. et al. Produção de mudas de *Ceiba speciosa* em diferentes volumes de tubetes utilizando o biossólido como substrato. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 27-39, 2019.

MACIEL, J. L.; PALOMINO, E. C. Influência da matriz na qualidade de mudas de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. Grose. **Revista do Instituto Florestal**, v. 30, n. 2, p.151-157, 2018.

MATOS, P. S. et al. Roots characteristics and effects of containers on the quality of *Toona ciliata* M. Roemer seedlings. **Floresta**, v. 52, n. 2, p. 359-366, 2022.

MIURA, A. K. et al. Custos básico da Restauração Ecológica no Bioma Pampa. **Cadernos de Agroecologia**, v. 17, n. 3, 2022.

MORAES NETTO, S. P. et al. Crescimento de mudas de algumas espécies arbóreas que ocorrem na mata atlântica, em função do nível de luminosidade. **Revista Árvore**, v. 24, n. 1, p. 35-45, 2000.



MORAES, C. B. et al. Variabilidade genética em progênes de meios-irmãos de eucaliptos para tolerância ao frio. **Revista Árvore**, v. 39, p. 1047– 1054, 2015.

MOSCOGLIATO, A. V.; TOREZAN, J. M. D. Aboveground biomass in reforestation with native species established by means of Taungya agroforestry system1. **Hoehnea**, v. 44, n. 2, p. 202-210, 2017.

MOURA, P. J. R. et al. Levantamento florístico qualitativo em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual ripária em Pouso Alegre - MG. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. e32711427545-e32711427545, 2022.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egypt Journal of Genetics and Cytology**, v. 7, p. 40-51, 1978.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas**. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA, N. J. B. (Eds.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p. 2.1 - 2.24.

NOGUEIRA, B. B. A. P. et al. Selection in half-sib progenies of *Annona squamosa* L.: An important step in the development of new cultivars. **Scientia Horticulturae**, v. 302, p. 111173, 2022.

NUNES, V. X. et al. Repetibilidade para caracteres de qualidade de frutos de figueira da Índia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 5, 2017.

OLES, A. et al. **EImage: Image processing and analysis toolbox for R version 4.32.0 from Bioconductor**. 2020.

OLIVEIRA, F. A. et al. Interação entre salinidade e fontes de nitrogênio no desenvolvimento inicial da cultura do girassol. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 4, p. 479-484, 2010.

OLIVEIRA, H. F. et al. Desenvolvimento inicial de mudas de mogno africano em função de substratos e lâminas de irrigação. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 20475-20482, 2020.

OLIVEIRA, M. C. et al. Manual de viveiro e produção de mudas: espécies arbóreas nativas do Cerrado. **Embrapa Cerrados-Outras publicações científicas (ALICE)**, 2016.

OLIVEIRA, M. C.; PEREIRA, D. J. S.; RIBEIRO, J. F. **Viveiro e produção de mudas de algumas espécies arbóreas nativas do cerrado**. Embrapa Cerrados, 2005.

PINTO, J. R. S. et al. Growth of *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth., under shade in the Northeast semi-arid region of Brazil. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 2, p. 384-392, 2016.

PINTO, J. R. et al. Photosynthetic response, carbon isotopic composition, survival, and growth of three stock types under water stress enhanced by vegetative competition. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 42, n. 2, p. 333-344, 2012.

PINTO, V. V. F. et al. Crescimento de mudas de *Poincianella pluviosa* (DC.) LP Queiroz em diferentes substratos e lâminas de irrigação. **Madera y bosques**, v. 27, n. 1, 2021.

R DEVELOPEMENT CORE TEAM (2021). **R A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. Disponível em: <https://www.r-project.org/>.

RESENDE, M. D. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Embrapa Florestas, Colombo, PR, p. 975, 2002.

RESENDE, M. D. V. **Genética Quantitativa e de populações**. Viçosa, MG: Suprema, p. 463, 2015.

RESENDE, M. D. V. Software Selegen-REML/BLUP: A useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 16, n. 4, p. 330–339, 2016.

RESENDE, M. D. V.; DUARTE, J. B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 37, n. 3, p. 182–194, 2007.

REZENDE, E. H et al. Potencial de seleção em uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, para resistência à mancha foliar e ao cancro. **Ciência Florestal**, v. 31, n. 4, p.1930-1948, 2021.

RITCHIE, G. A. et al. **The Container Tree Nursery Manual: seedling Processing, Storage, and Outplanting**. Agric. Handbk. 674. Washington, U. S. Department of Agriculture Forest Service, v. 7, cap. 2, p. 19-81, 2010.

ROCHA, É. C. et al. Phenological Analysis of *Gymnanthes Klotzschiana* Müll. Arg Belonging to Two Atlantic Forest Biome Formations. **Floresta e Ambiente**, v. 27, n.3, p. 1-9, 2020.

ROCHA, R. B. et al. Estimacão de parâmetros genéticos e seleção de procedências e famílias de *Dipteryx alata* Vogel (baru) utilizando metodologia de REML/BLUP ee (QM). **Cerne**, v. 15, n. 3, p. 331-338, 2009.

ROTILI, E. A. et al. Divergência genética em genótipos de milho, no Estado do Tocantins. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 516-521, 2012.

RUDEK, A. et al. Avaliação da qualidade de mudas de eucalipto pela mensuração da área foliar como uso de imagens digitais. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, v. 9, p. 3775-3787, 2013.

RUSSELL, D. J. F. et al. Predicting future European breeding distributions of British seabird species under climate change and unlimited/no dispersal scenarios. **Diversity**, v. 7, n. 4, p. 342-359, 2015.

SALOMÃO, C. S. C.; LIMA, L. S.; RAJÃO, R. G. L. Disposição de proprietários rurais à adoção de práticas voluntárias e compulsórias de restauração florestal na região do médio Rio Doce - MG. **Ambiente & Sociedade**, v. 25, 2022.

SANT'ANA, V. Z. et al. Parâmetros genéticos em progênies de polinização aberta de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong em Luiz Antonio, SP, Brasil. **Hoehnea**, v. 40, n. 3, p. 515-520, 2013.

SANTOS, U. M. F. **Resgate de Plântulas em Povoamento e Fragmento Florestal para Produção de Mudanças**. 2019. 76f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2019.

SANTOS, W. et al. Genotype-environment interaction in *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex Steud. progenies in two different soil conditions. **Journal of Forestry Research**, v. 33, n. 1, p. 309-319, 2022.

SCHEER, M. B. et al. Crescimento inicial de quatro espécies florestais nativas em área degradada com diferentes níveis de calagem e de adubação. **Floresta**, v. 47, n. 3, p. 279-287, 2017.

SHEN, Y. et al. Coordination of leaf, stem and root traits in determining seedling mortality in a subtropical forest. **Forest Ecology and Management**, v. 446, p. 285-292, 2019.

SHEPHERD, G. J. **FITOPAC 1. Manual de usuário**. Unicamp, 1995.

SILVA, K. J. S. et al. Monitoramento de plantas de paricá em área em processo de restauração florestal. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 3, p. 1-11, 2022.

SILVA, O. M. C. et al. Adubação fosfatada no crescimento inicial de sete espécies florestais nativas destinadas à recuperação de uma área degradada. **Ciência Florestal**, v. 32, n.1, p. 371-394, 2022.

SILVA-LUZ, C. L.; PIRANI, J. R. **Anacardiaceae**. Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB15463>>. Acesso em: 02 de outubro de 2021.

SOTO, R. I. C. et al. Variação em características relacionadas à raiz está associada à absorção de água em genótipos de *Lagenaria siceraria* sob condições de déficit hídrico. **Frontiers in plant Science**, v. 13, p. 1-12, 2022.

SWAEF, T. et al. Stem diameter variations as a versatile research tool in ecophysiology. **Tree Physiology**, v. 35, n. 10, p. 1047-1061, 2015.

TAIZ, L. et al. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TAMBARUSSI, E. V. et al. Are tree breeders properly predicting genetic gain? A case study involving *Corymbia* species. **Euphytica**, v. 214, n. 8, p. 1-11, 2018.

TOLVANEN, A.; ARONSON, J. Ecological restoration, ecosystem services, and land use: a European perspective. **Ecology and Society**, v. 21, n. 4, p. 1-5, 2016.

UKRAINETZ, N. K.; YANCHUK, A. D.; MANSFIELD, S. D. Climatic drivers of genotype–environment interactions in lodgepole pine based on multi-environment trial data and a factor analytic model of additive covariance. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 48, n. 7, p. 835-854, 2018.

VASCONCELOS, A. D. M. et al. Interação genótipo x ambiente para seleção de clones de eucalipto no Médio Parnaíba. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.17, n.2, p. 100-107, 2021.

VENCOVSKY, R.; NASS, L. L.; CORDEIRO, C. M. T. Amostragem em recursos genéticos vegetais. In: NASS, L. L. **Recursos Genéticos Vegetais**. Brasília. DF: Embrapa Cenargen, p. 233-280, 2007.

VIANI, R. A. G.; BRANCALION, P. H. S.; RODRIGUES, R. R. Corte foliar e tempo de transplântio para o uso de plântulas do sub-bosque na restauração florestal. **Revista Árvore**, v. 36, p. 331-339, 2012.

VIEIRA, R. D.; CARVALHO N. M **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal FUNEP/UNESP, p. 164, 1994.

VILLAR-SALVADOR, P. et al. Increase in size and nitrogen concentration enhances seedling survival in Mediterranean plantations. Insights from an ecophysiological conceptual model of plant survival. **New Forests**, v. 43, n. 5, p. 755-770, 2012.

WANG, X. Y.; XU, X. M.; CUI, J. The importance of blue light for leaf area expansion, development of photosynthetic apparatus, and chloroplast ultrastructure of *Cucumis sativus* grown under weak light. **Photosynthetica**, v. 53, n. 2, p. 213-222, 2015.

WEI, T.; SIMKO, V. **R package “corrplot”: Visualization of a Correlation Matrix**. 2017.

WICKHAM, H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. New York: SpringerVerlag, 2016.

YAHIA, E. M.; CARRILLO-LOPEZ, A. (Ed.). **Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables**. Woodhead publishing, p. 476, 2018.

YANG, H. et al. Genotypic variation and genotype-by-environment interactions in growth and wood properties in a cloned *Eucalyptus urophylla* × *E. tereticornis* family in Southern China. **Forest Science**, v. 64, n. 3, p. 225-232, 2018.

ZAMITH, L. R.; SCARANO, F. R. Produção de mudas de espécies das Restingas do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, n. 1, p. 161-176, 2004.

ZANGALLI, C. et al. Influência de variáveis climáticas no desenvolvimento de *Mimosa scabrella* e *Schinus terebinthifolia* em áreas de recuperação pós-mineração no Sul do Brasil. **Advances in Forestry Science**, v. 9, n. 2, p. 1717-1727, 2022.

ZIMMERMANN, A. P. L. et al. Métodos de transplântio para utilização de mudas de regeneração natural de *Cordia trichotoma*. **Agrária**, v. 12, n. 1, p. 74-78, 2017.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho encontrou 1.733 pontos de ocorrência da espécie *Tapirira guianensis* distribuídos em quatro domínios fitogeográficos no Brasil, demonstrando a plasticidade da espécie. Essa capacidade de se adaptar às mais variadas condições ambientais faz com que a espécie seja denominada de *ochloespécie*.

A relação entre a distribuição dos sítios de ocorrência com as variáveis bioclimáticas mostrou que a temperatura, precipitação e altitude são bastante condicionantes à ocupação da espécie. Percebeu-se, então, que existe uma tendência à preferência de locais mais elevados, de maior pluviosidade e altas temperaturas, que podem ocorrer ou não em conjunto.

Dentre os mais diversos sítios de ocorrência da *Tapirira guianensis*, foi selecionada uma população natural da espécie para avaliação da estrutura populacional e distribuição espacial. Observou-se que a população estudada se encontrava em equilíbrio e que a distribuição espacial é completamente agregada.

Como esperado para florestas que não sofrem muitas interferências antrópicas, a população apresentou uma composição vegetal balanceada com relação ao DAP e área basal, mantendo, de forma mais clara, o formato de “J” invertido, que é comumente encontrado nas florestas balanceadas, que apresentam o maior número de indivíduos nas primeiras classes de diâmetro e decresce ao decorrer das últimas classes.

De acordo com a distribuição espacial dos indivíduos de *Tapirira guianensis* na população, foram selecionados indivíduos para coleta de plântulas, já que a espécie apresenta sementes do tipo recalcitrantes, que prejudicam o armazenamento das mesmas. A *Tapirira guianensis* é uma espécie amplamente recomendada para os programas de restauração de áreas degradadas, principalmente devido sua ampla faixa de adaptabilidade, logo, a obtenção de mudas de qualidade e em quantidade suficientes para atender esses projetos é de fundamental importância.

A técnica de resgate é uma alternativa promissora para a produção de mudas da espécie *Tapirira guianensis*, eliminando etapas de maior custo, como coleta, beneficiamento e armazenamento de sementes, além do tempo em viveiro. A remoção de parte da folha e o tamanho da plântula coletada interferem diretamente no desenvolvimento e crescimento do indivíduo coletado.

Visando a restauração de áreas degradadas, a diversidade genética das espécies surge como uma das principais necessidades, associada ao conhecimento das características ecológicas das espécies. Assim, é preciso reunir os diversos conceitos ecológicos, como de função e estrutura da população, à diversidade genética das espécies.

A população natural de *Tapirira guinensis*, localizada na Reserva Biológica de Saltinho, indica que existe uma diversidade potencial elevada, sendo possível encontrar material de propagação de ampla diversidade.

Assim, os resultados presentes nesse estudo poderão delinear procedimentos adequados para programas de restauração e manutenção da diversidade em áreas degradadas.