

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO E USO DOS
RECURSOS RENOVÁVEIS

APARECIDA JULIANA MARTINS CORRÊA

**BANCO DE GERMOPLASMA DE POPULAÇÕES DE *Astronium urundeuva* (M.
ALLEMÃO) ENGL. PROCEDENTES DO CERRADO E SUA IMPORTÂNCIA
FRENTE ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Sorocaba
2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CAMPUS SOROCABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO E USO DOS
RECURSOS RENOVÁVEIS

APARECIDA JULIANA MARTINS CORRÊA

**BANCO DE GERMOPLASMA DE
POPULAÇÕES DE *Astronium
urundeuva* (M. ALLEMÃO) ENGL.
PROCEDENTES DO CERRADO E
SUA IMPORTÂNCIA FRENTE ÀS
MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Uso dos Recursos Renováveis, para defesa do título de doutora em Ciências Ambientais.

Orientação: Dr. Miguel Luiz Menezes Freitas

Co-orientação: Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes

Sorocaba
2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Ciências e Tecnologias Para a Sustentabilidade
Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis

Folha de Aprovação

Defesa de Tese de Doutorado da candidata Aparecida Juliana Martins Corrêa, realizada em 04/11/2021.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Miguel Luiz Menezes Freitas (IF)

Prof. Dr. João Antonio da Costa Andrade (UNESP)

Prof. Dr. Alan Rodrigo Panosso (UNESP)

Profa. Dra. Marcela Aparecida de Moraes (UNESP)

Prof. Dr. Celso Luís Marino (UNESP)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Uso de Recursos Renováveis.

Corrêa, Aparecida Juliana Martins

Banco de germoplasma de populações de *Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl. procedentes do Cerrado e sua importância frente às mudanças climáticas / Aparecida Juliana Martins Corrêa -- 2021. 193f.

**Tese de Doutorado - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba
Orientador (a): Miguel Luiz Menezes Freitas
Banca Examinadora: Marcela Aparecida de Moraes, João Antonio da Costa Andrade, Celso Luis Marino, Alan Rodrigo Panosso
Bibliografia**

1. Conservação genética. 2. Flutuações climáticas. I. Corrêa, Aparecida Juliana Martins. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -
CRB/8 6979

DEDICATÓRIA

Dedico aos meus pais, João (in memoriam) e Aparecida.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, João (in memoriam) e Aparecida, pelo apoio, mesmo de longe, em tantas conversas por vídeo chamada, para matar a saudade e conversar sobre coisas bobas, a fim de diminuir só um pouquinho a distância e a saudade de casa.

A CAPES e ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Uso dos Recursos Naturais pela bolsa recebida e apoio.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Miguel Luiz Menezes Freitas e Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes, pela atenção, pela orientação e pelos conselhos para uma jovem doutora em formação.

À Patrícia, à Selma à Thaísa e à Sandrinha, por me aguentarem no laboratório, estudando, escrevendo, rodando dados e chorando as pitangas de sempre. Formaram minha família em Ilha, com seus conselhos, suas histórias, a fim de me fazer sentir um pouquinho mais em casa.

À Lausanne, amiga que fiz no começo do doutorado na UFSCar, que, mesmo de longe, estava sempre ali para uma mensagem de carinho.

À turma de campo de silvicultura do Cerrado: Cambuim, Alonso, Alexandre, Marília, Keller, José Carlos e os outros que eu sei que esqueci os nomes, mas que sem vocês esse trabalho teria ficado no 0 a 0.

À Bell e à Maria, que me aguentaram muitas vezes nesses dias de pandemia do coronavírus, pirando com a tese e com as coisas da vida.

À Luciana, secretária do PPGPUR, melhor secretária do mundo, que sempre me atendeu muito bem, mesmo eu estando longe.

A todos os amigos e professores que me ajudaram com conceitos e as correções: Lausanne, Bell, Patrícia, Thaísa, Profa. Daniela Canuto, Prof. Fernando Tangerino, Prof. João Andrade, Prof. Celso Marino, Prof. Marcela Moraes, Prof. Alan Panosso, Prof. Mario Moraes, Prof. Miguel Freitas.

Aos amigos que fiz em Ilha Solteira e aos amigos de Sorocaba, que, de alguma forma, me apoiaram nessa empreitada.

Muito obrigada a todos!

RESUMO

CORRÊA, Aparecida Juliana Martins. Banco de germoplasma de populações de *Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl. procedentes do Cerrado e sua importância frente às mudanças climáticas. 2021. 193f..Tese (Doutorado em Planejamento e Uso dos Recursos Renováveis) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2021.

Conservar a diversidade genética garante a variabilidade necessária para a adaptação ambiental e progressos no melhoramento de plantas. Uma vez que *Astronium urundeuva*, a aroeira do sertão, é conhecida e explorada devido a resistência da sua madeira, por isso, é preciso entender a sua distribuição na paisagem, a fim de manter seu germoplasma. O objetivo desta tese constituiu em caracterizar progênies de três populações de aroeira, distribuídas em diferentes regiões e verificar sua sobrevivência, frente às flutuações climáticas. Progênies de três populações, instaladas em Selvíria-MS, foram avaliadas, para as variáveis de crescimento e reprodutivas, em diferentes idades, medidas em 2019. Os dados climáticos (temperatura (T), precipitação (P), evapotranspiração (E_{to}) e quantidade de água disponível (H_2O_d), médias e acumuladas) da região também foram avaliados, entre 1996 e 2018. Quando necessário, os dados foram padronizados na estatística Z. Os parâmetros genéticos (σ^2 , h^2 , CVs) foram obtidos a partir da eficiência de modelos com e sem covariável, a fim de identificar a competição entre indivíduos. A sexagem foi determinada pelo florescimento em 2019. As melhores progênies foram determinadas a partir da sobreposição de gerações e também foi feita a correlação entre os efeitos aditivos (a) e de dominância (d). Foram feitos os balanços hídricos descritivos e sequencial (do ano de 2018). A relação entre variáveis silviculturais e climáticas foi feita por meio de uma regressão linear múltipla (RLM). Modelos com covariáveis não foram eficientes. Há desequilíbrio na proporção sexual nos testes de progênies (1♀:2♂), relacionada à distribuição espacial, às características da espécie e à seleção sexual. Poucas mães (1-3 por teste) foram superiores às progênies, indicativo de poucos cruzamentos direcionados. Houve correlação significativa ($S = 0,7375$, $\alpha < 2,2 * 10^{-16}$) entre a e d , que implica em coletas de sementes e propágulos com ganhos genéticos em ambas as estratégias. O déficit hídrico ($\hat{m} = -12,7$ mm) é padrão para a região, em todos os anos avaliados. Houve correlação significativa entre as variáveis silviculturais e E_{to} ($r = -0,745$, $\alpha < 0,01$); entre as climáticas, para aquelas relacionadas à H_2O_d ($r = 0,464$, $\alpha < 0,001$), o que evidencia a importância da água para a espécie. A RLM mostrou que E_{tom} tem relação direta e inversa com as variáveis silviculturais ($rlm = 0,00426$, $\alpha < 0,001$), e mostra a relação entre a disponibilidade hídrica e a produtividade. Mesmo sem ser uma espécie típica do Cerrado, *A. urundeuva* pode ter se adaptado às suas condições, com crescimento lento durante a falta de água, para manter sua sobrevivência, apesar dos períodos de estresse hídrico, se mostrando longeva e capaz de se manter ao longo do tempo. Mesmo assim, há pouca literatura referente ao impacto do clima para a espécie, o que justifica mais estudos sobre o tema.

Palavras-chave: Aroeira, Água, Evapotranspiração, Seleção, Variabilidade.

ABSTRACT

CORRÊA, Aparecida Juliana Martins. Germplasm bank of *Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl. populations from Cerrado and their importance due to climatic changes. 2021. 193 f.

Conserving genetic diversity ensures the variability necessary for environmental adaptation and progress in plant breeding. Since *Astronium urundeuva* ("aroeira do sertão") is known and exploited due to its wood resistance, therefore, it is necessary to understand its landscape distribution, in order to preserve its germplasm. This thesis' aims were to characterize *A. urundeuva* populations progenies, distributed in distinct regions, and to verify their survival upon climatic fluctuations. Progenies from three populations, installed in Selvíria-MS, were evaluated for growth and reproductive variables, at different ages, measured in 2019. Region climatic data (temperature (T), precipitation (P), evapotranspiration (E_{to}) and water available (H_2O_d), averages and accumulated) were also evaluated, between 1996 and 2018. When necessary, data were standardized in Z statistics. Genetic parameters (σ^2, h^2, CVs) were obtained from models efficiency, with covariate or not, in order to identify competition between individuals. Sex ratio was determined by flowering in 2019. Best progenies were determined by overlapping generations, and the correlation between additive (a) and dominance (d) effects was also made. Descriptive (historical) and sequential water balances (from 2018) were made. Relationship between silvicultural and climatic variables was performed using multiple linear regression (RLM). Models with covariates were not efficient. There is an imbalance in sex ratio for progeny tests ($1\text{♀}:2\text{♂}$), related to spatial distribution, species characteristics and sexual selection. Few mothers (1-3 per test) were superior to progenies, indicative of few targeted crosses. Significant correlation ($S = 0,7375, \alpha < 2,2 * 10^{-16}$) between a and d , implies collecting seeds and propagules, with genetic gains in both strategies. Water deficit ($\hat{m} = -12,7$ mm) is standard for the region, in all evaluated years. There was a significant correlation between silvicultural variables and E_{to} ($r = -0,745, \alpha < 0,01$); between climatic ones, to those related to H_2O_d ($r = 0,464, \alpha < 0,001$), which highlights water importance for the species. RLM showed E_{tom} is directly and inversely related to silvicultural variables ($rlm = 0,00426, \alpha < 0,001$), and shows the relation between water availability and productivity. Even though it is not a typical Cerrado species, *A. urundeuva* may have adapted to its conditions, with slow growth during water deficit, to survive, despite water stress periods, showing itself to be long-living over the time. Even so, there is few literature referring to climate impacts on the species, which justifies further studies on this subject.

Keywords: Aroeira, Evapotranspiration, Selection, Variability, Water.

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. PERGUNTAS E OBJETIVOS.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. O BIOMA CERRADO.....	14
2.2. AMEAÇAS À CONSERVAÇÃO DO CERRADO	20
2.3. <i>ASTRONIUM URUNDEUVA</i> : DESCRIÇÃO BOTÂNICA, ECOLOGIA E SEU HISTÓRICO DE USO.....	23
2.4. CONSERVAÇÃO GENÉTICA DA AROEIRA.....	27
2.5. MELHORAMENTO DA AROEIRA.....	33
2.6. MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	36
3. DESCRIÇÃO DAS POPULAÇÕES E DAS ÁREAS DE ESTUDO	40
4. VARIAÇÃO GENÉTICA EM POPULAÇÕES E PROGÊNIES DE AROEIRA (<i>ASTRONIUM URUNDEUVA</i> (M. ALLEMÃO) ENGL.) DO BIOMA CERRADO	48
4.1. INTRODUÇÃO	49
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	51
4.2.1. ANÁLISE DOS DADOS SILVICULTURAIS	51
4.2.2. ANÁLISE DE DADOS DO FLORESCIMENTO	57
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
4.4. CONCLUSÃO	76
5. O IMPACTO DAS FLUTUAÇÕES CLIMÁTICAS NOS CARACTERES SILVICULTURAIS DE <i>ASTRONIUM URUNDEUVA</i> (M. ALLEMÃO) ENGL...78	78
5.1. INTRODUÇÃO.....	79
5.2. MATERIAL E MÉTODOS	82
5.2.1. ANÁLISE DOS DADOS	82
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	84

5.4.	CONCLUSÃO	102
6.	CONCLUSÕES	104
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
8.	APÊNDICE	167
8.1.	TABELAS PARA CONFERÊNCIA.	167
8.2.	CROQUIS DE CAMPO	180
8.2.1.	CUIA	180
8.2.2.	GO	181
8.2.3.	PF	182
8.3.	SCRIPT DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA PARA <i>ASTRONIUM URUNDEUVA</i>	183

1. INTRODUÇÃO

A biodiversidade é fundamental para a conservação do germoplasma (VALOIS; SALOMÃO; ALLEM, 1996), importante para a sobrevivência das espécies e para a manutenção do *pool* gênico, necessário à adaptação das espécies frente às mudanças ambientais. Os biomas tem passado por desmatamentos (foram 1385300 ha em 2020 (OLIVEIRA, 2021; SOUZA et al., 2020), tornam-se fragmentados, geram drástica redução na diversidade, seja pela perda de área ou pelo isolamento em longo prazo, o que reduz o fluxo gênico populacional, aumenta a endogamia e a estrutura genética espacial, que impacta também o tamanho efetivo, diminui o valor adaptativo e aumenta a deriva genética, condições que podem gerar extinção local.

Com relação aos recursos genéticos, essa diversidade pode ser aproveitada por meio do melhoramento, neste caso, de espécies arbóreas. Suas ferramentas são capazes de selecionar os melhores indivíduos, progênies ou procedências, por exemplo, a fim de obter rápido alcance tecnológico, com prerrogativa de manejo sustentável. O objetivo clássico do melhoramento é obter os melhores genótipos, ao utilizar corretamente os insumos disponíveis. No ambiente florestal, ainda há carência de genótipos selecionados, ou seja, são provenientes de populações naturais, sem rastreabilidade, sem amostragem correta, apenas com fins produtivos.

As mudanças climáticas envolvem variáveis históricas e sequenciais. Ainda é uma ciência não muito bem aceita no senso comum, e ainda passa por grandes dificuldades na criação e implementação de políticas preventivas. As variáveis são avaliadas por meio de diversos modelos (ou cenários), que predizem a distribuição da fauna e flora ao longo do tempo e suas predições são catastróficas, mas importantes na elaboração de estratégias de

redução de impactos. Esses impactos podem ser mitigados de várias maneiras, mas as ideias tradicionalistas, relacionadas ao uso dos recursos naturais e da soberania nacional, ainda compõem barreiras para a implementação dessas estratégias.

Por causa das diferentes variações fisionômicas, o Cerrado é o segundo maior domínio do Brasil (MMA, 2021) e da América do Sul, cuja diversidade é diretamente ligada à variação ambiental, considerado um *hotspot*. Sua ocupação se iniciou na década de 1970, a partir de políticas públicas de incentivo à modernização da agricultura, causando desmatamento, com recursos voltados tanto ao mercado externo (soja, pastagem, café) e interno (cana-de-açúcar). Entre agosto de 2019 e julho de 2020, foram desmatados 7,3 mil km² devastados (PONTES, 2020).

Dentre as várias espécies arbóreas que ocorrem no Cerrado, destaca-se a aroeira (*Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl., Anacardiaceae) (REFLORA, 2021), que é conhecida como “a madeira mais dura do Brasil”, com densidade de 1,19 g cm⁻³, compatível com madeiras nobres e de alto valor econômico. Ecologicamente, é classificada como dioica, secundária inicial ou pioneira antrópica, por ter distribuição agregada. Embora qualificada como com “*dados insuficientes*” pela Conservação Internacional (PRADO, 1998) e “*pouco preocupante*” pelo Ministério do Meio Ambiente (CNCFLORA, 2021), como *status* de conservação, dadas as suas qualidades madeireiras e seu potencial medicinal, foi e ainda é, uma espécie bastante explorada ilegalmente.

Por isso, os objetivos deste trabalho foram: caracterizar, geneticamente, por meio de variáveis silviculturais, três populações de *A. urundeuva*, de três procedências de áreas de Cerrado e transição entre Mata Atlântica e Cerrado, de idades e localizações distintas, além da avaliação do impacto das flutuações climáticas sobre essas mesmas variáveis silviculturais de importância econômica nas mesmas populações.

1.1. Perguntas e Objetivos

Como o Cerrado é considerado um complexo de ecorregiões distintas, e que *A. urundeuva* é uma espécie com ampla distribuição pelo bioma, a presente tese tem como principais perguntas:

1. Como a competição, por meio da avaliação com o índice de falhas, influencia as estimativas de parâmetros genéticos nas populações?
2. Com relação às estimativas de parâmetros de crescimento, as mães tem melhor desempenho em relação às progênies?
3. Qual é o comportamento geral das populações, quanto às estimativas de parâmetros genéticos? É possível selecionar estes materiais para o melhoramento da espécie?
4. Existe correlação entre os efeitos aditivos e efeitos de dominância para a espécie?
5. *Astronium urundeuva* poderá sobreviver (ou se adaptar) às flutuações climáticas?

Assim, os objetivos são:

- a) Conhecer a variabilidade genética de populações de *A. urundeuva*, procedentes de áreas de Cerrado e de transição Cerrado/Mata Atlântica, a fim de compreender como estão as populações do bioma;
- b) Verificar a influência (ou o impacto) de variáveis climáticas sobre características silviculturais de interesse econômico das mesmas populações, no período climatológico de 2018.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O Bioma Cerrado

O Cerrado não é um único bioma, mas um complexo deles, distribuídos em mosaico, devido à sua variação fisionômica (campo limpo/campo tropical, intermediário/campo, sujo/campo, cerrado/cerrado, *stricto sensu*/savana, cerradão/floresta estacional) (COUTINHO, 2006). Dentro do domínio, existem também outros tipos vegetacionais, como a floresta rupícola, o campo rupícola, a floresta estacional semidecidual, a floresta estacional decidual, o campo úmido, entre outros, e cada um tem sua flora própria. Por isso, existem três sentidos para o Cerrado: 1. que é o domínio fitogeográfico, com todos os tipos vegetacionais; 2. Cerrado *sensu lato*, o tipo vegetacional (campo limpo ao cerradão) e 3. Cerrado *sensu stricto*, que são as fisionomias savânicas do cerrado *sensu lato* (BATALHA, 2011). Dentro do bioma, a espécie costuma ocorrer em áreas de Cerradão, em afloramentos calcários (CARVALHO, 2003), nas áreas de transição com o Chaco Sul-Mato-Grossense e do Pantanal Mato-Grossense (CONCEIÇÃO; PAULA, 1986), áreas de floresta estacional decidual (ANDRIANI et al., 2020), e matas semidecíduais (GUARIM NETO, 1991; LUZ, 2011), além de matas ciliares e áreas antropizadas (LUZ, 2011; PIRANI; SILVA-LUZ, 2018).

Segundo maior domínio fitogeográfico da América do Sul, com 204,7 milhões de hectares, equivalente a 24% do território brasileiro, presente em 12 Estados e no DF (IBGE, 2004). Desse total, 88 milhões (ou 46%) de mata nativa foram convertidos em áreas agricultáveis (54 milhões em pastagens, 21.5 milhões em agricultura), restando apenas 19,8% nativos (SANO et al., 2010; STRASSBURG et al., 2017). É considerado não como um único bioma, mas um complexo deles, formado por 22 ecorregiões (Tabela 1, Figuras 1 e 2) (ARRUDA, 2003; ARRUDA et al., 2008; MELO, 2018).

O Cerrado funciona, então, como elo de ligação entre os biomas florestais brasileiros (ABREU et al., 2015; ANDRIANI et al., 2020), ao fazer limite com quatro outros biomas, o que lhe dá aspecto biogeográfico único (MESQUITA, 2003; MMA, 2014). Esses limites, formados por áreas de transição (ecótonos), com constantes tensões ecológicas, grande diversidade e ricas em endemismos (PINHEIRO; DORNAS, 2009). Historicamente, esses ecótonos passaram por intervenções quanto às políticas e programas direcionados ao desenvolvimento local (assistência técnica, fomento às cadeias produtivas, fundos nacionais e internacionais, pesquisas, entre outros), implementados de forma fragmentada (MMA, 2021). Os principais ecótonos são (MMA, 2010):

- **Cerrado-Caatinga:** é limítrofe da região semiárida do Nordeste (CASTRO et al., 1998; O ECO, 2014; INSA, 2014). Compõe 1,3% do território brasileiro (O ECO, 2014), com 115.108 km², com vegetação mais rica do que a Caatinga, com florestas de folhas secas, clima mais seco do que o do Cerrado, solo mais ressecado e maiores períodos sem chuvas, no interior dos estados nordestinos (WWF, 2021b);
- **Cerrado-Amazônia:** composta por um mosaico de savanas e florestas (RATTER et al., 1973; ACKERLY et al., 1989; RATTER, 1992). Coincide com o espaço chamado “Arco do Desmatamento”, do Maranhão, aos limites sul e sudoeste da Bacia Amazônica (FERREIRA et al., 2005; FEARNSIDE; GRAÇA, 2006; ALDRICH et al., 2012). Compõe 4,85% do território brasileiro (O ECO, 2014), com área de 414.007 km², onde se encontram as Matas Secas (ou Floresta Mesófila Semidecídua), formação florestal com manchas de Cerrado e maciços em locais afastados dos cursos d’água ou de umidade permanente, em terrenos ondulados e planos (WWF, 2021b). Seus limites não são bem definidos e formam fitofisionomias bastante diferenciadas (SILVA et al., 2006), o que fez IVANAUSKAS et al. (2008)

sugerirem a nomenclatura “Floresta Estacional Perenifólia” para a vegetação dessas áreas;

- **Cerrado-Pantanal:** com diferenças marcantes, mas estão correlacionados geomorfológica e fitogeograficamente. Seus aspectos sociais também se relacionam: a ocupação do Cerrado afeta o Pantanal e vice-versa, principalmente a partir da década de 1970, com a expansão da fronteira agrícola, acelerando processos erosivos, perda de biodiversidade e contaminação dos recursos hídricos do Pantanal (RODRIGUES et al., 2017);
- **Cerrado-Mata Atlântica:** pode se estender por centenas de quilômetros, composta por vegetação savânica, campestre e florestal, com espécies dos dois biomas (OLIVEIRA-FILHO; FONTES, 2000; LÖBLER et al., 2015). Presente, sobretudo, nos Estados do Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Bahia, além de vegetações florestais do Paraguai e da Argentina (MUYLAERT et al., 2018);
- **Cerrado-Chaco.** Considerado a maior floresta seca da América do Sul, o Chaco cobre desde a Argentina, Paraguai, Bolívia e Brasil (HUECK, 1972), apesar do IBGE classificá-lo como savana estépica (IBGE, 2012). Suas poucas áreas existentes foram, em grande parte, suprimidas pela pecuária (POTT; POTT, 2003), e estão localizadas ao sul do Pantanal, na subregião do Nabileque, em Porto Murtinho-MS (SILVA; ABDON, 1998). É restrito à uma área entre os rios Paraguai e Apa (PRADO et al., 1992; PRADO, 1993), de topografia plana, clima semiárido e formações vegetais distintas (PRADO et al., 1992; PRADO, 1993; NAVARRO et al., 2006), com vegetação arbustiva, caducifólia, microfila e espinocente, associada à solos salinos (SILVA et al., 2000)

Ainda, há manchas de Cerrado em outras regiões do País, como nos Estados de Roraima, Amapá, sul do Amazonas e oeste do Pará, mas não fazem parte da área

comumente citada como Cerrado (aquela definida pelo IBGE). Essas áreas deram origem à criação de unidades de conservação de proteção integral (MMA, 2010).

Tabela 1 – Ecorregiões, área e porcentagem em relação ao Cerrado Brasileiro.

Ecorregião	Área (km²)	% do Bioma
Alto Parnaíba	184100,08	9,19
Araguaia-Tocantins	244579,04	12,21
Bananal	78917,31	3,94
Bico do Papagaio	47142,34	2,35
Chapadão do São Francisco	121480,54	6,06
Chiquitania	62754,95	3,13
Complexo Bodoquena	39528,17	1,97
Depressão Cuiabana	54522,22	2,72
Depressão do Pamaguá	58899,93	2,94
Grão Mogol	3896,62	0,19
Jequitinhonha	35195,53	1,76
Paracatu	98761,00	4,93
Paraná Guimarães	377902,04	18,87
Paranaíba	13932,15	0,70
Parapanema Grande	143017,76	7,14
Parecis	152295,97	7,60
Planalto Central Goiano	157160,76	7,85
Província Serrana	12019,17	0,60
São Francisco-Velhas	83373,63	4,16
Serra da Canastra	12101,45	0,60
Serra do Cipó	897,00	0,04
Vão do Paraná	20684,62	1,03
Total	2003181,36	100,00

Fonte: MELO (2018).

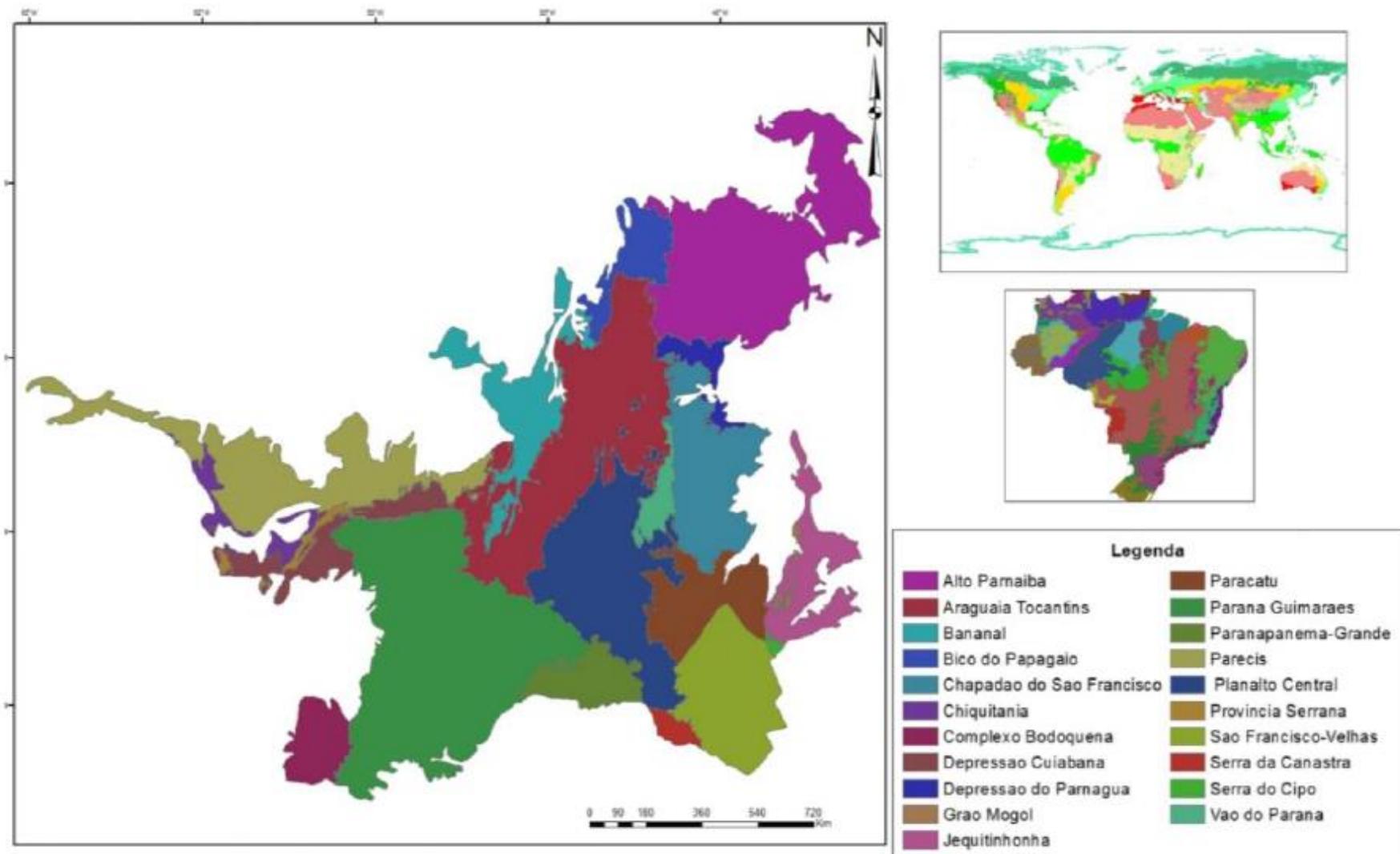


Figura 1 – Ecorregiões do Cerrado, adaptada de ARRUDA et al., (2008). Fonte: MELO (2018).

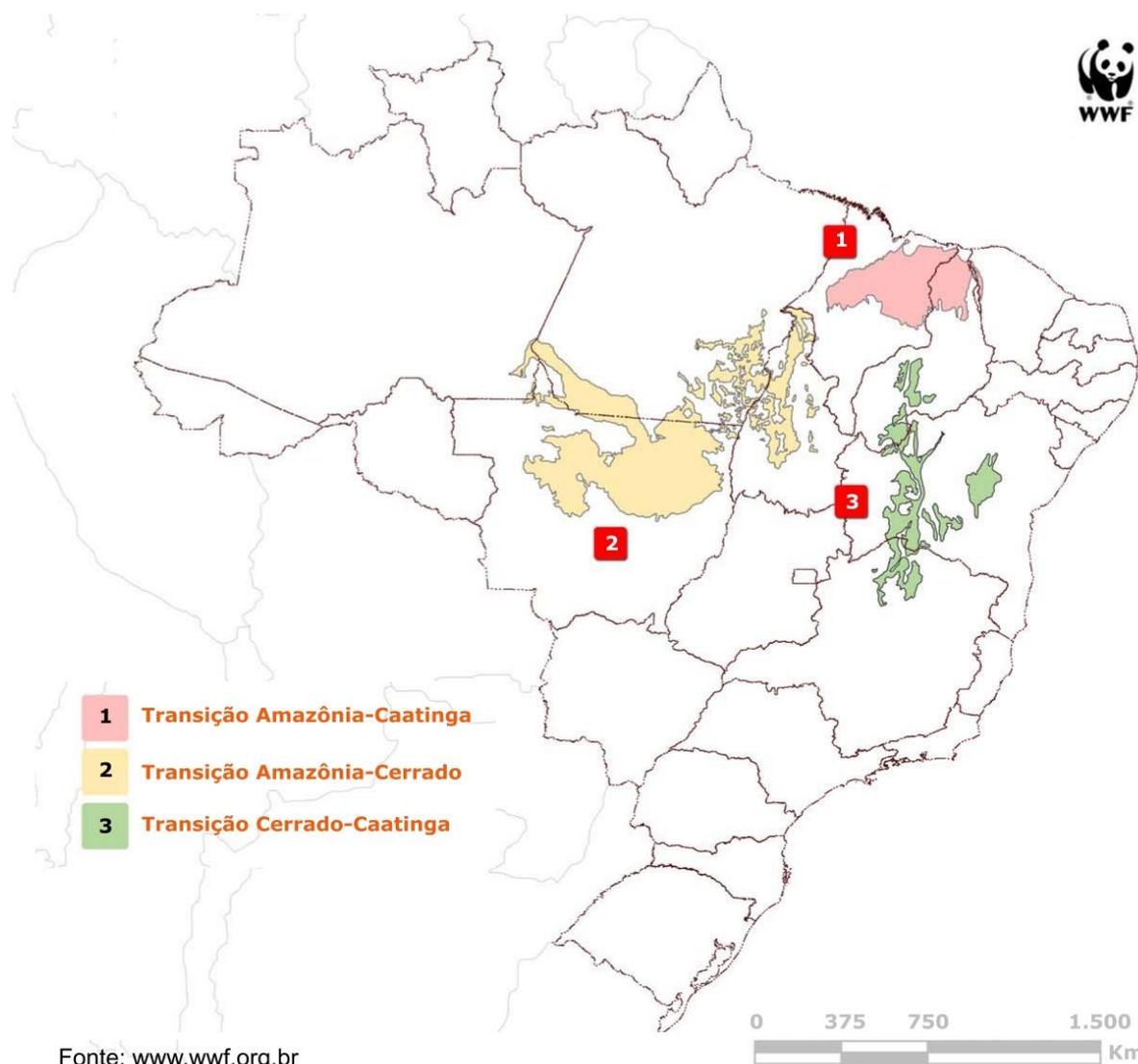


Figura 2 – Regiões de ecótonos do Brasil: 1. Amazônia-Caatinga, 2. Amazônia-Cerrado e 3. Cerrado-Caatinga. Fonte: WWF (2021c).

A diversidade de espécies do Cerrado está ligada às várias ecorregiões em que este bioma ocorre. Existe uma heterogeneidade espacial, distribuída horizontalmente, em que diferentes áreas, tais como campos, capões, florestas e brejos possam coexistir numa região. Como consequência, as espécies apresentam grande associação com os ecossistemas locais (MACHADO et al., 2004). Interações de fatores climáticos e edáficos, junto a incêndios periódicos, deram origem ao Cerrado, no Período Quaternário. Tanto o fogo como os solos distróficos foram importantes agentes seletivos, ao desenvolver uma flora adaptada ao déficit hídrico (PINHEIRO; MONTEIRO, 2010). O Cerrado assegura a qualidade da água, a

integridade do solo e abriga diversas comunidades de organismos (ALHO, 1993; EITEN, 1993; SILVA, 1995; MENDONÇA et al., 1998).

2.2. Ameaças à conservação do Cerrado

Em 2009, a taxa de desflorestamento do Cerrado foi de 21.300 km².ano⁻¹ (MMA, 2009) e, em comparação com a Amazônia, as taxas de desmatamento chegam a ser 2,5 vezes maiores (STRASSBURG et al., 2017). A devastação em larga escala, junto à alta incidência de espécies endêmicas, deu o *status* de *hotspot* para a conservação do bioma (MITTERMEIER et al., 1999; ALHO, 2005; JENKINS; PIMM, 2006). Os maiores remanescentes do Cerrado estão presentes no Distrito Federal e no Nordeste do Estado de Goiás (GANEM et al., 2013). Duas das áreas mais representativas são os Parques Nacionais de Brasília e a Chapada dos Veadeiros (GO). A fragmentação de habitats diminui a viabilidade de manutenção e reprodução das espécies e da própria conservação, até porque a conversão do Cerrado em áreas para a agropecuária ainda é intensa (KLINK; MACHADO, 2005; CARVALHO et al., 2009).

A ocupação do bioma começou na década de 1970, com políticas públicas de incentivo e a modernização da agricultura, por meio da correção dos solos ácidos e pobres com calcário e fertilizantes em larga escala (AUBERTIN, 2013). A abertura de áreas de pastagem para gado foi a principal causa do desmatamento, mas a área plantada, principalmente de cultivos de soja, tem aumentado, independente das tecnologias e da produtividade, dobrando de tamanho (MACHADO et al., 2004). Em 2005, os plantios de cana-de-açúcar também foram para lá, o que deu impulso à produção de etanol para o mercado interno, tornou o país grande exportador em vários segmentos. Além da liderança na produção de biocombustíveis, 70% da carne bovina, 60% da soja e 48% do café produzidos no Brasil vem desta região (AUBERTIN, 2013). As regiões que apresentam

maior pressão de desmatamento sobre as suas áreas protegidas são municípios próximos às rodovias, com intensa atividade agropecuária, o que intensifica o processo de substituição das áreas nativas por culturas de interesse econômico, o que compromete a biodiversidade e as funções ecossistêmicas do bioma (SILVA et al., 2012).

O agronegócio não é o único responsável pela destruição do Cerrado, uma vez que os programas com esse objetivo também foram praticados da mesma maneira em outras localidades. Nesta situação, programas relacionados à bioenergia também são responsáveis pela destruição do bioma (GANEM et al., 2013). Seu desmatamento, devido à expansão agrícola, tem causado o desaparecimento maciço de espécies arbóreas de valor econômico e ecológico, com a perda e/ou o isolamento de populações em pequenos fragmentos (GUERRA et al., 2009). O fato dos solos do Cerrado serem deficientes em vários aspectos deixa a produção mais cara, o que torna discutível a eficiência de produtividade agrícola do domínio, pois se gasta mais com nutrientes, dada a logística dos materiais necessários, ao considerar a existência de poucas rodovias, e aumentar os gastos em geral (RADA, 2013).

Sua transformação em áreas agricultáveis está na dinâmica do uso da terra: estudos em fertilidade do solo, migração, intensificação de monocultivos, o crescimento populacional, forma elites econômicas e políticas com considerável participação no mercado global (SILVA, 2018). Mudanças no espaço rural, com o uso de novas tecnologias e novas formas de gerenciamento dos recursos naturais, interferem bastante nas relações de produção e organização dos produtores, principalmente dos vindos da agricultura familiar (PIETRAFESA; SAUER, 2012).

Formas possíveis de mitigar, diminuir ou frear a devastação do Cerrado estão, principalmente, sob a forma de políticas públicas ou parcerias público-privadas: a partir de propostas que visam garantir sustentabilidade ambiental, econômica e social, sem prejudicar

o desenvolvimento dos Estados, mas que também reflitam possíveis problemas agrários (como a concentração das terras) e ambientais (desenvolvimento sem preservação). Essas análises podem ser feitas por meio de estudos de impacto ambiental e indicadores de sustentabilidade, a fim de identificar áreas prioritárias, tanto para a preservação como para o cultivo (PIETRAFESA; SAUER, 2012).

Ampliar os conhecimentos sobre as espécies do Cerrado contribui para a preservação do bioma, pela diversificação da renda dos produtores, por meio do manejo sustentável, o que ajuda a manter a floresta em pé, além de fomentar outro modelo de desenvolvimento regional, associado à subsistência (CARNEIRO et al., 2014). A agropecuária tradicional é específica, mas pode ser feita a partir de várias técnicas de manejo: pecuária na solta, manejo do fogo, controle dos fluxos de água, favorecimento da regeneração natural. Essas são estratégias consideradas anti-risco para algumas comunidades frente às incertezas econômicas e às mudanças climáticas, mas ainda faltam pesquisa e assistência técnica para entender a diversidade e evolução das práticas, a fim de contribuir para a mobilização das comunidades em prol dos seus direitos e da própria conservação do Cerrado (ELOY et al., 2017).

Embora programas e projetos de conservação no Cerrado sejam quase que completamente dependentes de fundos internacionais (GANEM et al., 2013), existem iniciativas, tais como o "Cerrado Verde", que conciliam a expansão agrícola, a conservação dos remanescentes nativos e a recuperação dos habitats críticos para espécies em extinção (STRASSBURG et al., 2017). Isso já acontece em estados da região Sudeste do país, com aumento de produtividade, sem aumento de área.

Boa parte da ameaça ao bioma está relacionado à ação antrópica, seja pela indústria agropecuária e florestal, pela fragmentação de habitats ou dos incêndios propositais

(PEREIRA; CONEGLIAN, 2020). Pelo menos 43,7% do bioma foi transformado em áreas agrícolas, principalmente pastagens e lavouras de soja (SOUZA et al., 2020). Hoje, existe uma comissão externa da Câmara dos Deputados que avalia as queimadas nos biomas brasileiros, com centros de ação na Amazônia, no Cerrado e no Pantanal (OLIVEIRA, 2021). Inclusive, o Cerrado tem seu dia celebrado em 11 de setembro, desde 2003, para lembrar a necessidade de sua preservação (MOURA; LIMA, 2020; SILVA, 2020).

Em 2019, mais de 30% das áreas de vegetação nativas devastadas no país estavam no Cerrado, o que corresponde a 408,6 mil hectares (MOURA; LIMA, 2020; SOUZA et al., 2020). Ainda, em 2019, a taxa de desmatamento no Cerrado apresentou uma leve queda (6,484 km²), mas em 2020, houve um aumento de 12,3% (7.300 km²), seguindo tendência também encontrada para a Amazônia. Esse aumento ocorreu, principalmente em áreas de unidades de conservação, ligados principalmente ao cultivo (ilegal) da soja, sobretudo na região de expansão da fronteira agrícola "Matopiba", que compreende os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia (PONTES, 2020).

2.3. *Astronium urundeuva*: descrição botânica, ecologia e seu histórico de uso

A espécie *A. urundeuva*, pertencente à família Anacardiaceae, é uma espécie arbórea, nativa do Brasil, tropical (SANTOS, 1987; SILVA-LUZ et al., 2019), está distribuída ao longo das regiões Norte (TO), Nordeste (AL, BA, CE, MA, PB, PE, PI, RN, SE), Sudeste (SP, MG) e Centro-Oeste (MS, MT, GO, DF) do Brasil e em três Biomas (Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica), presente inclusive em áreas antropizadas (Figura 3) (BRANDÃO, 1992; SILVA-LUZ et al., 2019).



Figura 3 – Distribuição de *Astronium urundeuva* no Brasil. As cores demonstram a distribuição geográfica da espécie conforme a região econômica do Brasil (Fonte: SILVA-LUZ et al., 2020).

Essa espécie pode atingir 20 a 30 m de altura e 100 cm de diâmetro do tronco a altura do peito, formar fuste único e cilíndrico, com folhas decíduas (SANTIN; LEITÃO FILHO, 1991; NOGUEIRA, 2010), com densidade da madeira: $1,19 \text{ g cm}^{-3}$ (RIZZINI, 1971; PAES et al., 2009). Ecologicamente tratada como secundária tardia ou pioneira antrópica (KAGEYAMA et al., 1994; FERRETTI et al., 1995), decídua, heliófita, seletiva xerófito, presente em terrenos secos e rochosos, com preferência para solos calcários e de alta fertilidade (LORENZI, 2008; ANDRADE, 2011). O tronco é curto e tortuoso na Caatinga e reto na Floresta Pluvial. A casca externa tem coloração castanho escura, áspera, suberosa, sulcada, subdividida em placas escamiformes retangulares. As folhas são compostas, imparipinadas, alternas, com cinco a sete pares de folíolos opostos, ovados, com odor de terebentina (lembra manga) (ALMEIDA et al., 1998; FIGUEIRÔA et al., 2004; LORENZI et al., 2008). Suas mudas se desenvolvem melhor em pleno sol (SCALON et al., 2012) e seu crescimento é de lento a moderado, com produtividade de $5,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Embora também

tenha comportamento de pioneira antrópica, plantios em pleno sol não são recomendados, mas sim, plantios mistos (em consórcio) com espécies pioneiras, dada a ecologia da espécie, classificada como secundária (CARVALHO, 2003).

Embora existam relatos de monoiccia e hermafroditismo (NOGUEIRA et al., 1982; SANTIN; LEITÃO FILHO, 1991; CARVALHO, 1994), a espécie é classificada como dioica. Suas flores são unissexuais, polinizadas por abelhas e frutos anemocóricos. Contém apenas uma semente por fruto, originárias de cruzamentos, ortodoxas e sem dormência (MEDEIROS, 1996; NUNES et al., 2008). Os frutos são do tipo drupa globosa ou ovóide, com cálice persistente, como se fosse um "fruto-semente" (FIGUEIROA et al., 2004; FELICIANO et al., 2008). A viabilidade das sementes se mantém até 30 meses após a colheita e o vigor, até seis meses, desde que armazenados em câmara fria e seca (CALDEIRA, 2007).

Suas inflorescências são panículas terminais, de flores amarelas, com florescimento entre junho e julho, em estado decíduo; os frutos possuem sépalas persistentes, e maturação completa no fim de setembro e outubro. A polinização é feita por abelhas e outros insetos pequenos. Os frutos são dispersos por anemocoria, servem de alimento para papagaios e periquitos (LORENZI, 1992; CARVALHO, 1994). Apresenta boa sincronidade no florescimento e frutificação entre os indivíduos, em que o primeiro ocorre no período de déficit hídrico, com alto sincronismo e produtividade (CARVALHO, 1994; BERTONHA et al., 2016). Quanto à frutificação, os fatores que a influenciam são, principalmente, fotoperíodo, precipitação, temperatura, polinizadores e dispersores de frutos e sementes (SPINA et al., 2001).

A. urundeuva está comumente associada com *Piptadenia* spp., *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna (Malvaceae), *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos (Bignoniaceae) e *Hymenaea stigonocarpa* Mart ex. Hayne (Fabaceae) ou *Hymenaea*

courbaril Mart. ex Hayne (Fabaceae) em formações florestais primárias, enquanto, em formações secundárias, ocorre em povoamentos quase puros e plantas de diferentes idades (FAO, 1986). Também pode ser encontrada em grupos, como manchas, nas populações naturais, com menos de 100 indivíduos, em áreas fragmentadas. Essas manchas são, provavelmente, resultantes da dispersão de sementes das matrizes próximas, causando estruturação genética espacial intrapopulacional (MORAES et al., 2005; LORENZI, 2008). No Estado de São Paulo é pouco observada, presente apenas em Unidades de Conservação e Reservas Legais (MORAES et al., 2005).

A madeira da aroeira pode ser usada como vigas, postes, dormentes e carvão. A árvore é apícola, ornamental, forrageira e também usada no reflorestamento (RIZZINI, 1971; SANTIN; LEITÃO FILHO, 1991; LORENZI, 1992; CARVALHO, 1994). Também pode ser utilizada na construção civil, na arborização urbana, no tratamento de couro e na medicina popular (LORENZI, 1992; ALBUQUERQUE et al., 2004). Na medicina popular, o uso é contra inflamações uterinas, de boca e garganta (MONTEIRO et al., 2006; LUCENA et al., 2008), atividade analgésica e anti-inflamatória (VIANA et al., 2003), diarreia (CHAVES et al., 1998), antioxidante (DESMARCHELIER et al., 1999) e antisséptico em fraturas e ferimentos. O óleo essencial da planta tem ação antimicrobiana e repelente, combatendo a micoses, candidíase e alguns tipos de câncer, por ter ação regeneradora de tecidos, além de ser indicada para limpeza de pele, coceiras, acne e manchas (BALBACH, 1995; OLIVEIRA et al., 2010). Apesar disso, não costuma ser cultivada em locais de fácil acesso, devido aos seus princípios alergênicos (ALMEIDA et al., 1998).

2.4. Conservação genética da aroeira

É qualificada como "pouco preocupante" pela Conservação Internacional (IUCN) e pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), em 2019 (SILVA-LUZ et al., 2019). Sua exploração ainda é proibida pela Portaria n° 83, de 26 de setembro de 1991, a menos que seja elaborado um Plano de Manejo Florestal de Rendimento Sustentado, com aprovação do ICMBio, graças aos seus múltiplos usos, e por isso, ainda atrai a exploração ilegal (SANTOS, 1987; RIZZINI, 1995; MORAES; FREITAS, 1997). Foi, anteriormente, classificada como vulnerável e ameaçada de extinção, retirada da Lista Vermelha em 2013 (IBAMA, 1992; MMA, 2014), devido às suas características madeireiras, compatível com madeiras nobres e de alto valor econômico. Também estava presente na Instrução Normativa n° 06, de 23 de setembro de 2008, incluída na lista de espécies ameaçadas de extinção (MMA, 2008). Apesar de tudo, a capacidade de sobrevivência da espécie está comprometida (FREITAS et al., 2006).

Conservar a diversidade genética das espécies é importante, principalmente em situações em que não existem opções simultâneas de conservação *in situ*, *ex situ*, ou *on farm* (ROGERS, 2003). Em longo prazo, a conservação de germoplasma torna-se importante não só para a sobrevivência das espécies, mas também pela manutenção do conjunto gênico, com variabilidade suficiente, necessária para a adaptação das espécies às mudanças ambientais (LANDE, 1995; AYALA, 1997; MEFTE; CARROLL, 1997).

A avaliação de parâmetros genéticos é importante para orientar futuras estratégias de conservação e melhoramento em espécies arbóreas (CHINELATO et al., 2014). Com relação aos parâmetros genéticos da espécie, há ampla literatura disponível a respeito (Tabela 2), principalmente relacionados à caracteres quantitativos, sob a forma de testes de progênies de polinização aberta.

Tabela 2 - Estimativas de parâmetros genéticos para altura (ALT) e diâmetro a altura do peito (DAP) em *Astronium urundeuva*, para diferentes idades (em anos).

TP	Procedência	Variável	Idade (anos)	$CV_{g(p)}$ (%)	h_a^2	$h_{m(p)}^2$	Fonte
AMA	Paulo de Faria (SP)	ALT	2	6,90	NA	0,40	OLIVEIRA et al. (2000)
			3	5,80	0,14	NA	FREITAS et al. (2006)
			4	6,50	0,28	NA	FREITAS et al. (2006)
			10	2,39	0,01	0,06	CANUTO (2009)
		DAP	10	1,22	0,01	0,01	CANUTO (2009)
			11	3,35	0,04	0,07	MORAES et al. (2012)
APSS	Selvíria (MS)	ALT	0,58	16,20	0,26	0,63	ZULIAN et al. (2021)
AROCAN	Aramina (SP)	ALT	9	NA	0,00	NA	BALERONI et al. (2003)
			10	NA	NA	NA	BALERONI et al. (2003)
			15,5	1,50	0,02	0,06	GUERRA et al. (2009)
		DAP	9	NA	NA	NA	BALERONI et al. (2003)
			10	NA	NA	NA	BALERONI et al. (2003)
			15,5	0,79	0,00	0,01	GUERRA et al. (2009)
	Selvíria (MS)	ALT	9	3,90	0,08	0,03	BALERONI et al. (2003)
			10	5,62	0,16	0,40	BALERONI et al. (2003)
			15,5	4,02	0,11	0,28	GUERRA et al. (2009)
DAP	9	6,70	0,10	0,52	BALERONI et al. (2003)		
	10	6,17	0,16	0,44	BALERONI et al. (2003)		
	15,5	7,62	0,27	0,58	GUERRA et al. (2009)		
ASO	Paulo de Faria (SP)	ALT	3	NA	NA	NA	FREITAS et al. (2006)
			4	NA	NA	NA	FREITAS et al. (2006)
			10	2,22	0,04	0,10	CANUTO (2009)
			16	6,70	0,06	0,19	BERTONHA et al. (2016)
		DAP	10	4,76	0,16	0,43	CANUTO (2009)
			11	4,35	0,08	0,32	MORAES et al. (2012)

TP	Procedência	Variável	Idade (anos)	$CV_{g(p)}$ (%)	h_a^2	$h_{m(p)}^2$	Fonte
			16	5,90	0,12	0,44	BERTONHA et al. (2016)
BAG	Rosana (SP)	ALT	9,3	11,71	NA	0,42	RODRIGUES (2010)
		DAP	9,3	19,94	NA	0,56	RODRIGUES (2010)
CUIA	Cuiabá (MT)	ALT	8	5,00	0,22	0,60	SORATO (2019)
		DAP	8	6,50	0,20	0,55	SORATO (2019)
EELA	Luiz Antônio (SP)	ALT	17	NA	NA	NA	FREITAS et al. (2007)
		DAP	17	6,33	0,15	0,52	FREITAS et al. (2007)
EEP	Pederneiras (SP)	ALT	31	19,60	0,50	NA	MARTINS et al. (2018)
		DAP	31	32,80	0,58	NA	MARTINS et al. (2018)
EEPi	Iacanga (SP)	ALT	8	11,30	0,48	0,84	SEBBENN; ETTORI (2001)
		DAP	8	13,00	0,64	0,83	SEBBENN; ETTORI (2001)
EUCA	Paulo de Faria (SP)		3	7,40	0,37	NA	FREITAS et al. (2006)
		ALT	4	6,60	0,31	NA	FREITAS et al. (2006)
			10	7,74	0,43	0,55	CANUTO (2009)
			16	8,90	0,23	0,31	BERTONHA et al. (2016)
		DAP	10	5,34	0,33	0,48	CANUTO (2009)
			11	9,41	0,55	0,62	MORAES et al. (2012)
16	12,70		0,31	0,40	BERTONHA et al. (2016)		
FRUTI	Aquidauana (MT)	ALT	5	5,00	0,19	0,68	SOUZA (2017)
		DAP	5	5,30	0,10	0,52	SOUZA (2017)
GO	Itarumã (GO)	ALT	3	7,52	0,10	0,42	CANUTO (2009)
			11	6,90	0,33	0,70	SOUZA (2017)
		DAP	3	4,83	0,12	0,42	CANUTO (2009)
			11	10,80	0,41	0,80	SOUZA (2017)
			12	10,20	0,39	0,79	SANTANA (2017)
MG	Ituiutaba (MG)	ALT	1	20,50	0,13	0,62	SAUL et al. (2020)
MISTO		ALT	8	5,05	0,36	0,51	SEVERO (2004)

TP	Procedência	Variável	Idade (anos)	$CV_{g(p)}$ (%)	h_a^2	$h_{m(p)}^2$	Fonte	
	Selvíria (MS)		14	17,80	0,43	0,67	OTSUBO et al. (2015)	
			22	9,76	NA	0,66	CAMBUIM (2017)	
			23	8,63	0,61	0,69	CAPO (2019)	
			8	7,42	0,39	0,59	SEVERO (2004)	
			DAP	14	22,90	0,38	0,62	OTSUBO et al. (2015)
			22	10,95	NA	0,68	CAMBUIM (2017)	
			23	9,70	0,32	0,49	CAPO (2019)	
MULTI	Ribeirão Preto (SP)		4	10,12	0,30	0,54	PUPIN (2011)	
			4,7	13,34	0,46	0,64	PUPIN (2011)	
			9	12,69	0,15	0,35	PUPIN et al. (2017)	
			12	9,12	0,32	0,55	SAUL (2020)	
			4	11,57	0,26	0,50	PUPIN (2011)	
			DAP	4,7	11,37	0,25	0,48	PUPIN (2011)
			9	18,41	0,20	0,43	PUPIN et al. (2017)	
			12	10,90	0,27	0,50	SAUL (2020)	
NEL	Ribeirão Preto (SP)		ALT	12	11,85	0,61	0,72	SAUL (2020)
			DAP	12	12,10	0,40	0,50	SAUL (2020)
Pantanal	Santo Antônio do Leverger (MT)		ALT	2	15,40	0,05	0,19	COSTA et al. (2011)
				2	12,58	0,03	0,09	CARDERALLI et al. (2013)
PFNE	Paulo de Faria (SP)		ALT	1	1,73	0,01	0,06	FONSECA et al. (2003)
				2	5,85	0,28	0,51	FONSECA et al. (2003)
				10	1,19	0,01	0,03	CANUTO (2009)
				18	2,70	0,04	0,15	SOUZA (2017)
			DAP	10	6,10	0,20	0,35	CANUTO (2009)
				11	0,98	0,00	0,02	MORAES et al. (2012)
			18	1,50	0,01	0,04	SOUZA (2017)	

TP	Procedência	Variável	Idade (anos)	$CV_{g(p)}$ (%)	h_a^2	$h_{m(p)}^2$	Fonte			
	Seridó (RN)	ALT	19	2,90	0,03	0,12	SANTANA (2017)			
			1	4,54	0,08	0,36	FONSECA et al. (2003)			
			2	7,69	0,35	0,75	FONSECA et al. (2003)			
			10	10,76	0,34	0,76	CANUTO (2009)			
			18	9,30	0,34	0,65	SOUZA (2017)			
		DAP	10	8,65	0,34	0,64	CANUTO (2009)			
			18	12,30	0,33	0,76	SOUZA (2017)			
			19	11,80	0,36	0,76	SANTANA (2017)			
			BAU	Bauru (SP)	ALT	1	0,00	0,00	0,00	MORAES et al. (1992)
						2	2,71	0,02	0,02	MORAES et al. (1992)
3	5,70	0,21				0,21	MORAES et al. (1992)			
3,5	2,68	0,05				0,09	MORAES (1992)			
4	3,30	0,08				0,09	MORAES et al. (1992)			
14	5,73	0,28				0,32	BALERONI et al. (2003)			
15	2,29	0,04				0,05	BALERONI et al. (2003)			
DAP	20	5,42	0,30	0,49	CANUTO (2009)					
	31	4,45	0,11	0,33	RIVA (2020)					
	14	6,12	0,13	0,34	BALERONI et al. (2003)					
	15	3,97	0,07	0,13	BALERONI et al. (2003)					
	20	1,99	0,02	0,06	CANUTO (2009)					
	29	5,60	0,11	0,29	SANTANA (2017)					
SEL	Selvíria (MS)	ALT	31	1,46	0,01	0,04	RIVA (2020)			
			1	0,00	0,00	0,00	MORAES et al. (1992)			
			2	0,00	0,00	0,00	MORAES et al. (1992)			
			3	2,45	0,04	0,03	MORAES et al. (1992)			
			3,5	3,80	0,10	0,24	MORAES (1992)			

TP	Procedência	Variável	Idade (anos)	$CV_{g(p)}$ (%)	h_a^2	$h_{m(p)}^2$	Fonte
			4	3,11	0,07	0,06	MORAES et al. (1992)
			14	0,63	0,00	0,00	BALERONI et al. (2003)
			15	6,09	0,27	0,31	BALERONI et al. (2003)
			20	3,70	0,12	0,24	TUNG et al. (2010)
			20	3,25	0,09	0,19	CANUTO (2009)
			28	3,90	0,10	0,18	SOUZA (2017)
			31	3,94	0,11	0,22	RIVA (2020)
			14	9,08	NA	NA	BALERONI et al. (2003)
			15	1,91	0,02	0,04	BALERONI et al. (2003)
			20	6,10	0,08	0,25	TUNG et al. (2010)
		DAP	20	7,02	0,32	0,67	CANUTO (2009)
			28	5,60	0,10	0,32	SOUZA (2017)
			29	5,40	0,12	0,32	SANTANA (2017)
			31	1,56	0,01	0,04	RIVA (2020)
		ALT	4,5	5,75	0,17	NA	FREITAS et al. (2002)
			15	2,54	0,02	0,30	CANUTO (2009)
SPL	Petrolina (PE)		15	4,73	0,11	0,69	CANUTO (2009)
		DAP	24	3,50	0,03	0,12	SANTANA (2017)

TP = testes de progênies; AMA = aroeira/mutambo/angico; APSS = área de produção de sementes especial; AROCAN = aroeira/candiúba; ASO = aroeira solteira; BAG = banco ativo de germoplasma da Usina de Porto Primavera; CUIA = aroeira da Baixada Cuiabana; EELA = Estação Ecológica de Luiz Antônio; EEP = Estação Ecológica de Pederneiras; EEPi = Estação Ecológica de Pederneiras, em Iacanga; EUCA = aroeira/eucalipto/jatobá do Cerrado; FRUTI = aroeira/jenipapo/frutíferas; GO = aroeira/louro-pardo; MG = aroeira/baru/mogno; MISTO = aroeira/capitão do campo/gonçalo-alves; MULTI = aroeira/jacarandá caroba/louro-pardo/canudo de pito; NEL = aroeira solteira em espaçamento tipo leque (“Nelder”); Pantanal = aroeira solteira; PFNE = aroeira solteira; BAU = aroeira solteira; SEL = aroeira solteira; SPL = aroeira/eucalipto/canafistula/jerivá; $CV_{g(p)}$ = coeficiente de variação genética aditiva em nível de progênies; h_a^2 = herdabilidade individual no sentido restrito; $h_{m(p)}^2$ = herdabilidade em nível de média de progênies; NA = caráter ou parâmetro não avaliado.

Não existem regulamentações específicas que levem em consideração as peculiaridades das espécies tropicais quanto aos seus processos reprodutivos, e quando existem, são insuficientes (KANASHIRO et al., 2002). Por isso, a sustentabilidade ecológica de planos de manejo florestais deve incluir critérios e indicadores, para garantir a manutenção da variabilidade genética das espécies e dos processos a elas correlacionados (MAUÉS; OLIVEIRA, 2010). Conhecer a reprodução das espécies se torna importante, por fornecer informações quanto à tomada de decisões do manejo, garantindo não só a reprodução, mas também a manutenção da diversidade genética das espécies, levando em consideração as populações de polinizadores, a fim de manter a capacidade reprodutiva das populações (MAUÉS; OLIVEIRA, 2010). Conhecer os padrões de distribuição dos genótipos na paisagem geográfica é extremamente importante para a conservação dos recursos naturais, pois ajuda na definição de locais e estratégias de conservação para espécies ameaçadas (MELO et al., 2015).

2.5. Melhoramento da Aroeira

O melhoramento tem mostrado resultados quanto ao aumento da produção e produtividade, para a obtenção de novos cultivares, adaptados às necessidades locais de ambiente e de mercado (BORÉM; MIRANDA, 2013).

A seleção de plantas, inicialmente empírica, buscava variedades e espécies desejáveis, o que resultou nas primeiras mudanças alélicas propositais, a partir dos instintos e observações de agricultores (BORÉM; MIRANDA, 2013). Esses mesmos agricultores são responsáveis pela dispersão da diversidade genética, ao trocar materiais, por serem detentores do conhecimento das particularidades do manejo das espécies, além de promover a conservação *in situ*, na agricultura tradicional (GALETTI JR. et al., 2008). Ainda, os

pequenos agricultores podem ser chamados de melhoristas incipientes, pois praticaram seleção massal, que possibilitou a domesticação das espécies, de plantas silvestres a adaptadas ao cultivo (PINTO, 2009).

Programas de melhoramento em espécies arbóreas são lentos porque as espécies não formam sementes em prazos mais curtos e porque a avaliação dos fenótipos de interesse requer ciclos relativamente mais longos que em uma espécie agrícola, por exemplo (RODRIGUES et al., 2016). Além disso, a rotatividade da equipe de trabalho e a falta (ou perda) de registros de trabalho, a grande quantidade de trabalho e esforço das equipes, a baixa representatividade de indivíduos no campo são dificuldades encontradas para a continuidade dos projetos (PINTO, 2009; PIRES et al., 2011). Ainda assim, as espécies florestais tem a vantagem de manter alta variabilidade numa mesma população, sem submissão à seleção artificial (PINTO, 2009).

Estudos que envolvem espécies nativas são incipientes, concentrados em institutos florestais estaduais, na Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e universidades, a partir de projetos, teses e dissertações (PIRES et al., 2011; RODRIGUES et al., 2016), com foco principal em espécies frutíferas e algumas de importância madeireira.

Em plantas nativas do Cerrado, a variação fenotípica sofre bastante influência de componentes ambientais não controlados (antropização, solo, clima, idade dos indivíduos e diferenças genéticas) (MOURA et al., 2013). Boa parte do manejo de espécies nativas, quando existente, é majoritariamente extrativista (RIBEIRO; RODRIGUES, 2006; PIMENTA et al., 2014; ARRUDA et al., 2016), além do fato de boa parte das espécies com potencial de utilização estarem ameaçadas, devido à expansão agrícola (RIBEIRO; RODRIGUES, 2006; MOURA et al., 2013; BELO, 2014; BELO et al., 2019).

Dadas as perdas de habitat no Cerrado, estabelecer bancos de germoplasma, para avaliação de caracteres genéticos, faz parte das estratégias de conservação e melhoramento das espécies (RODRIGUES et al., 2016). Alternativas ao melhoramento genético de espécies nativas em plantios puros visa o plantio de florestas mistas, para conservação genética e recuperação ambiental (PIRES et al., 2011).

Com a crescente demanda por produtos madeireiros e não madeireiros das espécies nativas, torna-se importante a criação de áreas de produção de sementes e uso de estratégias de melhoramento com potencial econômico, a fim de garantir qualidade genética para fins comerciais e ambientais (FREITAS et al., 2015). Das poucas espécies exploradas comercialmente, sua procedência geralmente vem de populações naturais sem registro, ou áreas de fácil acesso (hortos, praças, parques, etc.), sem considerar um critério mínimo amostral (FREITAS et al., 2015). O método mais adequado para um programa de melhoramento genético florestal consiste em estabelecer ensaios comparativos de materiais promissores (raças locais, procedências, progênies), com rigoroso delineamento experimental (VAN LEEUWEN et al., 2005). Para espécies sem algum grau de melhoramento, adota-se a seleção massal, com base em caracteres de produção (FREITAS et al., 2015). Enquanto isso, a seleção recorrente é dependente da variabilidade nas populações que, com ampla base genética, favorece a fixação de alelos favoráveis (PEREIRA; VENCOVSKY, 1988; RAMALHO, 1996). Ela recombina os indivíduos selecionados, a fim de formar uma nova população, que é usada em um novo ciclo, com o objetivo de melhorar a expressão do caráter sob seleção, terminando apenas quando houver o desempenho desejado (CARGNIN, 2007).

2.6. Mudanças climáticas

As mudanças climáticas afetam diversos setores essenciais ao desenvolvimento humano: a saúde (propagação de vetores), os sistemas urbanos e as atividades econômicas, que devem ser reconsiderados, a fim de evitar a intensificação da emissão de gases de efeito estufa de ação antropogênica. A adoção de medidas políticas embasadas em conhecimento científico tem por objetivo adaptar a vida social aos efeitos presentes e futuros ao planeta (CONTIPELLI, 2018).

As discussões sobre mudanças climáticas devem reconhecer as escalas espaciais e temporais do sistema em análise, os mecanismos físicos e tipos de variabilidade natural (o clima), considerando o tempo geológico. Em outras palavras, o clima do mundo está mudando, sempre mudou, e sempre mudará (OLIVEIRA et al., 2015).

As projeções mostram que, neste século, se a temperatura continuar a subir, a eficiência fotossintética será influenciada; temperaturas mais altas oxidam a matéria orgânica do solo e haverá mais perdas de carbono nos solos das florestas. Dilemas éticos também foram levantados: pelo menos um bilhão de pessoas não emitiram quase nada de CO₂ e é onde a maior parte dos impactos acontecerá, ou seja, onde há pobreza no mundo (NOBRE et al., 2012).

Por envolverem interações complexas de temperatura, precipitação e variabilidade (sazonal e histórica), as temperaturas médias anuais são utilizadas para as medições, pois permitem uma análise histórica e predita; suas modificações também são menos incertas do que as da precipitação (LOARIE et al., 2009). Banalizadas ou pouco aceitas no cotidiano, as mudanças causadas pelos seres humanos, como agente biótico, tais como mudanças na composição química da atmosfera, poluição, uso da terra, mudança de cobertura vegetal e mudanças no clima ao mesmo tempo, é a primeira vez que, na história da Terra, essas

alterações são definidas como problema e dificultam a criação e a implantação de políticas preventivas (MARTINS et al., 2010). Porém, ao se considerar a escala de tempo geológica, o ser humano é um pequeno ponto de interferência na existência do planeta, mas sacrificando possivelmente a sua própria existência (STEEGE, 2010).

Modelos são utilizados para avaliar a distribuição da fauna e da flora, embora não sejam acurados suficientemente (DAWSON et al., 2011; CHAPMAN et al., 2014; ALVARES et al., 2021). Mesmo que as predições, em sua maioria, sejam catastróficas, possuem um papel importante no desenvolvimento de estratégias para a redução dos impactos. A fim de desenhar inferências, consultam dados paleontológicos, dados recentes, experimentos, observações e meta-análises (LEPETZ et al., 2009). No entanto, ficam concentrados em apenas um tipo de resposta, geralmente relacionada às mudanças espaciais, sem considerar os outros aspectos (BELLARD et al., 2012).

Ao considerar isoladamente cada espécie, sua vulnerabilidade depende de vários fatores (grau de exposição, sensibilidade, capacidade de adaptação). Predições são necessárias, mas são difíceis de formular (DAWSON et al., 2011) e geram pelo menos três tipos de respostas: espaciais (condições de distribuição em área), temporal (diário ou sazonal, respostas fenológicas ou migratórias) e intrínsecas (adaptação) (BELLARD et al., 2012). Uma falha em qualquer uma das três significa extinção da espécie.

O Brasil teoricamente não estava no grupo dos países ou regiões mais vulneráveis às mudanças climáticas, mas isso não nos deixa seguros, uma vez que a economia tem forte dependência dos recursos naturais renováveis, tornando-nos potencialmente vulneráveis às mudanças. No aspecto ambiental, por ser um país tropical e megadiverso, a fauna e a flora possuem pouca elasticidade adaptativa às mudanças abruptas, ou seja, nosso patrimônio biológico é sim muito vulnerável (NOBRE, 2008). As mudanças mais significativas para o

país são: aumento de temperatura, mudança nos padrões de pluviosidade e alteração na distribuição de eventos extremos (secas, inundações, penetração de frentes frias, geadas, etc.), intensificação da variação climática (El Niño e La Niña) em associação ao efeito estufa e aumento no nível do mar (NOBRE, 2001). O impacto nas culturas agrícolas brasileiras pode chegar a perdas de, pelo menos, US\$ 9 bilhões, principalmente devido às mudanças de temperatura e precipitação (PINTO et al., 2008). Também pode haver aumento da utilização de água para irrigação (GONDIM et al., 2008) e da suscetibilidade a pragas e doenças (GHINI et al., 2011).

Os atuais desafios na agricultura têm mostrado oportunidades para ações de diferentes áreas para mitigar os efeitos das mudanças climáticas: manejo e boas práticas, pesquisa, ensino, extensão e infraestrutura, redução de perdas na alimentação e no lixo (BORÉM; MIRANDA, 2013).

No Cerrado, 50 a 90% das espécies sofrerão redução na distribuição geográfica (SIQUEIRA; PETERSON, 2003). Essas mudanças podem estar relacionadas, principalmente, com as de importância econômica, pois podem não ser mais viáveis no futuro (NABOUT et al., 2011). Existem estudos filogenéticos que sugerem que as espécies de Cerrado e Savana têm origem nas florestas, há pelo menos 10 milhões de anos (SIMON; PENNINGTON, 2012), o que facilita a comparação entre espécies de ambos os biomas, a fim de compreender as diferentes pressões de seleção nas espécies dentro dos respectivos biomas.

As melhores oportunidades para mitigação estão no controle do desmatamento, na ocupação de áreas degradadas e no aumento da eficiência de tecnologias renováveis (como o etanol). As grandes barreiras quanto ao progresso sobre as mudanças climáticas no Brasil estão assentadas nas ideias tradicionais com relação ao uso dos recursos naturais em curto

prazo e nas questões de soberania nacional, pouquíssimo adaptadas aos desafios da economia global (VIOLA, 2013).

A concorrência com as *commodities* agrícolas e suas fronteiras faz com que os plantios florestais sejam instalados em áreas de condições mais restritas, com perdas consideráveis na produção (ALVARES et al., 2021). As projeções para o Brasil, independente dos cenários relatados pelo IPCC (IPCC, 2021), mostram expansão dos climas tropicais a áridos: áreas úmidas (Amazônia) passarão a climas tropicais secos a áridos (ALVARES et al., 2021). O avanço de climas mais áridos nas atuais áreas tropicais é esperado, com maior ocorrência de eventos extremos (seca, calor severo, poucas chuvas) e terceiros (incêndios, desequilíbrios ecológicos, aumento de pragas e doenças, morte em larga escala) em plantios florestais (ALVARES et al., 2021).

As tendências futuras para o Brasil, dentro das regiões que abrangem o Cerrado, variam entre 1 a 6 °C mais quente, com aumento de chuvas intensas irregulares (BRASIL, 2016). No Centro-Oeste, em especial, o aumento da deficiência hídrica poderá promover a redução na produtividade florestal, uma vez que o incremento médio anual é diretamente afetado pela disponibilidade de água no solo, ao longo dos anos, mesmo nas espécies mais adaptadas a esse cenário limitante (ASSAD et al., 2021)

Embora haja escassez de informação sobre a capacidade de adaptação das espécies nativas do Cerrado, sabe-se que elas estão mais adaptadas às condições de déficit hídrico, recomendadas para condições mais restritivas de solo e clima (VALADARES et al., 2015). O que se sabe é que existe a possibilidade de que espécies de importância econômica do Cerrado vão trocar de distribuição, o que implica em potenciais mudanças socioeconômicas no seu padrão de uso, sobretudo no extrativismo (SIMON et al., 2013).

3. DESCRIÇÃO DAS POPULAÇÕES E DAS ÁREAS DE ESTUDO

As populações utilizadas nos três experimentos são procedentes dos municípios de Paulo de Faria-SP (PF), Itarumã-GO (GO) e Cuiabá-MT (CUIA), em que GO e CUIA são de áreas de Cerrado, enquanto PF vem de uma área de transição Cerrado-Mata Atlântica (Figura 4). De acordo com a classificação nas ecorregiões do Instituto Life (2015), CUIA é classificada como pertencente à ecorregião Cerrado, enquanto GO e PF também estão inseridas no Cerrado, mas também na ecorregião de Florestas do Interior do Paraná/Paranaíba (Figura 5).

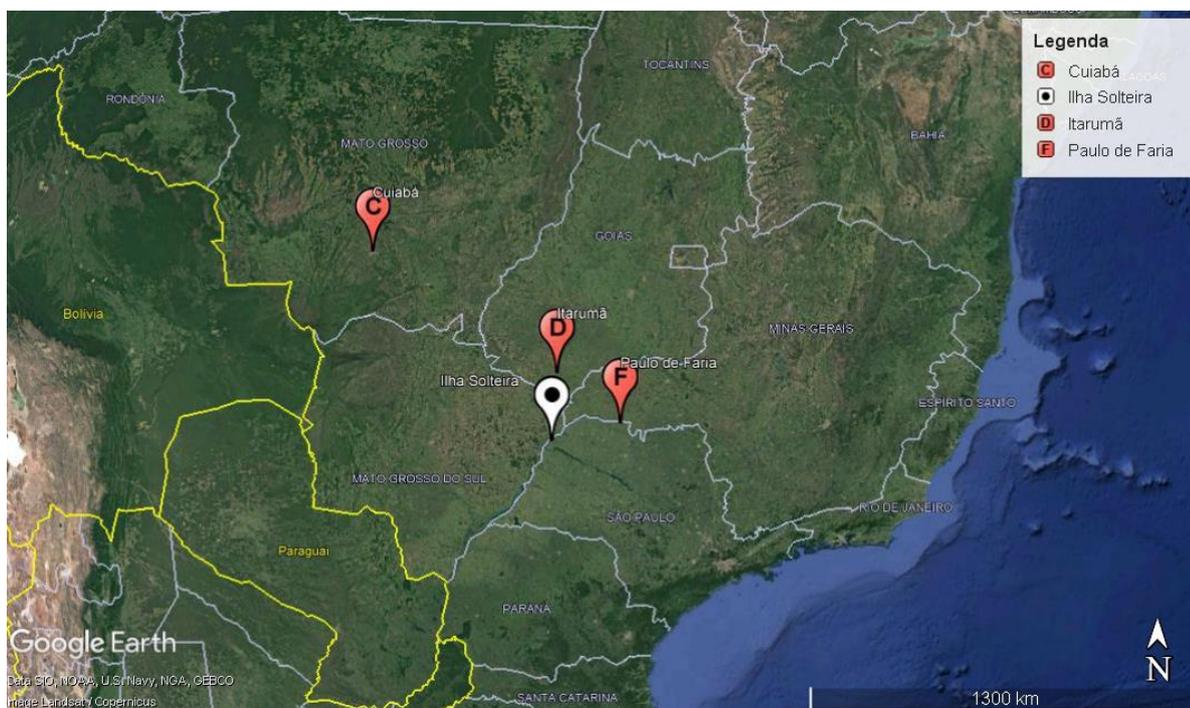
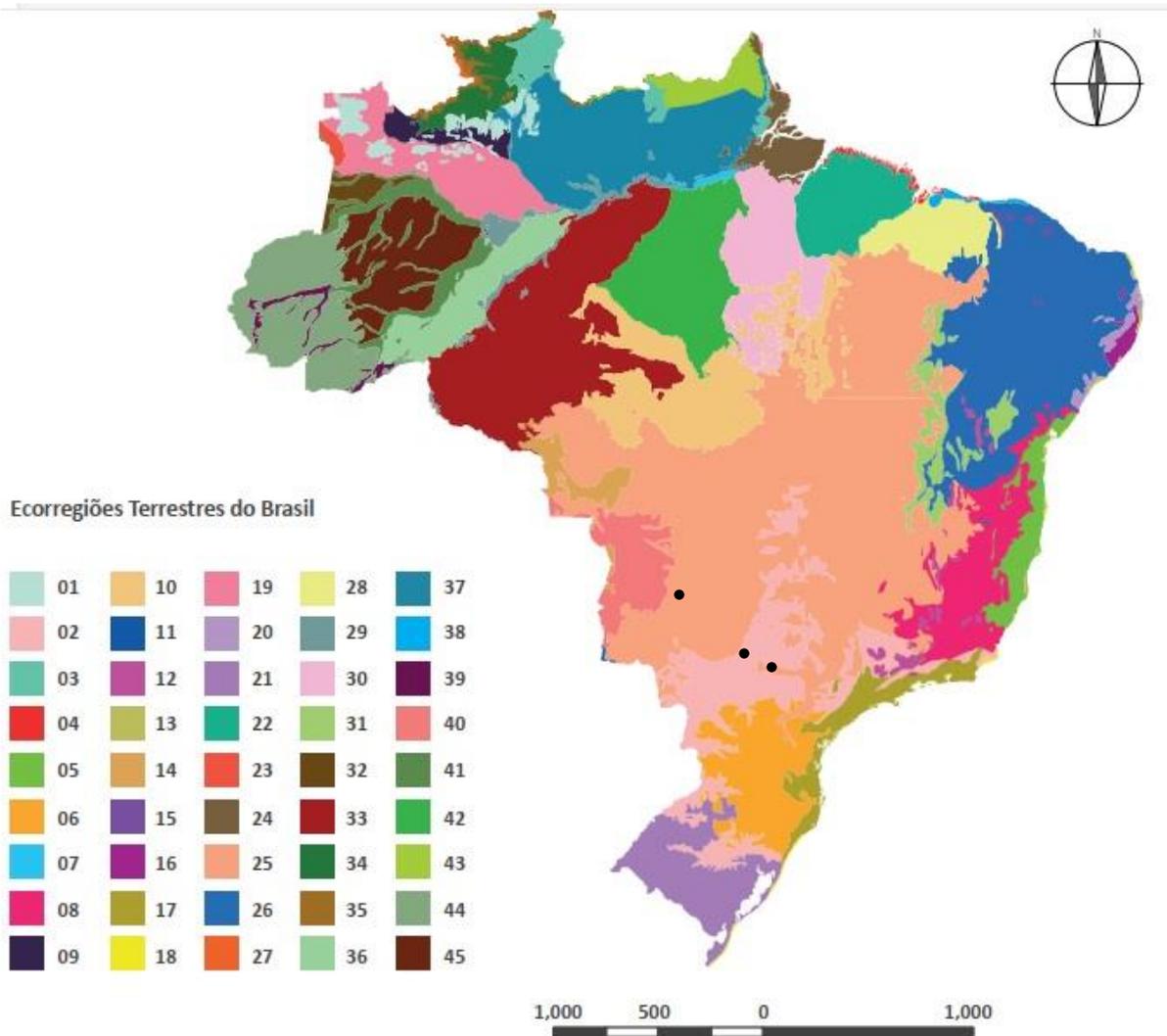


Figura 4 – Localização das populações naturais de coleta de sementes de aroeira. Fonte: Google Earth, 2021.



Legenda

- | | | |
|--|--|---|
| 1. Campinaras de Alto Rio Negro | 15. Brejos Nordestinos | 30. Interflúvio do Xingu/Tocantins-Araguaia |
| 2. Florestas do Interior do Paraná/Paranaíba | 16. Florestas Costeiras de Pernambuco | 31. Florestas Secas do Nordeste |
| 3. Savanas das Guianas | 17. Florestas Costeiras da Serra do Mar | 32. Interflúvio do Solimões/Japurá |
| 4. Manguezais do Maranhão | 18. Restingas da Costa Atlântica | 33. Interflúvio do Madeira/Tapajós |
| 5. Floresta Costeira da Bahia | 19. Interflúvio do Japurá/Solimões-Negro | 34. Florestas de Terras Baixas das Guianas |
| 6. Florestas de Araucária | 20. Florestas do Interior de Pernambuco | 35. Florestas de Altitude das Guianas |
| 7. Várzeas do Gurupá | 21. Campos Sulinos | 36. Interflúvio do Purus/Madeira |
| 8. Florestas do Interior da Bahia | 22. Interflúvio do Tocantins-Araguaia/Maranhão | 37. Interflúvio do Uamatá/Trombetas |
| 9. Interflúvio de Negro/Branco | 23. Florestas do Caqueta | 38. Restingas Costeiras do Nordeste |
| 10. Florestas Secas do Mato Grosso | 24. Várzeas do Marajó | 39. Várzea de Iquitos |
| 11. Chaco Úmido | 25. Cerrado | 40. Pantanal |
| 12. Campos Rupestres | 26. Caatinga | 41. Várzea do Purus |
| 13. Manguezais do Rio Piranhas/Manguezais da Ilha Grande/Manguezais do Rio São Francisco | 27. Tepuis | 42. Interflúvio do Tapajós/Xingu |
| 14. Florestas Secas de Chiquitano | 28. Florestas de Babaçu do Maranhão | 43. Florestas das Guianas |
| | 29. Várzeas de Monte Alegre | 44. Sudoeste da Amazônia |
| | | 45. Interflúvio do Juruá/Purus |

Figura 5 – Localização das ecorregiões para as populações naturais de coleta de sementes de aroeira. Pontos em preto indicam as populações naturais. Fonte: Instituto Life, 2015.

A população natural que deu origem ao teste de progênies CUIA está situada na região da Baixada Cuiabana, da Chapada dos Guimarães, a principal unidade de conservação da região (entre 15° 12' e 15° 30' de latitude Sul, 56° 45' e 56° 50' de longitude Oeste, entre 350 e 800 m acima do nível do mar (IBAMA, 1994). Foram coletadas as sementes de 30 matrizes, em sistema de polinização aberta, sob seleção massal, em setembro de 2009 (M. L. T. Moraes, comunicação pessoal). Durante a produção das mudas, uma das 30 progênies não sobreviveu, restando 29 na instalação do teste. É uma região com clima Aw e Cwa, segundo a classificação de Köppen (1948) (BRASIL, 1994), em que o primeiro é típico da Baixada Cuiabana e o segundo, caracteriza o clima tropical de altitude do alto da Chapada. Possui inverno seco, de maio a setembro, e verão chuvoso, de outubro a março, com precipitação média anual entre 1800 e 2000 mm, temperatura média anual entre 22,8 °C em julho e 27,2 °C em outubro (OLIVEIRA-FILHO; MARTINS, 1986; MONTEIRO, 1994). Seus solos são compostos por neossolos quartizárêncios distróficos nos vales e encostas, e latossolo vermelho-amarelo distrófico nas planícies e planaltos (BRASIL, 1982) e composição vegetal com diferentes fitofisionomias do Cerrado *lato sensu*, com florestas semidecíduas, decíduas, de galeria e campos rupestres nas altitudes (VELOSO et al, 1991; IBAMA, 1994).

Já o material do teste de progênies GO vem de sementes procedentes de 30 matrizes, localizadas em áreas de Cerrado altamente antropizadas, no município de Itarumã-GO (18° 44' de latitude Sul e 51° 13' de longitude Oeste, a 480 m acima do nível do mar), cuja coleta foi uma surpresa, afinal, a equipe estava interessada na coleta do baru (*Dipteryx alata* Vogel, Fabaceae) e acabaram por encontrar matrizes de aroeira em campo (J. Cambuim, comunicação pessoal). O teste foi instalado em junho de 2004. O clima é caracterizado como quente e úmido (Aw), chuvas no verão (outubro a março) e inverno seco (junho a setembro) (KÖPPEN, 1948), mas podem ocorrer chuvas frontais no inverno. A precipitação

varia entre 1500 e 1750 mm (BORGES, 2011). A temperatura média anual é de 23,8 °C, mas pode variar entre 20,8 °C em julho e 24,5 °C em outubro (BORGES et al., 2010). Formado por áreas de Latossolo Vermelho-Escuro (EMBRAPA, 1975, 1981; BRASIL, 1982, 1983; AMARAL-FILHO, 1993), Latossolo Vermelho e Argissolos (BORGES et al., 2010). São predominantes as áreas de Cerrado e Floresta Estacional Semidecidual, com intensa atividade antrópica (OLIVEIRA NETO, 2000).

O material do teste PF tem origem na Estação Ecológica de Paulo de Faria (EEPF), um dos últimos remanescentes de área de transição de Mata Atlântica e Cerrado, na Região Norte do Estado de São Paulo, divisa com Minas Gerais (19° 55' a 19° 58' de latitude Sul e 49° 31' a 49° 32' de longitude Oeste) (BERTONHA, 2015). As matrizes de *A. urundeuva* ocorrem na porção norte da EEPF e ocupam, aproximadamente 142 ha (GAINO, 2009). As sementes foram coletadas de matrizes com diâmetro a altura do peito (DAP) superior à 11 cm (BALERONI et al., 2003). A coleta foi feita em setembro de 1996, em 30 árvores matrizes de polinização livre e distribuição aleatória no campo, espaçadas a, pelo menos, 100 m de distância entre si (SEBBENN, 2006). É uma região de clima tropical quente e úmido (Aw), com chuvas no verão (entre novembro e março) e inverno seco (junho a agosto) (KÖPPEN, 1948), com médias anuais de temperatura em 27 °C e precipitação de 1405 mm. A vegetação é composta por áreas de Floresta Estacional Semidecidual (VELOSO, 1991) e Latossolos Vermelhos (EMBRAPA, 1999).

A instalação dos testes de progênies e procedências ocorreram em períodos diferentes, com distribuições distintas de indivíduos nas parcelas (Tabela 3), mas todos instalados na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS), da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), localizada à margem direita do Rio Paraná, no município de Selvíria-MS, a 22°

22' 02' de latitude Sul e 51° 25' 08' de longitude Oeste e 335 metros acima do nível do mar (Figura 6).

Tabela 3 – Caracterização geral das populações de *Astronium urundeuva* do Cerrado em Selvíria-MS.

TP	Proc.	P/P	Prog.	N	Esp. (m)	Rep.	Instalação	Idade (2019)
CUIA	Cuiabá/MT	1	29	615	4 x 3	24	07/01/2010	9
GO	Itarumã/GO	3	30	1080	2 x 6	12	28/06/2004	15
PF	Paulo de Faria/SP	6	30	540	3 x 6	3	12/05/1997	22

TP = testes de progênies; Proc. = procedências; P/P = número de plantas por parcela; Prog.= número de progênies; N = número de indivíduos; Esp.= espaçamento; Rep.= Repetições.

Segundo KÖPPEN (1948), o clima do local é caracterizado como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno (Aw), temperatura média anual de 24,5 °C, precipitação média anual de 1.350 mm e umidade relativa média anual de 66% (HERNANDEZ et al., 1995; SANTOS; HERNANDEZ, 2012). De relevo moderadamente plano a ondulado, é composto por um Latossolo Vermelho distrófico (LVd) típico, compactado, muito profundo e moderadamente ácido (SANTOS et al., 2018).



Figura 6 – Localização dos testes de progênies a Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão, Selvíria-MS. Fonte: Google Earth, 2021.

Enquanto os testes de progênies CUIA e GO são homogêneos, PF é composto de um consórcio com jatobá do Cerrado (Figura 7).

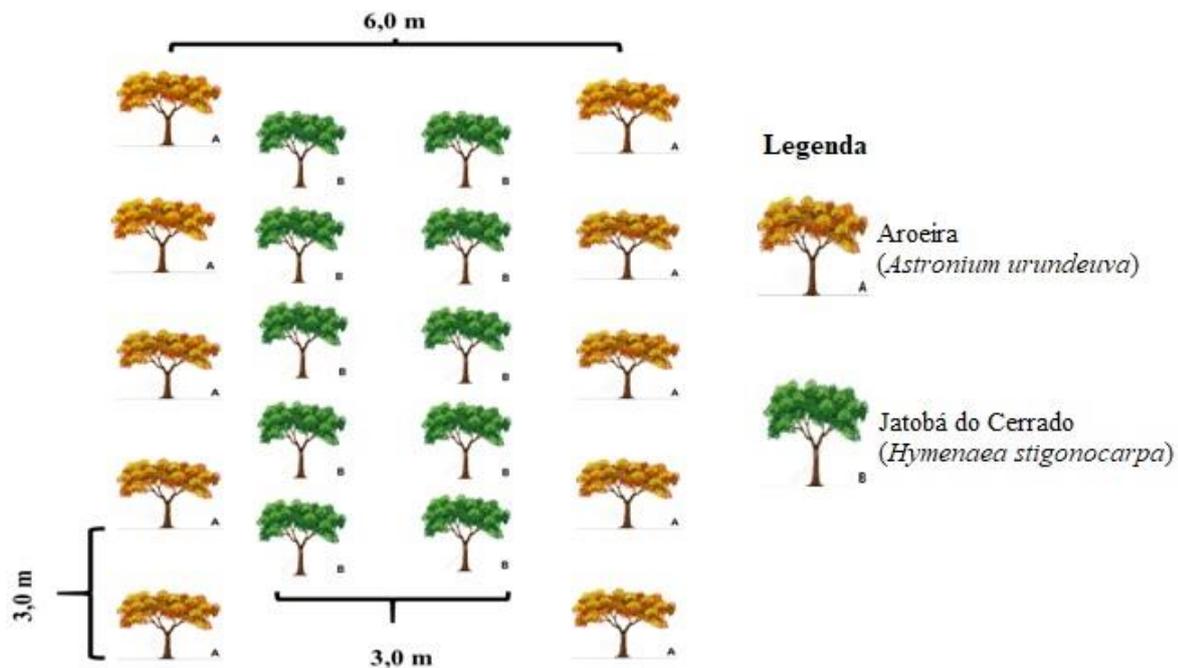


Figura 7 – Croqui da distribuição das aroeiras da população PF. Fonte: Moraes, MLT.

Foram avaliadas todas as plantas dos testes de progênies de três populações, CUIA (Cerrado típico, plantio homogêneo), GO (Cerrado típico, consorciada com *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud., Boraginaceae – louro-pardo) e PF (área de transição Mata Atlântica-Cerrado, consorciada com *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson, Myrtaceae – eucalipto (já explorado) e *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne, Fabaceae – jatobá do cerrado).

As variáveis silviculturais mensuradas nas três populações foram i) altura (ALT, m); ii) diâmetro a altura do peito (DAP, cm); iii) diâmetro médio de copa (DMC, m), em que:

$$DMC = (L_1 + L_2)/2 (L_1 + L_2)/2 \quad \text{Eq. (1),}$$

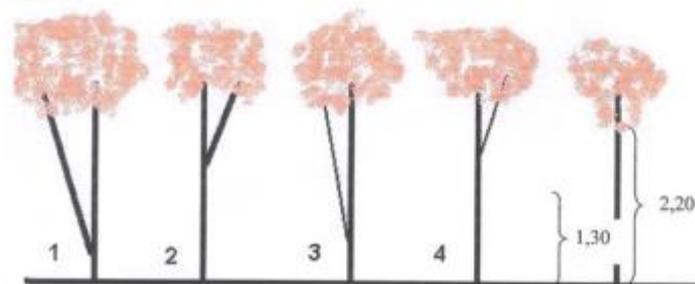
L_1 = leitura na linha e L_2 = leitura na entrelinha; iv) sobrevivência (SOB, %), em que 1 = planta presente e 0 = planta ausente; v) sexagem, avaliada com base no florescimento: 1 =

flores masculinas (♂), 2 = flores femininas (♀), 3 = flores femininas e masculinas (plantas monoicas), 4 = ausência de flores e 5 = presença de flores, sem determinação sexual; vi) qualidade do fuste até 2,20 m de altura, dado por:

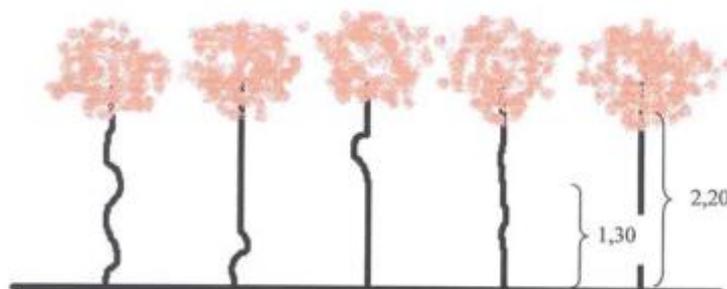
$$FOR = (B + R)/2, \quad \text{Eq. (2),}$$

em que B = bifurcação (1 = abaixo de 1,30 m, com diâmetro igual ao fuste principal; 2 = bifurcação acima de 1,30 m, com diâmetro igual ao fuste principal; 3 = bifurcação abaixo de 1,30 m, com diâmetro inferior ao fuste principal; 4 = bifurcação acima de 1,30 m, com diâmetro inferior ao fuste principal e 5 = sem bifurcação) e R = retidão do fuste (1 = tortuosidade acentuada em toda a extensão; 2 = tortuosidade acentuada abaixo de 1,30 m; 3 = tortuosidade acentuada acima de 1,30 m; 4 = leve tortuosidade em toda a extensão e 5 = sem tortuosidade) (OTSUBO et al., 2015) (Figura 8);

- 1: Bifurcação abaixo de 1,30 m com diâmetro igual ao fuste principal.
- 2: Bifurcação acima de 1,30 m com diâmetro igual ao fuste principal.
- 3: Bifurcação abaixo de 1,30 m com diâmetro inferior ao fuste principal.
- 4: Bifurcação acima de 1,30 m com diâmetro inferior ao fuste principal.
- 5: Sem bifurcação.



- 1: Tortuosidade acentuada em toda a extensão.
- 2: Tortuosidade acentuada abaixo de 1,30 m.
- 3: Tortuosidade acentuada acima de 1,30 m.
- 4: Leve tortuosidade em toda a extensão.
- 5: Sem tortuosidade.



Fonte: Cambuim (2013)

Figura 8 – Ilustração da avaliação da qualidade do fuste. Fonte: Cambuim, 2013.

vii) covariável índice de falhas, composta pela equação:

$$IF = (P_1 \cdot NF_L) + (P_2 \cdot NF_C) + (P_3 \cdot NF_D), \quad \text{Eq. (3),}$$

em que:

$$P_1 = E_L/E_L, \quad \text{Eq. (4),}$$

$$P_2 = E_L/E_C, \quad \text{Eq. (5),}$$

$$P_3 = E_L/\sqrt{(E_C)^2 + (E_L)^2}, \quad \text{Eq. (6),}$$

sendo E_L = espaçamento na linha do teste de progênies no campo, E_C = espaçamento na coluna (ou entrelinha) do teste de progênies no campo, NF_L = número de falhas na linha, NF_C = número de falhas na coluna (entrelinha) e NF_D = número de falhas na diagonal (MORI, 1987).

De maneira indireta, foram avaliados também o volume, segundo a equação de Smalian, proposta por Cambuim et al. (2017):

$$V_{eq} = -0,0002 + (0,376 \cdot DAP^2 \cdot ALT), \quad \text{Eq. (7).}$$

4. VARIAÇÃO GENÉTICA EM POPULAÇÕES E PROGÊNIES DE AROEIRA (*Astronium urundeuva* (M. ALLEMÃO) ENGL.) DO BIOMA CERRADO

Resumo

Conservar a diversidade genética é importante para a manutenção da variabilidade, necessária à adaptação das espécies. *Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl. (Anacardiaceae) é conhecida e explorada graças à sua madeira, mas o avanço das fronteiras agrícolas no Cerrado também prejudicou a sua distribuição. O objetivo deste trabalho foi caracterizar progênies de *A. urundeuva*, de distribuições geográficas e idades distintas, por meio da avaliação de caracteres silviculturais. Parâmetros genéticos de três testes de progênies, duas de áreas de Cerrado e uma da transição Mata Atlântica/Cerrado, de idades diferentes, foram estimados para caracteres de crescimento padronizados pela estatística Z e reprodutivo (razão sexual e N_e), para o ano de 2019, instaladas em Selvíria-MS. Os dados também passaram por avaliação da eficiência no uso de covariável índice de falhas (*IF*), com relação à influência da competição entre indivíduos nos anos iniciais de crescimento. A sexagem foi determinada pelo florescimento individual. A partir dos resultados iniciais, foi feita a seleção das melhores progênies pela sobreposição das genitoras e a correlação de Spearman entre efeitos aditivos (*a*) e de dominância (*d*). Neste caso, modelos com covariável foram pouco eficientes ($-26,18\% > EF\% > 2,34\%$). As populações estão em desequilíbrio sexual ($1♀:2♂$), que pode estar relacionada à distribuição espacial e às características ecológicas da espécie. Ter poucas mães superiores (2 a 9, por população), indica que os cruzamentos podem ter sido direcionados. Uma correlação significativa entre *a* e *d* ($S = 0,7415$, $p < 0,01$, em média) mostra que se pode utilizar tanto sementes como propágulos, que ainda assim, haverá ganhos genéticos. A espécie se mostrou longeva, de

crescimento lento, sem interferência da competição entre indivíduos, em função do espaçamento do plantio, comportamento típico de plantas do Cerrado.

Palavras-chave: germoplasma, seleção, variabilidade.

4.1. Introdução

Formado por uma complexa composição de biomas, o Cerrado tem sua importância por ser o segundo maior domínio fitogeográfico da América do Sul (IBGE, 2004; COUTINHO, 2006). Sua biodiversidade está ameaçada devido ao avanço da agricultura (STRASSBURG et al., 2017). Ainda assim, o Cerrado assegura a qualidade da água, a integridade do solo e abriga diversas comunidades de organismos (MENDONÇA et al., 1998). Em função destes fatores, a região é considerada um *hotspot* de biodiversidade no planeta (JENKINS; PIMM, 2006).

Dentre as espécies que ocorrem no Cerrado, a aroeira (*Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl., Anacardiaceae) é uma espécie arbórea tropical, dioica e nativa do Brasil (SILVA-LUZ et al., 2020), de alta densidade da madeira ($1,19 \text{ g cm}^{-3}$) (PAES et al., 2009), secundária tardia ou pioneira antrópica (KAGEYAMA et al., 1994; FERRETTI et al., 1995), polinizada por abelhas e com sementes dispersas pelo vento, com ocasional dispersão por psitacídeos (LORENZI et al., 1992; CARVALHO, 1994). Embora esteja atualmente fora da lista de espécies ameaçadas do Ministério do Meio Ambiente brasileiro (SILVA-LUZ et al., 2020), foi e ainda é uma espécie bastante explorada de forma legal, mas principalmente ilegal (MORAES; FREITAS, 1997), devido aos seus múltiplos usos madeireiros (conhecida

como a madeira mais dura do Brasil) e não madeireiros (de amplo uso medicinal) (CHAVES et al., 1998; VIANA et al., 2003; MONTEIRO et al., 2006; LUCENA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2010). Apesar dos esforços para o manejo e conservação da espécie, sua capacidade de sobrevivência está comprometida (FREITAS et al., 2006).

Conservar a diversidade genética das espécies é importante não só para a sua sobrevivência, mas também para a manutenção do pool gênico, contendo variabilidade suficiente, necessária à adaptação da espécie frente às mudanças ambientais (LANDE, 1995; AYALA, 1997; MEFFE; CARROLL, 1997). Com o avanço agrícola, a fragmentação de habitats aumenta, amplia também a distância espacial entre os remanescentes, isolando as populações. Essas mudanças têm influência direta na composição genética das populações, ao alterarem padrões de dispersão, podendo causar, em última instância, extinção (YOUNG et al., 2001; LIENERT et al., 2002; FAHRIG, 2003; GHAZOUL, 2005; AVISE, 2010; CABALLERO et al., 2010).

Como os padrões de distribuição e reprodução em espécies tropicais ainda é pouco pesquisado (KANASHIRO et al., 2002), estudos para o conhecimento dos padrões de distribuição dos genótipos na paisagem se tornam importantes não só para a conservação dos recursos naturais, como para o melhoramento genético, ao ajudar a manter a variabilidade genética das espécies e elaborar estratégias para espécies ameaçadas (MELO et al., 2015). Com a crescente necessidade por matérias primas de qualidade, a utilização de materiais melhorados garante também a qualidade genética para fins comerciais e ambientais (PINTO-JÚNIOR et al., 2013; FREITAS et al., 2018). Por isso, este trabalho teve como objetivo caracterizar, geneticamente três populações de *A. urundeuva*, de duas regiões de Cerrado (Cuiabá-MT e Itarumã-GO) e uma de área de transição entre Cerrado e Mata Atlântica (Floresta Estacional Semidecidual, Paulo de Faria-SP), de idades distintas e distribuições em parcelas diferentes, por meio da avaliação de caracteres silviculturais.

4.2. Material e Métodos

4.2.1. Análise dos dados silviculturais

O procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), via modelos lineares mistos, foi utilizado nas análises individuais e conjuntas para as estimativas dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos de cada um dos caracteres avaliados nos testes de progênie. A obtenção dessas estimativas foi feita no *software* SELEGEN (RESENDE, 2007; 2016). Diferentes modelos foram utilizados, conforme o tipo de análise desejada (dependente do número de plantas por parcela e inclusão ou não da covariável), além de uma análise de agrupamento para cada plantio (Modelo 104: medidas de divergência genotípica – distância estatística de Mahalanobis e Agrupamento de Tocher) (Tabela 4).

A distância de Mahalanobis é dada pela equação:

$$D^2 = (X_i - X_j)' - \Sigma^{-1}(X_i - X_j) \quad \text{Eq. (8),}$$

em que Σ^{-1} é a inversa da matriz de covariância residual de X , X_i é o vetor referente à parcela i , X_j é o vetor referente à parcela j , $(X_i - X_j)'$ é o vetor transposto da diferença entre X_i e X_j , e D^2 não varia para qualquer transformação linear não singular (ALBUQUERQUE et al., 2006). Medida de similaridade entre duas amostras, a distância de Mahalanobis permite que a correlação entre os dados seja considerada (COSTER et al., 2010). Além disso, serve para reconhecer padrões e detectar *outliers* (LINDEN, 2009), em que, a partir de um conjunto de dados, é possível construir um modelo matemático, e determinar uma única classe em que um indivíduo pertencerá (ROSA et al., 2015). Como D^2 corrige as limitações da distância Euclidiana, as matrizes de covariância são mais difíceis

de determinar e demandam maior tempo de computação, conforme o aumento no número de características (LINDEN, 2009).

O método de otimização de Tocher adota como critério que a distância intragrupo seja menor que a distância média intergrupo (CRUZ et al., 2011). Isso acaba por formar um grupo com pares de indivíduos mais similares, identificados pela matriz de dissimilaridade (PUIATTI et al., 2014). É um método de agrupamento simultâneo, que separa os genótipos uma única vez (CRUZ & CARNEIRO, 2006). A inclusão de um indivíduo em um grupo sempre aumentará o valor médio da distância dentro do grupo, considerando:

$$\text{Se } \frac{d_{(grupo)k}}{n} \leq \theta, \text{ o indivíduo } k \text{ é incluído no grupo;}$$

$$\text{Se } \frac{d_{(grupo)k}}{n} > \theta, \text{ o indivíduo } k \text{ não é incluído no grupo,}$$

Em que n = número de indivíduos do grupo original, θ = maior dentre as menores distâncias envolvendo cada acesso (é o critério de agrupamento) (SILVA, 2012).

Tabela 4 – Modelos e equações de avaliação dos plantios de *Astronium urundeuva* via Selegen-REML/BLUP.

TP	P/P	Modelo com covariável	Modelo sem covariável
CUIA	1	135 ($y = Xr + \beta Cov + Za + e$)	95 ($y = Xr + Za + e$)
GO	3	131 ($y = Xr + \beta Cov + Za + Wp + e$)	93 ($y = Xr + Za + Wp + e$)
PF	6	131 ($y = Xr + \beta Cov + Za + Wp + e$)	93 ($y = Xr + Za + Wp + e$)

TP = testes de progênies; P/P = número de plantas por parcela; y = vetor de dados; r = vetor dos efeitos de repetição (fixos) somados à média geral; a = vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (aleatórios); p = vetor dos efeitos de parcela (aleatórios); e = vetor de erros ou resíduos (aleatórios). β = coeficiente de regressão associado à covariável Cov. Letras maiúsculas são as matrizes de incidência para os referidos efeitos (RESENDE, 2007).

A partir dos modelos, foram estimados os seguintes parâmetros:

1. Variâncias: genética aditiva ($\hat{\sigma}_a^2$), ambiental entre parcelas ($\hat{\sigma}_c^2$), genética entre progênes ($\hat{\sigma}_p^2$), residual (ambiental + não aditiva) ($\hat{\sigma}_e^2$), fenotípica individual ($\hat{\sigma}_f^2$), do erro de predição dos valores genotípicos, assumindo sobrevivência completa (PEV), desvio padrão do valor genotípico predito, assumindo sobrevivência completa (SEP).

2. Herdabilidades: individual dos efeitos aditivos:

$$\hat{h}_a^2 = \sigma_a^2 / (\sigma_a^2 + \sigma_c^2 + \sigma_p^2 + \sigma_e^2), \quad \text{Eq. (9),}$$

individual ajustada para os efeitos de parcela (\hat{h}_{aj}^2), com base em médias de progênes:

$$\hat{h}_m^2 = ((\frac{1}{4})\sigma_a^2) / ((\frac{1}{4})\sigma_a^2 + \frac{\sigma_c^2}{r} + \frac{(0,75\sigma_a^2 + \sigma_e^2)}{nr}) \quad \text{Eq. (10),}$$

aditiva dentro de parcela (\hat{h}_{ad}^2); acurácia aproximada:

$$r_{\hat{a}a} = \sqrt{\hat{h}_m^2}, \quad \text{Eq. (11).}$$

3. Coefficientes de variação: genética aditiva individual:

$$CV_{gi} = 100 (\sqrt{\sigma_a^2} / m), \quad \text{Eq. (12),}$$

genotípica entre progênes:

$$CV_{gp} = 100 (\sqrt{0,25(\sigma_a^2)} / m), \quad \text{Eq. (13),}$$

relativa:

$$CV_r = CV_g / CV_e, \quad \text{Eq. (14),}$$

e residual:

$$CV_e = 100 (\sqrt{[(0,75\sigma_a^2 + \sigma_e^2)/n] + \sigma_c^2} / m), \quad \text{Eq. (15).}$$

4. Coefficiente de determinação de efeitos de parcela:

$$c_{\text{parc}}^2 = \sigma_c^2 / (\sigma_a^2 + \sigma_c^2 + \sigma_p^2 + \sigma_e^2), \quad \text{Eq. (16),}$$

\hat{m} média geral; LRT (Teste da razão de verossimilhança); e χ^2 (qui-quadrado da *deviance*).

As expressões matemáticas desses parâmetros podem ser encontradas em Vencovsky & Barriga (1992); Resende (2002) e Martins et al. (2018).

Uma vez que o CV_e também é dado pela equação:

$$CV_e = (\sqrt{QM_e} \cdot 100) / \hat{m}, \quad \text{Eq. (17),}$$

em que QM_e é o quadrado médio do erro e \hat{m} a média geral, a eficiência de cada modelo (EF, %) foi calculada a partir de uma regra de três, em que se considerou como mais eficiente ($EF_{\%} = 100$) o modelo com covariável (por ser mais completo), por meio da equação:

$$EF_{\%} = [(QM_{ec} \cdot 100) / QM_{es}] - 100, \quad \text{Eq. (18),}$$

em que QM_{ec} é o quadrado médio do erro da variável no modelo com covariável, enquanto QM_{es} é o quadrado médio do erro da variável no modelo sem covariável, com resultado dado em porcentagem (%).

A seleção das melhores progênes, em comparação com as mães foi feita a partir do resultado da avaliação dos dados de cada modelo, feito pelo SELEGEN. Em outras palavras, cada variável analisada nos modelos (93, 95, 131, 135) solta um tópico com os valores genéticos das progênes classificados em ordem decrescente, chamado “Seleção com sobreposição de gerações” ($S_{up}(\%)$), em que as mães são representadas pelo número zero e as progênes, com seus números correspondentes (Figura 9).

Seleção com Sobreposição de Gerações					
Ordem	Bloco	Familia	a	Ganho	Nova Média
1	10	16	1.6974	1.6974	4.2617
2	10	24	1.6974	1.6974	4.2617
3	11	9	1.6472	1.6806	4.2449
4	11	27	1.6411	1.6708	4.2350
5	13	23	1.6322	1.6631	4.2273
6	23	29	1.5672	1.6471	4.2114
7	6	5	1.5251	1.6296	4.1939
8	22	11	1.5179	1.6157	4.1800
9	5	3	1.5047	1.6033	4.1676
10	9	18	1.4063	1.5836	4.1479
11	4	11	1.3856	1.5656	4.1299
12	17	16	1.3753	1.5498	4.1141
13	15	11	1.3745	1.5363	4.1006
14	16	11	1.3229	1.5211	4.0853
15	13	18	1.3199	1.5076	4.0719
16	11	14	1.3134	1.4955	4.0598
17	11	21	1.3094	1.4846	4.0488
18	10	29	1.3034	1.4745	4.0388
19	10	27	1.3022	1.4654	4.0297
20	6	11	1.2928	1.4568	4.0211
21	13	25	1.2696	1.4479	4.0122
22	13	16	1.2690	1.4397	4.0040
23	23	28	1.2566	1.4318	3.9961
24	8	5	1.2475	1.4241	3.9884
25	10	7	1.2451	1.4169	3.9812
26	14	28	1.2444	1.4103	3.9746
27	22	12	1.2422	1.4041	3.9684
28	18	23	1.2195	1.3975	3.9618
29	9	23	1.2050	1.3909	3.9551
30	8	25	1.1993	1.3845	3.9488
31	18	11	1.1864	1.3781	3.9424
32	16	8	1.1832	1.3720	3.9363
33	3	10	1.1797	1.3662	3.9305
34	16	21	1.1622	1.3602	3.9245
35	8	27	1.1358	1.3537	3.9180
36	14	16	1.1332	1.3476	3.9119
37	16	27	1.1313	1.3418	3.9061
38	7	28	1.1151	1.3358	3.9001
39	14	20	1.1122	1.3291	3.8944

Figura 9 – Exemplo de resultado, obtido no SELEGEN, de seleção com sobreposição de gerações. Fonte: A.J.M. Corrêa, 2021.

Com o resultado da classificação por variável entregue pelo SELEGEN, uma nova planilha é organizada, em que cada coluna é composta por uma variável, conta-se o número de progênies mais bem colocadas nesta classificação, em relação às mães, divide-se este valor pelo total, e o multiplica por 100:

$$S_{up}(\%) = [N_p/N]. 100, \quad \text{Eq. (19),}$$

em que N_p = número absoluto de progênies superiores à mãe para a variável analisada e N = número total de progênies para a variável analisada.

A fim de comparar os efeitos genéticos aditivos (a) com os efeitos de dominância (d , via propagação sexuada), foi utilizada uma correlação de Spearman. Por ser um coeficiente de correlação não paramétrico, é usado para avaliar relações entre variáveis ordinais, que usa apenas os postos, sem suposições (SHIMAKURA, 2016), uma vez que o SELEGEN solta os resultados das variáveis em formato ordinal, em função de a , é necessário ordenar os dados de a e d em função das progênies, para depois efetuar a análise de correlação. Também é necessário lembrar que, no SELEGEN, o grau médio de dominância é igual a 1 e, portanto, considera a dominância completa, em que não é possível distinguir os heterozigotos dos homozigotos dominantes (RESENDE, 2016).

Para fins de comparação entre as populações, quando necessário, os dados originais foram submetidos à padronização via estatística Z:

$$Z_{ij} = (y_{ij} - y_{-j})/s_j)(y_{ij} - y_{-j}/s_j), \quad \text{Eq. (20),}$$

em que Z_{ij} é o valor da variável padronizada na população i ($i = 1, 2, 3$) na repetição j ($j = 1, 2, 3, \dots$); y_{ij} é a observação da variável da população i na repetição j ; y_{-j} é a média geral da variável das três populações na repetição j e s_j é o desvio padrão fenotípico da variável da repetição j (MENDES et al., 2009; REIS et al., 2011), que consiste na padronização dos resultados em números puros, semelhante à distribuição normal, porém, com valores sempre positivos entre 0 e 3, o que permite comparar populações em idades diferentes para uma mesma variável. As variáveis então, passaram por nova avaliação nos modelos propostos do SELEGEN (93, 95, 131 e 135, Tabela 4).

4.2.2. Análise de dados do florescimento

Quanto ao florescimento, a identificação dos indivíduos foi realizada pela separação dos indivíduos masculinos dos femininos e, assim, foi calculada a razão sexual:

$$r = N_f / (N_f + N_m), \quad \text{Eq. (21),}$$

o tamanho efetivo populacional:

$$N_e = 4 \cdot t / D_5, \quad \text{Eq. (22),}$$

$$t = N_f + N_m, \quad \text{Eq. (23),}$$

$$D_5 = (1/r \cdot (1 - r)) + ((1 - u)(t - 1)/F) + ((1 - v)(t - 1)/M), \quad \text{Eq. (24),}$$

$$u = F / N_f, \quad \text{Eq. (25),}$$

$$v = M / N_m, \quad (0 < u, v \leq 1), \quad \text{Eq. (26),}$$

tamanho efetivo populacional corrigido:

$$N'_e = N_e / (1 + F), \quad \text{Eq. (27),}$$

propostos para espécies dioicas por Vencovsky et al. (2012), em que F, M = número de plantas com florescimento feminino (F) e masculino (M) que, efetivamente participaram do evento reprodutivo e N_f, N_m = total de plantas com florescimento feminino e masculino da população, respectivamente. Plantas que não floresceram no período de observação não foram consideradas na avaliação da razão sexual.

As porcentagens do N_e e do N'_e , com relação ao número total de indivíduos:

$$N_e \% = (N_e \cdot 100) / N, \quad \text{Eq. (28),}$$

$$N'_e \% = (N'_e \cdot 100) / N, \quad \text{Eq. (29),}$$

e as médias para o tamanho efetivo por progênies:

$$\bar{N}_e = N_e / P_g, \quad \text{Eq. (30),}$$

$$\bar{N}'_e = N'_e / P_g, \quad \text{Eq. (31),}$$

em que P_g = número de progênies por procedência.

4.3. Resultados e Discussão

Os modelos com covariável não foram mais eficientes que os modelos sem covariável (Tabelas 5 e 6). Isso pode estar relacionado não apenas com o número de indivíduos por progênie dentro da parcela, mas também pelo fato dos ensaios em consórcio com outras espécies (PF e GO) terem apresentado menor ou ausência de significância, com relação ao ensaio homogêneo (CUIA) (Tabelas 5 e 6). Espécies arbóreas, com madeira de alta qualidade, costumam apresentar crescimento lento. Além disso, condições ambientais, como a presença de outras espécies, pertencentes ou não aos consórcios (por exemplo: gramíneas invasoras), podem contribuir para a diminuição nos valores dos parâmetros encontrados (PUPIN et al., 2017). Os valores de beta, encontrados nos modelos com covariável ficaram entre -0,11 e 0,39, sem a transformação dos dados em Z; enquanto que, com a transformação, os valores ficaram entre -0,22 e 0,09 (ver Apêndice, Tabela 1). Todos esses valores indicam que a sobrevivência nesses testes de progênies são altas (CUIA = 82,60%, GO = 86,76%, PF = 85,74%), o que significa que a covariável não influenciou tanto nos resultados, mas que poderá ser importante no momento do desbaste, ao abrir mais espaço, pois o espaçamento já era grande em relação ao estabelecimento inicial das espécies, uma vez que o indivíduo cortado não influencia mais ao redor. Ainda assim, covariáveis não devem ser integralmente descartadas, uma vez que escolhas adequadas para o local do experimento, a redução da variância do erro experimental são tão ou mais importantes do que o próprio erro causado pelas covariáveis (LEONARDECZ-NETO et al., 2003; PAVAN et al., 2012; ISHIBASHI et al., 2017).

Tabela 5 - Estimativas de eficiência dos modelos para caracteres silviculturais em três ensaios de *Astronium urundeuva*, instalados em Selvíria/MS, medidos em 2019, sem transformação dos dados em Z.

TP	Variável	QM_{es}	QM_{ec}	EF	$EF_{\%}$	Eficiência
CUIA	ALT	2,677731	2,672800	99,81584	-0,18416	S/C
	DAP	0,000903	0,000815	90,24644	-9,75356	S/C
	DMC	0,825695	0,792370	95,96407	-4,03593	S/C
	FOR	0,743800	0,743824	100,0033	0,003294	C/C
	SOB	0,105890	0,104371	98,56605	-1,43395	S/C
	Ve _q	0,000796	0,000795	99,91436	-0,08564	S/C
GO	ALT	1,044456	2,267437	217,0925	117,0925	C/C
	DAP	2,37E-08	0,000550	2325233	2325133	C/C
	DMC	0,066793	0,523843	784,2829	684,2829	C/C
	FOR	0,010664	0,235177	2205,329	2105,329	C/C
	SOB	5,69E-05	0,037129	65250,39	65150,39	C/C
	Ve _q	2,87E-09	0,001139	39725418	39725318	C/C
PF	ALT	1,794395	1,795889	100,0832	0,083231	C/C
	DAP	0,000381	0,000345	90,57849	-9,42151	S/C
	DMC	0,315615	0,258400	81,87209	-18,1279	S/C
	FOR	0,282269	0,280028	99,20610	-0,7939	S/C
	SOB	0,038880	0,028698	73,81171	-26,1883	S/C
	Ve _q	0,000919	0,000817	88,84080	-11,1592	S/C

TP = testes de progênies, ALT = altura, DAP = diâmetro a altura do peito (1,30 m do solo), DMC = diâmetro médio de copa, FOR=qualidade do fuste, SOB=sobrevivência, Ve_q=volume estimado, QM_{es} = quadrado médio do erro para o modelo sem covariável, QM_{ec} = quadrado médio do erro para o modelo com covariável, EF = eficiência do modelo completo (com covariáveis), $EF_{\%}$ = porcentagem da eficiência do modelo completo (com covariáveis), S/C = sem covariável, C/C = com covariável.

Tabela 6 – Estimativas de eficiência dos modelos para caracteres silviculturais em três ensaios de *Astronium urundeuva*, instalados em Selvíria/MS, medidos em 2019, com transformação dos dados em Z.

TP	Variável	QM_{es}	QM_{ec}	EF	$EF_{\%}$	Eficiência
CUIA	ALT	0,732687	0,732153	99,92701	-0,07299	S/C
	DAP	0,743906	0,740619	99,55811	-0,44189	S/C
	DMC	0,721729	0,721374	99,95078	-0,04922	S/C
	FOR	0,831720	0,821949	98,82517	-1,17483	S/C
	SOB	0,661811	0,652321	98,56596	-1,43404	S/C
	Ve _q	0,915367	0,914228	99,87565	-0,12435	S/C
GO	ALT	0,281468	0,276894	98,37492	-1,62508	S/C
	DAP	0,293650	0,281563	95,88391	-4,11609	S/C
	DMC	0,305818	0,305750	99,97783	-0,02217	S/C
	FOR	0,321770	0,305142	94,83231	-5,16769	S/C
	SOB	0,338790	0,320931	94,72835	-5,27165	S/C
	Ve _q	0,313808	0,313560	99,92102	-0,07898	S/C
PF	ALT	0,314830	0,266611	84,68422	-15,3158	S/C
	DAP	0,229487	0,217214	94,65176	-5,34824	S/C
	DMC	0,242456	0,214456	88,45136	-11,5486	S/C
PF	FOR	0,366230	0,309420	84,48778	-15,5122	S/C
	SOB	0,318025	0,234740	73,81172	-26,1883	S/C
	Ve _q	0,227193	0,232509	102,3400	2,339952	C/C

TP = testes de progênies, ALT = altura, DAP = diâmetro a altura do peito (1,30 m do solo), DMC = diâmetro médio de copa, FOR=qualidade do fuste, SOB=sobrevivência, Ve_q=volume estimado, QM_{es} = quadrado médio do erro para o modelo sem covariável, QM_{ec} = quadrado médio do erro para o modelo com covariável, EF = eficiência do modelo completo (com covariáveis), $EF_{\%}$ = porcentagem da eficiência do modelo completo (com covariáveis), S/C = sem covariável, C/C = com covariável.

A partir dos modelos estudados, apenas DAP (CUIA = 17,87, GO = 49,00, PF = 11,22, $\alpha = 0,05$) e Ve_q (CUIA = 14,21, GO = 43,73, PF = 5,14^{ns}, $\alpha = 0,05$, ns = não significativo) poderiam ser utilizados para comparar as estimativas de parâmetros genéticos em outros experimentos da espécie, dentro das regiões correspondentes, uma vez que foram as variáveis com diferenças significativas para as progênies nas três populações (Tabelas 7 e 8), ao usar os dados corrigidos. Porém, incluir ALT seria útil, apesar dos resultados, uma vez que a seleção de caracteres de crescimento também deve ser considerada conforme as necessidades de manejo e produção. Um melhor crescimento em DAP pode ocorrer para a aroeira em consórcio com culturas anuais e com outras espécies florestais (FREITAS et al., 2006; MORAES et al., 2012), mas melhores resultados em altura são encontrados em

plantios homogêneos (CANUTO et al., 2016). O DAP costuma ser o caráter mais indicado para o uso em programas de melhoramento, ao apresentar maior variação e controle genético e maiores ganhos com seleção.

Tabela 7 – Estimativas de componentes de variâncias e parâmetros genéticos para as variáveis silviculturais significativas de *Astronium urundeuva* em três testes de progênies instalados no município de Selvíria/MS, medido em 2019, sem transformação dos dados para Z.

	CUIA (p=29, n=508)						GO (p=30, n=948)						PF (p=30, n=463)					
	S/C (95)			C/C (135)			S/C (93)			C/C (131)			S/C (93)			C/C (131)		
	ALT (m)	DAP (m)	Ve _q (m ³)	ALT (m)	DAP (m)	Ve _q (m ³)	ALT (m)	DAP (m)	Ve _q (m ³)	ALT (m)	DAP (m)	Ve _q (m ³)	ALT (m)	DAP (m)	Ve _q (m ³)	ALT (m)	DAP (m)	Ve _q (m ³)
$\hat{\sigma}_a^2$	1,78	0,00	0,00	1,77	0,00	0,00	2,91	0,00	0,00	2,98	0,00	0,00	2,53	0,00	0,00	2,54	0,00	0,00
\hat{h}_m^2	0,79	0,71	0,66	0,79	0,71	0,66	0,79	0,80	0,80	0,80	0,81	0,81	0,51	0,68	0,53	0,52	0,72	0,58
\hat{h}_{aj}^2	-	-	-	-	-	-	0,54	0,41	0,43	0,56	0,43	0,45	0,64	0,71	0,53	0,65	0,78	0,59
\hat{h}_{ad}^2	0,50	0,31	0,26	0,50	0,27	0,26	0,47	0,35	0,37	0,49	0,36	0,38	0,58	0,65	0,46	0,58	0,72	0,52
$r_{\hat{a}a}$	0,89	0,84	0,81	0,89	0,42	0,82	0,89	0,90	0,89	0,89	0,90	0,90	0,72	0,82	0,73	0,72	0,85	0,76
CV_{gp}	8,30	9,60	21,80	8,20	2,50	21,80	8,40	11,10	26,80	8,50	11,30	27,40	7,40	12,50	22,50	7,50	13,20	23,90
CV_e	20,30	29,80	74,40	20,30	26,00	74,40	14,90	19,00	46,40	14,90	18,90	46,20	12,50	15,00	36,80	12,60	14,30	34,90
\hat{m}	8,07	0,10	0,04	8,07	0,11	0,04	10,11	0,12	0,07	10,10	0,12	0,07	10,68	0,13	0,08	10,68	0,13	0,08
β	-	-	-	-0,06	0,00	0,00	-	-	-	0,28	0,01	0,01	-	-	-	0,04	0,01	0,01
LRT (χ^2)	33,69*	17,87*	14,21*	23,14*	4,79*	10,15*	43,21*	49,00*	43,73*	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	24,95*	4,26*	11,22*	5,14	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}

p = número de progênies; n = número de indivíduos do teste de progênies; S/C = sem covariável; C/C = com covariável; ALT = altura (m); DAP = diâmetro a 1,30 m do solo (a altura do peito, m); Ve_q = volume (m³); * = significância a 5% de probabilidade.

Tabela 8 – Estimativas de componentes de variâncias e parâmetros genéticos para as variáveis silviculturais significativas de *Astronium urundeuva* em três testes de progênies instalados no município de Selvíria/MS, medido em 2019, com transformação dos dados para Z.

	CUIA (p=29, n=508)						GO (p=30, n=948)						PF (p=30, n=463)					
	S/C (95)			C/C (135)			S/C (93)			C/C (131)			S/C (93)			C/C (131)		
	ALT (m)	DAP (m)	Ve _q (m ³)	ALT (m)	DAP (m)	Ve _q (m ³)	ALT (m)	DAP (m)	Ve _q (m ³)	ALT (m)	DAP (m)	Ve _q (m ³)	ALT (m)	DAP (m)	Ve _q (m ³)	ALT (m)	DAP (m)	Ve _q (m ³)
$\hat{\sigma}_a^2$	0,98	0,93	0,64	1,00	0,93	0,64	0,31	0,36	0,46	0,31	0,37	0,47	0,12	0,27	0,26	0,13	0,27	0,26
\hat{h}_m^2	0,89	0,88	0,80	0,89	0,88	0,80	0,76	0,79	0,81	0,76	0,80	0,82	0,22	0,47	0,46	0,26	0,48	0,46
\hat{h}_{aj}^2	-	-	-	-	-	-	0,35	0,39	0,44	0,34	0,40	0,46	0,14	0,29	0,28	0,15	0,29	0,28
\hat{h}_{ad}^2	1,01	0,94	0,53	1,03	0,95	0,53	0,28	0,33	0,37	0,28	0,33	0,39	0,11	0,24	0,23	0,12	0,23	0,23
r_{aa}	0,94	0,94	0,90	0,94	0,94	0,90	0,87	0,89	0,90	0,87	0,89	0,91	0,47	0,68	0,68	0,51	0,69	0,68
CV_{gp}	19,34	18,38	14,99	19,55	19,92	14,98	10,37	10,74	11,66	10,28	10,81	11,84	6,55	9,66	9,05	6,72	9,61	9,08
CV_e	33,38	32,86	35,74	33,39	35,47	35,70	20,15	18,95	19,28	19,94	18,95	19,28	21,06	17,83	16,95	19,61	17,34	17,15
\hat{m}	2,56	2,63	2,68	2,56	2,43	2,68	2,69	2,80	2,91	2,69	2,80	2,91	2,63	2,69	2,81	2,63	2,69	2,81
β	-	-	-	-0,09	-0,04	-0,03	-	-	-	-0,03	0,02	0,09	-	-	-	-0,14	-0,06	0,05
LRT (χ^2)	124,60*	112,34*	55,04*	224,23*	164,80*	68,14*	41,22*	59,33*	66,67*	138,95*	9,78*	57,13*	0,65 ^{ns}	4,09**	3,91**	3,93**	11,82*	7,27*

p = número de progênies; n = número de indivíduos do teste de progênies; S/C = sem covariável; C/C = com covariável; ALT = altura (m); DAP = diâmetro a 1,30 m do solo (a altura do peito, m); Ve_q = volume (m³); * = significância a 1% de probabilidade; ** = significância a 5% de probabilidade; ns = não significativo.

Nos anos iniciais, *A. urundeuva* tende a ter melhores condições de desenvolvimento e adaptação quando plantada em consórcios, enquanto materiais em plantios homogêneos tendem à competição (FREITAS et al., 2006). Plantios heterogêneos costumam ser promissores para a maioria das variáveis de interesse de crescimento das plantas (OLIVEIRA et al., 2000), embora os homogêneos tendem a apresentar melhor qualidade de fuste (FREITAS et al., 2006), o que pode representar, dependendo do propósito de manejo, melhor aproveitamento e seleção de material genético. Outros fatores, como idade do ensaio e condições ambientais, por exemplo, também podem ter influenciado as médias, como foi observado por OTSUBO et al. (2015), também trabalhando com *A. urundeuva*.

De um modo geral, as herdabilidades com base em médias de progênies diminuíram conforme o aumento da idade dos ensaios, embora as estimativas obtidas neste trabalho tenham sido maiores que as encontradas por SOUZA (2017) e BERTONHA (2013), independente da região de origem ou do tipo de instalação do ensaio. Além disso, a herdabilidade com base em média de progênies foi maior que a individual dentro de parcelas, assim como em SEBBENN; ETTORI (2001) e CANUTO et al. (2016), o que indica possibilidade de seleção entre progênies. Baixas herdabilidades ($h^2 < 0,3$) costumam aparecer quando não há variabilidade genética significativa, o que limita o progresso genético e os programas de melhoramento (ROCHA et al., 2009). O estado fisiológico e a expressão dos genes de crescimento, em idade juvenil, são diferentes das árvores adultas (NAMKOONG et al., 1988), o que poderia explicar as diferenças nos parâmetros obtidos entre os ensaios (PIRES et al., 2014). Os dados coletados podem ser considerados precisos ($47\% > r_{aa} > 94\%$). Entre 70 e 90%, são bastante precisos quanto ao acesso à variação genética a partir dos fenótipos observados para os caracteres de estudo (RESENDE; DUARTE, 2007).

Considerando a maioria das variáveis de crescimento, houve interferência do ambiente sobre as condições dos testes, com $(16,95\% < CV_e < 35,74\%)$, valores razoáveis, por serem relativamente baixos, para experimentos instalados no campo (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002). Diferenças de latitude, clima e precipitação nas áreas de coleta das sementes podem dar origem a indivíduos com caracteres de adaptação local (SILVA et al., 2018). Ecologicamente, *A. urundeuva* é classificada como secundária tardia, de crescimento lento, provavelmente causado pela desuniformidade das progênies dentro das parcelas, uma vez que há árvores dominadas, que perderam a competição por luz (BARROS et al., 2010; RECCO et al., 2016).

Ao usarmos os dados transformados pela estatística Z, conseguimos padronizá-los e, assim, comparar populações em diferentes estágios. Uma vez que todas as variáveis foram significativas (Tabela 8), usar o Z nos permitiu pressupor que, ao utilizar variáveis padronizadas, quanto maior o seu valor, melhor, o que mostra sua eficiência para a avaliação da interação genótipos x ambiente (REIS et al., 2015). Neste caso, os modelos utilizados foram boas ferramentas para a seleção de indivíduos dentro das populações. Uma observação importante, a partir destes dados, é que, embora as médias sejam próximas de 3, valor máximo da distribuição, a seleção das progênies dentro dos plantios poderá ser feita, (REIS et al., 2011).

A análise de agrupamento mostrou que, enquanto CUIA formou dois grupos, GO formou nove e PF, apenas 1 (Figuras 10 a 15, respectivamente), ao considerar todas as variáveis, não houve interferência da covariável índice de falhas quanto à distribuição da diversidade genética das populações. Esperava-se maior diversidade nas progênies CUIA, devido à sua origem (Chapada dos Guimarães, Unidade de Conservação de Proteção Integral), mas a maior diversidade foi encontrada justamente em GO, que é uma área extremamente antropizada. A diferenciação em tantos grupos pode ter

acontecido em função da junção de pequenas populações com seus vizinhos, ao neutralizar a erosão genética, deixando-as viáveis não como populações propriamente ditas, mas sim como metapopulações (ANDREWARTHA; BIRCH, 1954; HANSKI, 1999). Embora os indivíduos estejam isolados, ao manter todos, uma estrutura de metapopulação pode ter sido mantida, junto com o fluxo gênico entre as populações (SOUSA et al., 2015). Ainda, a fragmentação influencia diretamente a composição genética de uma população, pois altera os padrões de dispersão do pólen e de sementes (GHAZOUL, 2006).

A variação entre e dentro de populações é resultante de fatores evolutivos (mutação, migração/fluxo gênico, deriva e seleção natural). Neste caso, a seleção pode ter levado os indivíduos à diferenciação, causando adaptação local (SOUSA et al., 2015). O clima também pode ter influenciado essa diferenciação das progênes, e é geralmente considerado como fator principal sobre a seleção, adaptação e diferenciação das espécies, em larga escala (MACCEL et al., 2007).

O que pode reduzir essa influência é a criação de áreas de coleta, que representariam uma área natural, sem tantos impactos negativos, cujas condições ecológicas são suficientemente uniformes, e permite assumir similaridade fenotípica ou genética para os caracteres quantitativos de uma espécie (FRANKEL, 1970; GRAUDAL et al., 1997; SEBBENN, 2002; VAN DER MIJNSBRUGGE; BISCHOFF; SMITH, 2010). Delinear essas áreas significa instalar experimentos com materiais de diferentes procedências num mesmo local (LINDGREN; YING, 2000).

Na coleta de sementes é preciso considerar a depressão endogâmica, a deriva e o efeito fundador, ligados ao grau de heterozigosidade, comuns em populações pequenas de espécies nativas, mais do que a própria procedência (PROCACCINI; PIAZZI, 2001). Em espécies nativas do Brasil, costuma-se coletar a distâncias mínimas de 100 m entre

árvores matrizes, ou duas vezes a sua altura (SEBBENN, 2002; SEBBENN, 2003). Quanto ao número de indivíduos coletados por população, as recomendações são variáveis: 25 (SEBBENN, 2002; SEBBENN, 2006; CROSSA; VENCOVSKY, 2011), 10-50 para conservação *ex situ* de espécies raras (FALK; HOLSINGER, 1991; BROWN; BRIGGS, 1991); 10-20 (FISCHER; MATTHIES, 1998; VERGEER et al., 2003). Essa amostragem é também dependente do tamanho da coleta, do tamanho efetivo populacional e do sistema reprodutivo da espécie.

Uma vez que a magnitude da diversidade genética diminui com o aumento do número de sementes coletadas por matriz (KASHIMSHETTY; PELIKAN; ROGSTAD, 2017), recomenda-se coletar menos sementes, de mais matrizes, a fim de captar entre 82% e 95% dos alelos raros de uma população, desde que, aleatoriamente, apesar de levar a um maior caminhamento, dentro de parcelas de área de 500 m, longe da bordadura (MARSHALL; BROWN, 1975; AITKEN, 2004).

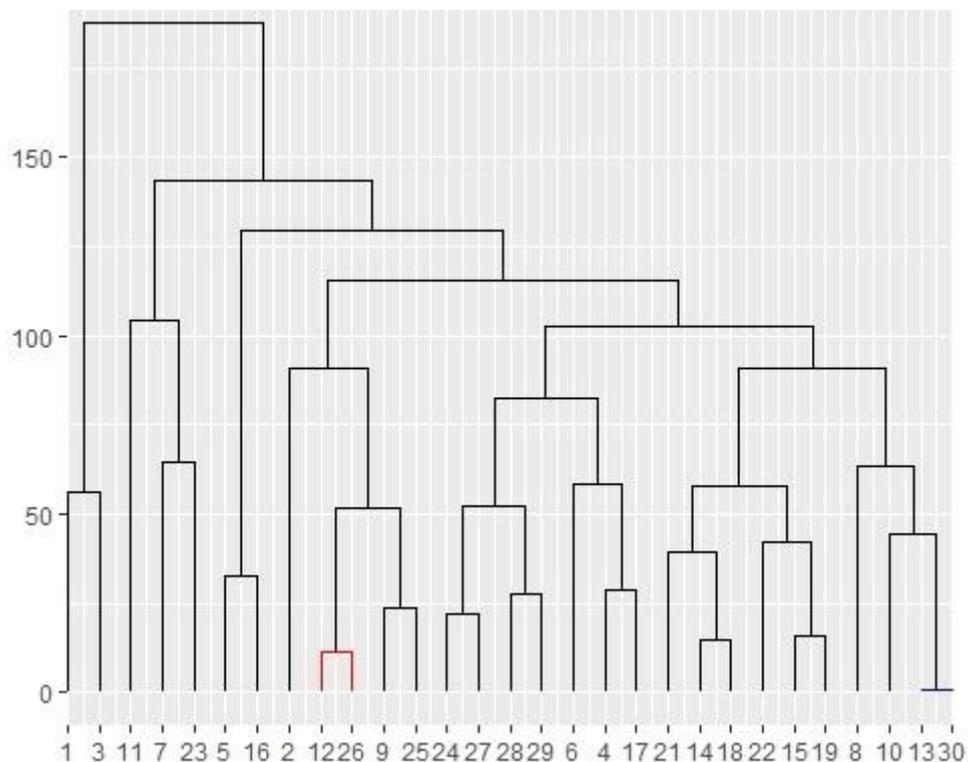


Figura 10 – análise de agrupamento para o modelo sem covariável (95), no teste de progênie (CUIA), medido em 2019. Cores distintas indicam grupos diferentes.

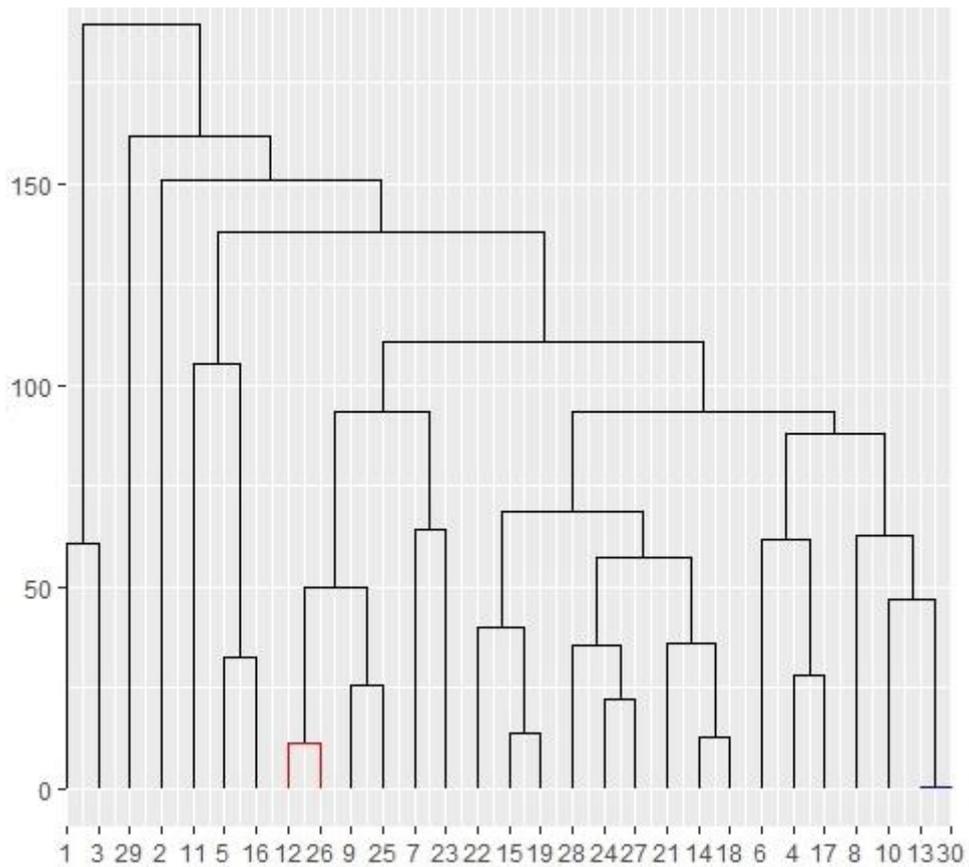


Figura 11 – análise de agrupamento para o modelo com covariável (135), no teste de progênes (CUIA), medido em 2019. Cores distintas indicam grupos diferentes.

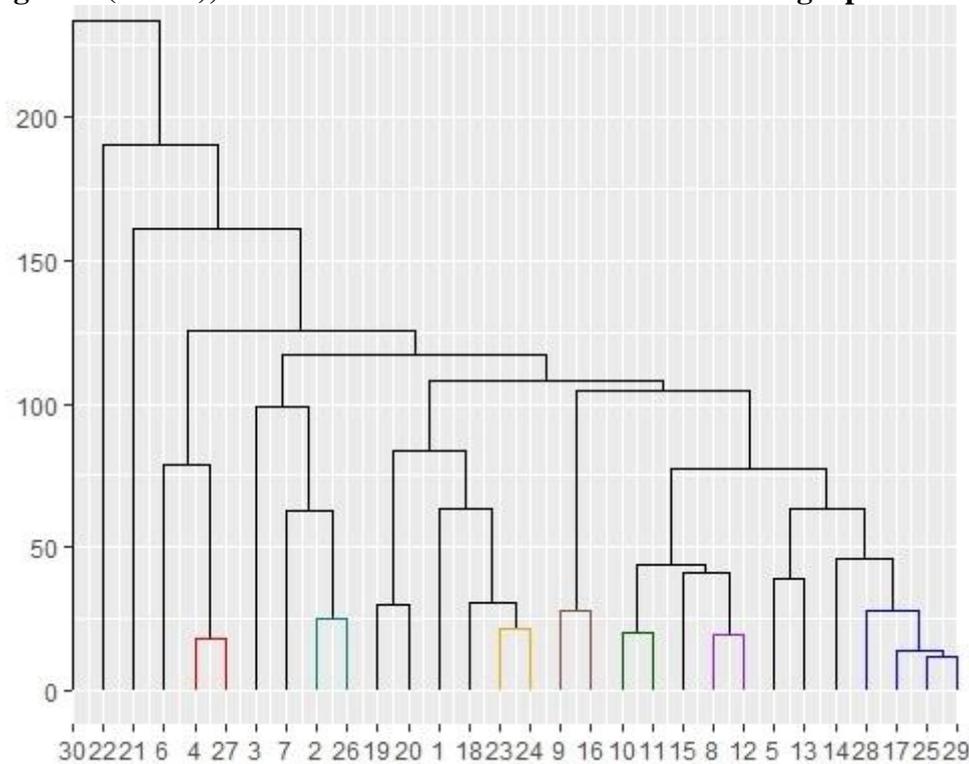


Figura 12 – análise de agrupamento para o modelo sem covariável (93), no teste de progênes (GO), medido em 2019. Cores distintas indicam grupos diferentes.

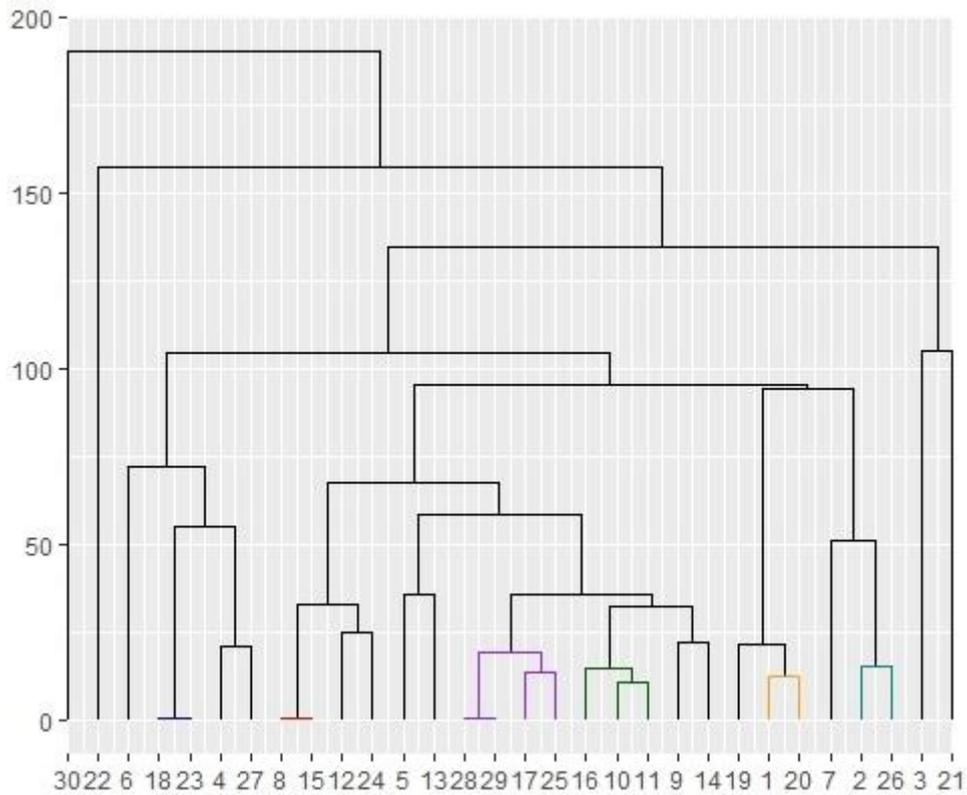


Figura 13 – análise de agrupamento para o modelo com covariável (131), no teste de progênies (GO), medido em 2019. Cores distintas indicam grupos diferentes.

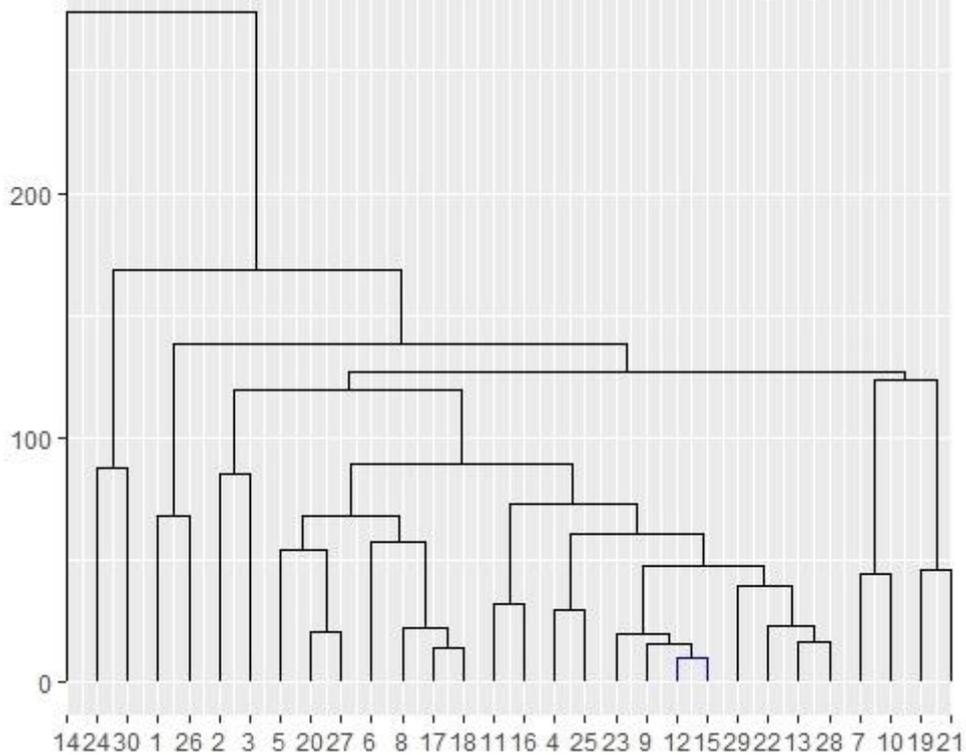


Figura 14 – análise de agrupamento para o modelo sem covariável (93), no teste de progênies (PF), medido em 2019. Cores distintas indicam grupos diferentes.

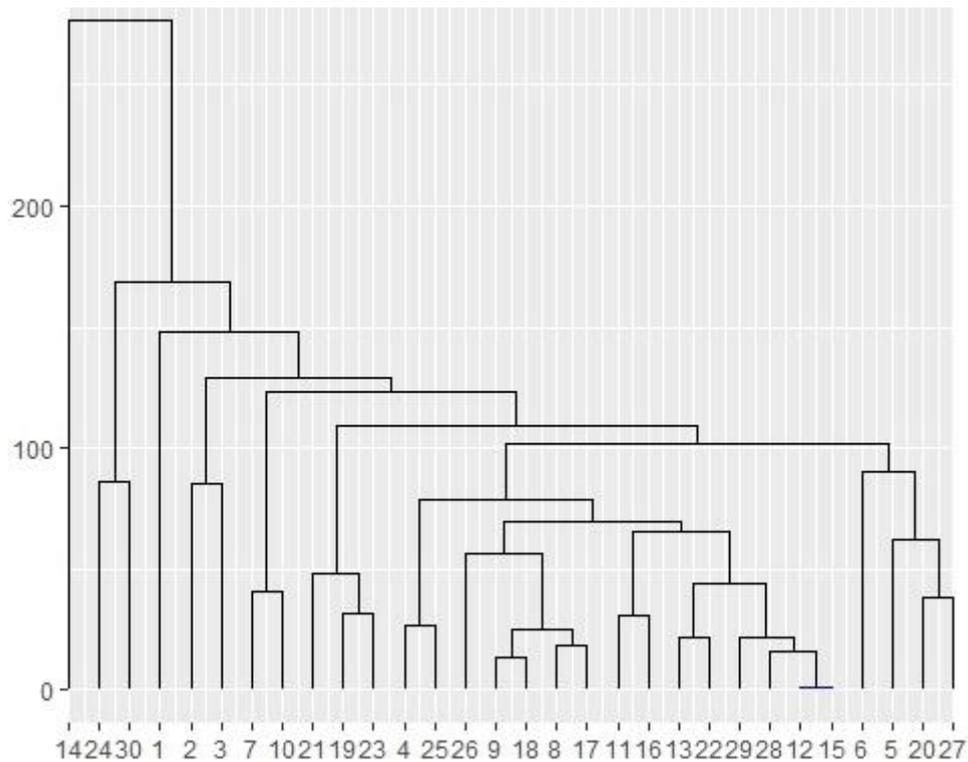


Figura 15 – análise de agrupamento para o modelo com covariável (131), no teste de progênes (PF), medido em 2019. Cores distintas indicam grupos diferentes.

A proporção sexual está em equilíbrio apenas em GO ($1♀:1♂$), enquanto, nas outras, a proporção é $1♀:2♂$, ou seja, o número de machos é o dobro do número de fêmeas (Tabela 9). Em espécies dioicas, costuma se observar equilíbrio (1:1) na distribuição da proporção sexual. Mas os desvios relacionados a um aumento na proporção de machos estão ligados às diferenças na quantidade de energia gasta na reprodução (LLOYD; WEBB, 1977), inclusive influenciam variáveis, como o diâmetro e a altura. Esses machos costumam ser maiores nos primeiros anos de vida, enquanto as fêmeas se tornam maiores em longo prazo, diferenças que também podem ser influenciadas pelo ambiente (ARMSTRONG; IRVINE, 1989).

Em espécies dioicas, os padrões de distribuição espacial costumam ser maiores do que em espécies monoicas, devido a fatores evolutivos, como o fluxo gênico, que interfere na diversidade genética (NAZARENO et al., 2013). Ainda, o fluxo gênico é capaz de determinar a distância de dispersão dos genes (LOISELLE et al., 1995). Esses

padrões também podem estar relacionados aos caracteres ecológicos: enquanto espécies monoicas tem baixa distribuição (baixa densidade/área), e são representadas por matrizes com florescimento assincrônico entre indivíduos com copas largas, as dioicas costumam ter distribuição agregada e florescimento sincrônico (HARRISON; SHANAHAN, 2005; NAZARENO et al., 2013), diminuindo as pressões de dispersão de pólen em longas distâncias, aumentando os cruzamentos correlacionados.

Ao considerar um total de 89 progênies, distribuídas nas três populações, encontrar progênies de meios irmãos com valores próximos ($MI_{CUIA} = 72$, $MI_{GO} = 173$, $MI_{PF} = 43$) são possíveis indicativos de segregação entre machos e fêmeas.

Outra razão para os desvios na proporção sexual pode ser a seleção de gametas durante a fertilização (CORRENS, 1922; LLOYD, 1974), por mecanismos genéticos de determinação sexual (WESTERGAARD, 1958), apomixia, diferenças de investimento de energia na prole pelos pais (FISHER, 1930), mortalidade diferencial (LLOYD, 1973), época de maturação diferente, diferença de potencial de reprodução vegetativa, ou diferenças na produção de flores (OPLER; BAWA, 1978).

Em idades e tamanhos mais jovens, a tendência é de aparecerem mais machos do que fêmeas nas populações, e acredita-se que, com o aumento do tamanho, podem ocorrer trocas de produção de flores (de machos para fêmeas) (QUEENBOROUGH et al., 2007). Essa troca é mais comum em espécies arbustivas e pouco documentada para tropicais e subtropicais (KORPELAINEN, 1998; YAMASHITA; ABE, 2002). Em áreas tropicais, os machos também passam por períodos precoces e mais frequentes de florescimento (ARMSTRONG; IRVINE, 1989).

Tabela 9 – Proporção sexual (r), tamanho efetivo (N_e), média do tamanho efetivo por progênie (\bar{N}_e), porcentagem do tamanho efetivo com relação à população ($N_e(\%)$), tamanho efetivo corrigido ($N'_e(\%)$), tamanho das progênies de meios irmãos (MI), irmãos completos (IC) e irmãos de autofecundação (IA) de *Astronium urundeuva* para três ensaios em área de Cerrado, no município de Selvíria/MS, medidos em 2019.

TP	R	N♂	N♀	MN	SF	N	N_e	N_e (%)	N'_e	N'_e (%)	MI	IC	IA
CUIA	1♀:2♂	246	121	1	140	508	327	64,2	286	56,3	72	143	286
GO	1♀:1♂	405	368	17	130	948	790	83,3	689	72,7	173	345	689
PF	1♀:2♂	147	71	1	246	463	194	41,7	171	36,9	43	86	171

TP = testes de progênies (populações), R= razão sexual N♂ = total de machos na população, N♀= total de fêmeas na população, MN = indivíduos monoicos na população. SF = indivíduos sem floração na população, N = total de indivíduos sobreviventes na população.

O sombreamento de indivíduos de *A. urundeuva* por outras espécies, observado em campo em PF, por exemplo, também pode ter influenciado as estimativas dos parâmetros de floração, seja por adiantar ou atrasar a época de início e fim do evento reprodutivo. O sombreamento pode causar atrasos no início da floração, prolongar o tempo de floração, reduzir o número de flores e sementes produzidas (HLATSHWAYO; WAHOME, 2010), reduzir o peso fresco de flores, aumentar o diâmetro das flores e produzir flores com coloração mais fraca (ZHAO et al., 2012), ou pode estar associada à maior produção de biomassa floral e vegetativa, enquanto uma floração tardia está relacionada à biomassa de frutos (CAI, 2011).

Os caracteres sexuais também podem influenciar, secundariamente, a reprodução da espécie, uma vez que cada sexo tem uma demanda diferente de reprodução (KORGIPOULOU et al., 2019). Ainda, plantas consideradas invasoras também impactam na reprodução de espécies nativas diretamente, por meio da competição por luz e outros recursos (MCKINNEY; GOODELL, 2010).

A estratégia de coleta de sementes, a razão sexual das progênies nas populações, e a proporção de matrizes reprodutivas são parâmetros que influenciam o tamanho efetivo (MARTINS et al., 2018). Se o número de matrizes reprodutoras é baixo (20-

50%, como em PF), o N_e diminui, e é necessário aumentar o número de matrizes a serem amostradas (VENCOVSKY et al, 2012). Além disso, é preciso lembrar que o tamanho efetivo costuma ser menor que o total de indivíduos nos testes de progênes, pois considera apenas os reprodutores ativos, a razão sexual e flutuações na densidade da população (FRANKEL; SOULÉ, 1981; VENCOVSKY, 1987; MONTALVO et al., 1997).

Os três testes de progênes tem bom tamanho efetivo, seja ao considerar o número mínimo viável ($N_e = 50$ (Resende, 2002); CUIA = 326, GO = 789, PF = 193), seja pela média de progênes, ao assumir populações panmíticas ($N_e = 4$; VIEGAS et al., 2011), embora foram detectados desvios de proporção da razão sexual. Mesmo assim, há possibilidade de manutenção da variabilidade genética, para evitar a depressão endogâmica, o que permite manter os três como bancos para a conservação *ex situ* da espécie.

Com relação à superioridade das mães, nos três testes de progênes, houve de uma a três árvores superiores, comparado com o total (30 progênes por teste) (Tabela 10). Embora medida de maneira indireta, uma vez que só se consegue medir a paternidade das progênes usando técnicas moleculares, se se constatasse essa concentração das características superiores em poucas progênes de uma mesma família pode-se indicar que, durante o ano fenológico de produção das sementes que deram origem às progênes plantadas, os cruzamentos foram direcionados às mães dessas progênes.

Por outro lado, a superioridade não necessariamente pode ter apenas origem materna, ou seja, pais superiores podem ter oferecido pólen em maiores quantidades, o que também mantém os cruzamentos direcionados. A concentração na distribuição

sexual dos indivíduos em determinadas áreas também pode ter influenciado os cruzamentos (ARMSTRONG; IRVINE, 1989).

Quando mães são superiores às progênes, não há gametas masculinos de fora que possam contribuir para a formação de progênes superiores. Em contrapartida, quando as progênes são melhores do que as mães, os gametas paternos puderam contribuir para a superioridade dos filhos.

Tabela 10 – Mães superiores às progênes de *Astronium urundeuva* para três testes de progênes em área de Cerrado, no município de Selvíria/MS, medidos em 2019, com dados transformados em Z. Variáveis em negrito são as que foram encontradas para todas as matrizes.

TP	Modelo	Matrizes superiores	Variáveis
CUIA	95 (s/c)	1	ALT, DAP , DMC, FOR , SOB, <i>Ve_q</i>
		2	DAP , FOR , <i>Ve_q</i>
		3	ALT, DAP , DMC, FOR
	135 (c/c)	1	ALT, DAP , DMC, FOR , SOB, Ve_q
		2	DAP , FOR , <i>Ve_q</i>
		3	DAP , DMC, FOR , <i>Ve_q</i>
GO	93 (s/c)	5, 13	SOB
		8, 9, 14, 15	<i>Ve_q</i>
		10	ALT, DAP
		16	ALT, DAP, FOR, <i>Ve_q</i>
		21	FOR
	131 (c/c)	5, 13	SOB
		8, 14, 15	<i>Ve_q</i>
		10	ALT, DAP, SOB, <i>Ve_q</i>
		16	ALT, DAP, FOR, <i>Ve_q</i>
PF	93 (s/c)	14	ALT, DAP, FOR, SOB, Ve_q
		22	Ve_q
	131 (c/c)	14	ALT, DAP, FOR, SOB, Ve_q
		22	Ve_q

TP = teste de progênes; s/c = sem covariável/ c/c = com covariável; ALT = altura, DAP = diâmetro a 1,30 m do solo, DMC = diâmetro médio de copa, FOR = forma do fuste, SOB = sobrevivência, *Ve_q* = volume estimado.

Identificar os genitores nos informa sobre quais progênes estão fora da amostragem, o que permite conhecer padrões de migração e fluxo gênico dentro de uma região (SMOUSE; SORK, 2004). Um aumento no fluxo gênico pode ser causado tanto

pela fragmentação (DICK, 2001), informação nem sempre razoável para as populações, uma vez que modifica o tamanho efetivo e diminui a adaptação local.

Sobrevivência foi o caráter que não apresentou diferença significativa quanto aos efeitos aditivos e de dominância, para progênies de meios irmãos, em um teste de progênie (GO) (Tabela 11). Isso significa que, exceto para SOB a seleção de indivíduos com base nos caracteres avaliados pode ser feita, tanto pela variação aditiva como pela variação de dominância, ou seja, pode-se coletar materiais tanto pela produção de sementes, como pela propagação vegetativa.

Tabela 11 – Significância da correlação entre efeitos aditivos e de dominância, em progênies de meios irmãos, avaliados em *Astronium urundeuva*, em três testes de progênies instalados em área de Cerrado, no município de Selvíria/MS, medidos em 2019, com dados transformados em Z. Valores em negrito não foram significativos.

TP	Variável	s/c		c/c	
		S	p-value	S	p-value
CUIA	ALT	0,8709	< 2,2 *10 ⁻¹⁶	0,8778	< 2,2 *10 ⁻¹⁶
	DAP	0,8832	< 2,2 *10 ⁻¹⁶	0,8869	< 2,2 *10 ⁻¹⁶
	DMC	0,8772	< 2,2 *10 ⁻¹⁶	0,8781	< 2,2 *10 ⁻¹⁶
	FOR	0,8479	< 2,2 *10 ⁻¹⁶	0,8577	< 2,2 *10 ⁻¹⁶
	SOB	0,7434	< 2,2 *10 ⁻¹⁶	0,7919	< 2,2 *10 ⁻¹⁶
	Ve _q	0,7202	< 2,2 *10 ⁻¹⁶	0,7195	< 2,2 *10 ⁻¹⁶
GO	ALT	0,6230	< 2,2 *10 ⁻¹⁶	0,6239	< 2,2 *10 ⁻¹⁶
	DAP	0,7203	< 2,2 *10 ⁻¹⁶	0,7211	< 2,2 *10 ⁻¹⁶
	DMC	0,6333	< 2,2 *10 ⁻¹⁶	0,6332	< 2,2 *10 ⁻¹⁶
	FOR	0,5719	< 2,2 *10 ⁻¹⁶	0,5569	< 2,2 *10 ⁻¹⁶
	SOB	0,0241	0,4285	0,0700	0,02141
	Ve _q	0,6680	< 2,2 *10 ⁻¹⁶	0,6750	< 2,2 *10 ⁻¹⁶
PF	ALT	0,7794	< 2,2 *10 ⁻¹⁶	0,7956	< 2,2 *10 ⁻¹⁶
	DAP	0,8137	< 2,2 *10 ⁻¹⁶	0,8169	< 2,2 *10 ⁻¹⁶
	DMC	0,7242	< 2,2 *10 ⁻¹⁶	0,7370	< 2,2 *10 ⁻¹⁶
	FOR	0,8399	< 2,2 *10 ⁻¹⁶	0,8316	< 2,2 *10 ⁻¹⁶
	SOB	0,5188	< 2,2 *10 ⁻¹⁶	0,4203	< 2,2 *10 ⁻¹⁶
	Ve _q	0,7726	< 2,2 *10 ⁻¹⁶	0,7800	< 2,2 *10 ⁻¹⁶

TP = testes de progênies; s/c = sem covariável; c/c = com covariável

Os efeitos aditivos são transmitidos entre as gerações, enquanto os efeitos de dominância não são explorados na seleção, uma vez que não se consegue repetir os

genótipos dos indivíduos selecionados. Quando o genótipo do indivíduo selecionado é transmitido para a próxima geração, os efeitos de dominância também são explorados. Se uso deve ser considerado, pois ajuda a avaliar os ganhos, que também otimiza a idade de seleção no melhoramento.

Existem poucos estudos, mesmo nas espécies de importância agrônômica, relacionados a esses efeitos, devido principalmente à dificuldade de se usar polinização controlada, sobretudo em espécies florestais (BOUVET et al., 2008). Em espécies perenes, os efeitos aditivos costumam exceder os efeitos de dominância para caracteres de crescimento. Efeitos da seleção fenotípica nos parentais podem influenciar as estimativas aditivas e de dominância. A natureza do efeito de dominância depende também do efeito entre alelos e sua frequência (GALLAIS, 1991; LYNCH; WALSH, 1998). O percentual de mortalidade também pode mudar as variâncias conforme a idade (VOLKER et al., 2008).

Além disso, efeitos aditivos costumam ser mais influentes nos primeiros anos dos plantios, enquanto os de dominância começam a aparecer mais conforme a população se torna mais velha (ISIK et al., 2003). Essas informações se tornam importantes para a seleção em idades mais avançadas, para certos caracteres. Testes com indivíduos propagados vegetativamente devem ser aplicados, a fim de avaliar os efeitos de dominância sobre os caracteres de interesse.

4.4. Conclusão

As três populações, vindas de diferentes áreas de Cerrado, instaladas na região leste do Mato Grosso do Sul (Selvíria-MS) apresentaram comportamento parecido com os resultados em literatura, seja em consórcio ou em plantio homogêneo, representaram áreas típicas de Cerrado, com boa diversidade genética.

O uso de covariáveis não se mostrou tão eficiente nos testes de progênies avaliados, devido à longevidade da espécie de trabalho, pelo espaçamento inicial relativamente grande estabelecido durante o plantio.

As populações tendem ao desequilíbrio quanto à razão sexual. Por isso, cuidados com a amostragem em populações naturais, como coletas em matrizes separadas por distâncias maiores, por exemplo, devem ser realizados durante a obtenção de germoplasma.

Há correlação significativa entre os efeitos aditivos e os efeitos de dominância, para a maioria das variáveis, dentro dos três testes de progênies estudados. Ao considerarmos as três populações, tanto a seleção pelos valores aditivos quanto os de dominância podem ser utilizados na obtenção de bons genitores.

5. O IMPACTO DAS FLUTUAÇÕES CLIMÁTICAS NOS CARACTERES SILVICULTURAIS DE *Astronium urundeuva* (M. ALLEMÃO) ENGL.

Resumo

Atualmente, o ser humano é considerado fator responsável pela modificação nas condições do planeta, que costumam ser catastróficas, sem considerar a escala geológica de tempo, mas não impedem de elaborar estratégias de redução dos impactos. Espécie presente no Cerrado, *Astronium urundeuva*, bastante explorada economicamente, tem sua distribuição conhecida na paisagem, mas sem informações frente às mudanças climáticas. Este trabalho teve por objetivo, verificar o comportamento silvicultural da espécie frente às condições atuais. Progênies de três populações (Cerrado e transição Mata Atlântica/Cerrado) foram mensuradas pelas variáveis silviculturais altura (ALT) e diâmetro a altura do peito (DAP) em 2019. Dados climáticos (temperatura, precipitação, evapotranspiração e água disponível no solo, médias e acumuladas) também foram coletados entre os anos de 1996 e 2018. Análises quanto ao balanço hídrico descritivo e sequencial, estatísticas descritivas, testes de colinearidade e uma regressão linear múltipla foram realizados. Houve déficit hídrico em todos os anos (-12,7 mm), o que mostra que a distribuição das chuvas na região de Selvíria-MS é ruim e concentrada no verão. As médias de altura variaram entre 8,02 m a 10,69 m, enquanto que as de DAP, 0,10 m a 0,12 m, com alta variabilidade (Coeficientes de Variação entre 21,99% a 34,77%). Houve correlação significativa entre ALT, DAP, T_m , Eto_m e Eto_a ; e entre as climáticas, Eto_m , Eto_a e H_2O_a , que evidenciou a importância da água disponível no ambiente. A regressão linear múltipla mostrou que Eto_m tem relação direta e negativa com as variáveis silviculturais, implicando perdas de produtividade com o aumento da evapotranspiração. Mesmo não sendo espécie típica do Cerrado, *A. urundeuva* pode ter se adaptado às condições do domínio fitogeográfico, de crescimento lento frente ao

déficit hídrico para sua sobrevivência, considerando que, no Brasil, as mudanças climáticas tem sido resultantes de variações anuais e não temporais.

Palavras-chave: germoplasma, seleção, evapotranspiração.

5.1. Introdução

As evidências relacionadas às mudanças climáticas ainda costumam ser pouco aceitas politicamente, dificultando a criação de estratégias de prevenção (MARTINS et al., 2010). É a primeira vez que um agente biótico causa tantas modificações ao mesmo tempo, considerado um problema na história da Terra. Mas, ao olharmos a escala de tempo geológico, o ser humano é um pequeno ponto de interferência na existência do planeta. Mesmo assim, tem sacrificado a própria existência (TER STEEGE, 2010).

As predições acerca das mudanças climáticas costumam ser catastróficas, e as evidências, mais catastróficas ainda, mas possuem importante papel no desenvolvimento de estratégias quanto à redução de impactos, e são falham devido à multiplicidade de metodologias e da alta variabilidade dos resultados, o que dificulta a visualização de um cenário claro sobre o futuro (PEREIRA et al., 2011, BELLARD et al., 2012, SANTOS et al., 2020). Essas predições são feitas em cima de modelos, usados para inferir cenários possíveis, usando dados de diferentes origens (paleontológicos, recentes, experimentos, observações e meta-análises) (LEPETZ et al., 2009; ALVARES et al., 2021). Esses modelos também focam apenas em um tipo de resposta: mudanças espaciais, sem considerar outros aspectos. Por ser uma ciência em fase inicial, ainda há muito o que ser melhorado (BELLARD et al., 2012).

Seus impactos também são medidos sobre os processos ecológicos (SCHEFFERS et al., 2016). Os efeitos do clima são avaliados, sobretudo quanto às mudanças de áreas de ocorrência geográfica e dinâmica populacional, e permitem quantificar, inclusive, perdas de diversidade genética em espécies (LIMA et al, 2017; ABREU-JARDIM, 2018). Mudanças na distribuição de espécies florestais nativas simuladas em cenários climáticos futuros foram reportadas (SIQUEIRA; PETERSON, 2003; WREGE et al., 2009; DIAZ et al., 2011; SIMON et al., 2013; GUITÉRREZ; TREJO, 2014; DIAZ et al., 2016), inclusive com diminuição ou extinção de espécies em regiões naturais (GUITÉRREZ; TREJO, 2014).

O Brasil está entre as regiões mais vulneráveis às mudanças climáticas, e não há segurança, pois, a nossa economia é bastante dependente dos recursos naturais renováveis. Além disso, a grande biodiversidade presente nos trópicos, com pouca elasticidade adaptativa, pouco tolerante às mudanças abruptas, mostra o quanto nosso patrimônio é vulnerável (NOBRE, 2008). No Cerrado, até 90% das espécies sofrerão redução da distribuição espacial (SIQUEIRA; PETERSON, 2003), com grandes impactos na economia, devido à perda de viabilidade de uso (NABOUT et al., 2011). As perdas na distribuição geográfica das espécies de Cerrado podem chegar a 78%, em média (SIMON et al., 2013).

A ocupação do Cerrado é majoritariamente voltada à produção agropecuária, são as áreas que sofrem maiores pressões de desmatamento (SILVA et al., 2012; AUBERTIN, 2013). Ao lembrar que o Cerrado é formado por um complexo de ecossistemas, a expansão agrícola causa fragmentação de habitats, o que diminui a viabilidade e reprodução das espécies, intensifica a substituição de áreas nativas, compromete a biodiversidade e as funções ecossistêmicas do bioma (CARVALHO et al., 2009, SILVA et al., 2012). Ainda, a concorrência com as espécies agrícolas e suas

fronteiras faz com que áreas florestais sejam instaladas em condições mais restritas à produção (ALVARES et al., 2021). No Brasil, conforme as projeções do IPCC, haverá expansão dos climas tropicais para áridos, com maior ocorrência de eventos extremos e desequilíbrio ecológico (ALVARES et al., 2021).

Dentro das espécies que ocorrem no Cerrado, a aroeira (*Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl., Anacardiaceae) é uma espécie tropical, dioica e nativa do Brasil (SILVA-LUZ et al., 2019), de alta densidade da madeira (1,19 g cm⁻³) (PAES et al., 2009), secundária tardia ou pioneira antrópica (KAGEYAMA et al., 1994; FERRETTI et al., 1995), polinizada por abelhas e dispersa pelo vento, com ocasional dispersão por psitacídeos (LORENZI et al., 1992, CARVALHO, 1994). Embora esteja fora da lista de espécies ameaçadas do Ministério do Meio Ambiente (LUZ et al., 2019), foi e ainda é uma espécie bastante explorada legal, mas principalmente ilegalmente (MORAES; FREITAS, 1997), devido aos seus múltiplos usos madeireiros (conhecida como a madeira mais dura do Brasil) e não madeireiros (de amplo uso medicinal) (CHAVES et al., 1998, VIANA et al., 2003, MONTEIRO et al., 2006, LUCENA et al., 2008, OLIVEIRA et al., 2010). Apesar dos esforços para o manejo e conservação da espécie, sua capacidade de sobrevivência está comprometida (FREITAS et al., 2006).

Uma vez que os padrões de distribuição nas espécies tropicais ainda não são tão bem elucidados (KANASHIRO et al., 2002), conhecê-los na paisagem se torna importante não só para a conservação dos recursos naturais, como para a sua adaptação frente às mudanças climáticas. Como o Cerrado é considerado, então, um complexo de ecorregiões distintas, e *A. urundeuva* como espécie distribuída amplamente pelo bioma, este trabalho teve como objetivo investigar se a espécie será capaz de sobreviver frente às flutuações climáticas, por meio da avaliação de caracteres silviculturais de importância econômica para a espécie arbórea em questão.

5.2. Material e Métodos

Os caracteres silviculturais avaliados, em cada teste de progênies, foram: altura (ALT, m) e diâmetro a altura do peito (DAP, m), para todos os indivíduos. As características climáticas gerais, tais como temperatura média anual (T_m , °C), precipitação média (P_m , mm), precipitação acumulada (P_a , mm), evapotranspiração de referência média (Eto_m , mm), evapotranspiração de referência acumulada (Eto_a , mm) e quantidade de água disponível no solo (dada por $H_2O_d = P_a - Eto_a$, mm), no período de 1996 a 2018, foram obtidas a partir do Canal Clima da UNESP de Ilha Solteira (UNESP, 2020).

5.2.1. Análise dos dados

O balanço hídrico climatológico, criado por Thornthwaite e Mather (1955), é uma forma de avaliar a variação do armazenamento de água do solo, ao contabilizar a chuva e a evapotranspiração em um ecossistema, assume uma capacidade de água disponível no solo (CAD) de 60 mm, ou seja, profundidade média do solo de 60 cm, para culturas perenes, como é o caso de *A. urundeuva*, além da predominância de argissolos ($CAD = 1,0 \text{ mm cm}^{-1}$) (REICHARDT, 1987). O balanço hídrico é dividido em dois tipos: o climatológico ou descritivo (BHD) e o sequencial (BHS). O BHS foi determinado por meio dos dados médios mensais de 2018 de precipitação, da Estação Agrometeorológica de Ilha Solteira, operada pela Área de Hidráulica e Irrigação da UNESP de Ilha Solteira, evapotranspiração de referência (Eto), calculada a partir da equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998, ROLIM et al., 1998). A série histórica descritiva (BHD) foi determinada pelas médias anuais de 1996 a 2018, uma vez que os ensaios foram instalados a partir de 1996 (PF, Tabela 3).

As estimativas de crescimento dos caracteres silviculturais, para os anos anteriores à coleta de dados (2019) foram feitas a partir do incremento médio anual ($IMA = Y/I$), em que Y = valor da variável de interesse (normalmente, usa-se o volume de madeira), I = idade da árvore no ano de avaliação da variável de interesse (RODRIGUES, 1991).

Para fins de comparação entre as populações, quando necessário, os dados silviculturais originais foram submetidos à transformação via índice Z ($Z_{ij} = (y_{ij} - y_{-j})/s_j$), em que Z_{ij} é o valor da variável padronizada na população i ($i = 1, 2, 3$) na repetição j ($j = 1, 2, 3, \dots$); y_{ij} é a observação da variável da população i na repetição j ; y_{-j} é a média geral da variável das três populações na repetição j e s_j é o desvio padrão fenotípico da variável da repetição j (MENDES et al., 2009; REIS et al., 2011), que consiste na transformação dos resultados em números puros, semelhante à distribuição normal, porém, com valores sempre positivos e entre zero e três, o que permite comparar populações em idades diferentes para uma mesma variável. Ainda, Z é um índice que ajuda a escolher as variáveis mais favoráveis à seleção, uma vez que valores mais próximos de três indicam materiais melhores.

As estatísticas descritivas (média, variância, etc.) para todas as variáveis (climáticas e silviculturais) foram executadas no SELEGEN (modelo 105 - Estatística Geral) (RESENDE, 2007; RESENDE, 2016).

No R (R CORE TEAM, 2021), foram feitas todas as análises relacionadas à regressão linear múltipla: análise de variância múltipla, teste F e coeficientes de determinação (r^2) múltiplo e ajustado, medidas de dispersão, com os pacotes *GGally* (SCHLOERKE et al., 2021) e *corrplot* (WEI; SIMKO, 2021).

Ainda, também foram feitos no R os testes de colinearidade geral, tais como o determinante da matriz de correlação (COOLEY; LOHNES, 1971), o teste de χ^2 para

presença de multicolinearidade de Farrar (FARRAR; GLAUBER, 1967), o indicador Red (KOVACS et al., 2005), a soma dos valores inversos de λ (CHATTERJEE; PRICE, 1977), o indicador de Theil (THEIL, 1971) e o número condicional, com ou sem intercepto (BELSLEY et al., 1980); os testes de colinearidade individual, tais como o fator de inflação da variância (VIF) (MARQUARDT, 1970), tolerância (TOL, inverso do VIF), o teste F de Farrar para determinação da multicolinearidade (W_i) (FARRAR; GLAUBER, 1967), o teste F auxiliar para relação entre F e r^2 (F_i) (GUJARATI; PORTER, 2008), o método de Leamer (GREENE, 2002), o VIF corrigido (CVIF, CURTO; PINTO, 2011), a regra de Klein (KLEIN, 1962) e os estimadores IND1 e IND2 (IMDAD et al., 2019), com o pacote *mctest* (IMDADULLAH et al., 2016; IMDAD; ASLAM, 2018; IMDAD et al., 2019).

A partir dos resultados dos testes de colinearidade, no R, ainda, foi executada uma análise passo-a-passo (*stepwise*), usada para escolher o melhor modelo, de acordo com o menor critério de Akaike (AIC). Posteriormente, foi feita uma nova análise de variância, a partir dos dados preditos, para o melhor modelo de cada população, por meio de correlação simples (r de Pearson) e dos testes de normalidade dos dados preditos (Shapiro-Wilk, Lilliefors, Anderson-Darling, Cramer-Von Mises), com o pacote *nortest* (GROSS; LIGGES, 2015).

5.3. Resultados e Discussão

De 1996 a 2018, a temperatura média anual variou entre 24,4 e 25,6 °C (Figura 15), enquanto ao longo dos 23 anos sempre houve déficit hídrico (média de 179 mm ano⁻¹), embora a precipitação média anual (1363 mm) esteja de acordo com os padrões da região (Tabela 12, Figura 16). Isso implica que, ao longo do tempo, faltou água nos plantios ($H_2O_d = -179,8$ mm) (Figura 17), concordando com DAMIÃO et al. (2010),

SCHUTZE et al. (2012), SILVA et al. (2017), ARAUJO et al. (2018) para a região de estudo. Em *Eucalyptus* spp., a temperatura influencia principalmente a regulação do metabolismo da planta, favorecendo a divisão celular (CUNHA et al., 2009). Estudando espécies florestais da Floresta Ombrófila Mista, KANIESKI et al. (2012) estimaram correlações positivas e significativas para a temperatura média, com relação à altura e DAP, sendo a temperatura considerada um dos principais fatores de avaliação (CARDOSO, 1991).

Quando há correlação de uma variável qualquer com a temperatura, significa que a espécie é mais sensível às mudanças na temperatura, ligado ao seu crescimento. Outros fatores também podem estar relacionados, como o comportamento fenológico, por exemplo, refletindo na formação do câmbio (ZANON; FINGER, 2010; KANIESKI et al., 2012). A temperatura máxima do dia e a pluviosidade podem ser responsáveis por influenciar o crescimento em diâmetro (SCHIPPERS et al., 2015). Essas são variáveis provavelmente ligadas ao aumento da respiração, queda da fotossíntese e da condutância estomática, em resposta ao aumento na demanda de água.

Adaptação e aclimação são estratégias adotadas para lidar com as mudanças climáticas, a partir de adaptações genótípicas e fenótípicas, para que as plantas consigam crescer e se reproduzir, apesar do estresse. Por isso, faz-se importante a seleção dos genótipos e procedências mais adequados, adoção de técnicas adequadas em viveiro e monitoramento dos plantios (HIGA; PELLEGRINO, 2013).

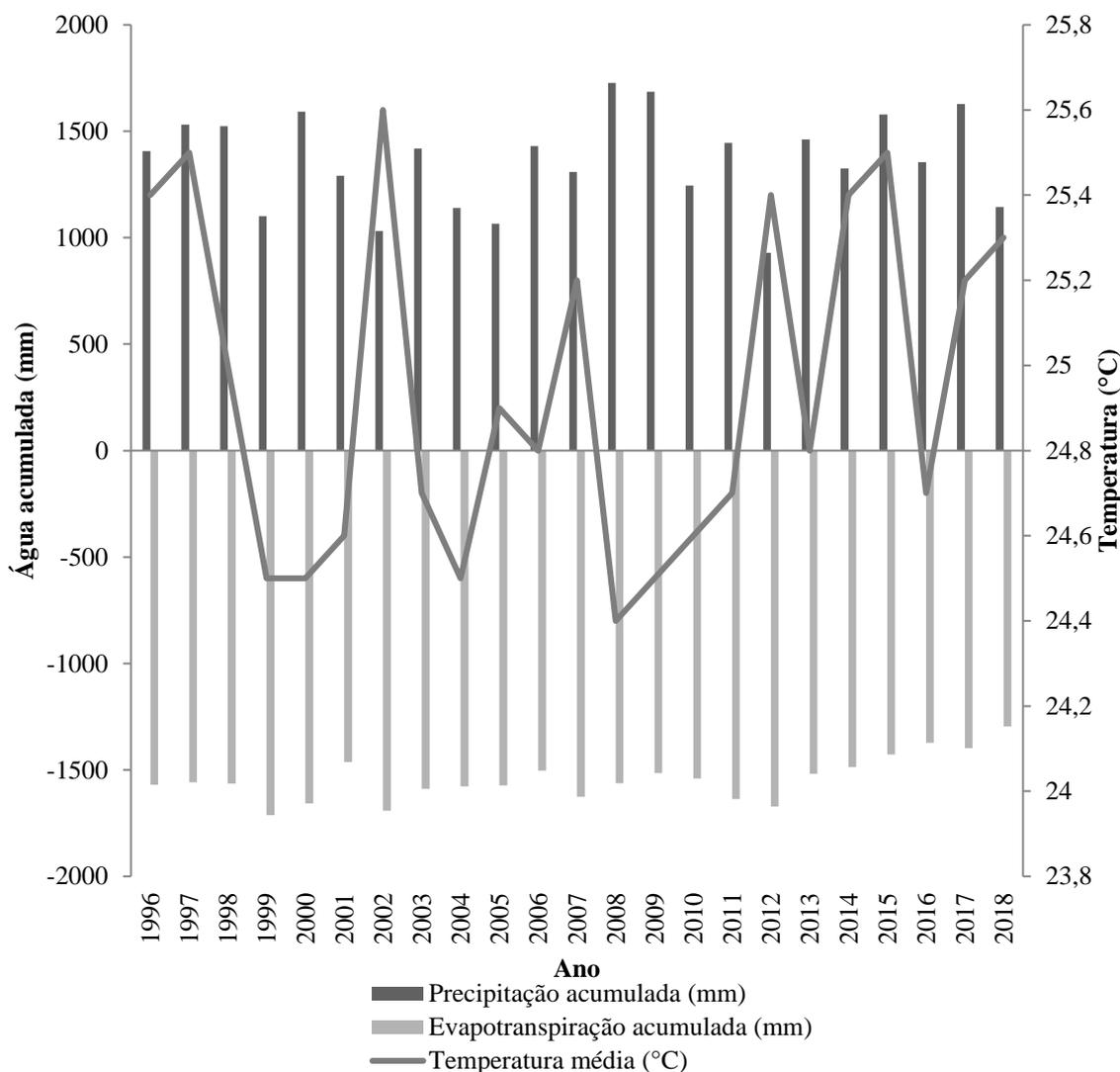


Figura 16 - Temperatura média anual (T_m), precipitação (P_a) e evapotranspiração de referência acumuladas (Eto_a), para o município de Selvíria, MS entre os anos de 1996 e 2018.

Tabela 12 - Análises estatísticas básicas para o balanço hídrico descritivo em Selvíria-MS entre os anos de 1996 e 2018.

Parâmetros	T_m (°C)	P_m (mm)	P_a (mm)	Eto_m (mm)	Eto_a (mm)	H_2O_d (mm)
Média	24,94	3,75	1363,89	4,28	-1543,67	-179,78
Variância	0,16	0,39	48315,22	0,08	10872,05	71441,88
Desvio	0,40	0,63	219,81	0,29	104,27	267,29
CV %	1,59	16,66	16,12	6,77	6,75	148,68
Máximo	25,6	4,7	1727,6	4,7	-1296,0	230,7
Mínimo	24,4	2,5	929,8	3,6	-1712,0	-742,4

T_m : temperatura média anual, P_m : precipitação média anual, P_a : precipitação acumulada anual, Eto_m : evapotranspiração de referência média anual, Eto_a : evapotranspiração de referência acumulada anual, H_2O_d : água disponível média anual.

Foram poucos os anos em que houve chuvas superiores à evapotranspiração na região, dentro do período (1996 a 2018) (Figura 17, Tabela 13). O padrão consiste em déficit hídrico, com relação à disponibilidade de água. Em 2018, nota-se que a evapotranspiração é relativamente constante, enquanto a precipitação média mensal é mal distribuída, que ocorre, principalmente na primavera e no verão (de outubro a janeiro, Figura 18), típico do clima da região de Selvíria. PEREIRA et al. (2011) relataram que a distribuição de chuvas na região é ruim e concentrada (80%, no verão), com altos índices de evapotranspiração, sujeita à veranicos (HERNANDEZ et al., 2003).

Na agricultura, as informações quanto ao balanço hídrico, seja ele descritivo ou sequencial, são importantes, pois caracterizam o regime hídrico de uma área de interesse: época apropriada para o preparo do solo, semeadura, plantio, viabilidade de implantação de sistemas de drenagem ou irrigação e definição de épocas de falta de água (SCHUTZE et al., 2013). Devido à sua grande extensão, o Brasil é dividido em três áreas climáticas (BINKLEY et al., 2017): úmido, subúmido e seco. Estas categorias estão relacionadas, principalmente, à quantidade de água no ar e no solo, ainda que haja maior evapotranspiração com relação à precipitação, fazendo as espécies buscarem água em locais mais profundos (HUANG et al., 2009; ROCHA et al., 2020). Essas informações se tornam importantes para o presente trabalho, uma vez que seu propósito avalia o comportamento de três testes de progênies, de procedências (e características) diferentes de dentro de um mesmo bioma, em outra região com ambiente relativamente parecido com os de origem.

O déficit de água médio é de 173 mm ano^{-1} na região de Selvíria-MS, variável crítica para a produtividade florestal (GOLFARI et al., 1978), existe uma relação direta entre a disponibilidade hídrica e a produtividade florestal, dada pelos efeitos diretos e

indiretos deste no crescimento das árvores, tais como a queda na taxa fotossintética e aumento da resistência estomática (VOSE; SWANK, 1994), queda no aporte nutricional às árvores (por fluxo de massa e difusão), queda da velocidade de mineralização do material orgânico, até mesmo o colapso em nível celular (SANDS; MULLIGAN, 1990). Em climas mais quentes e secos, as plantas estão sujeitas às condições de seca, como consequência da baixa precipitação e da alta temperatura, que causa altos níveis de déficit hídrico (YUAN et al., 2019; FIRRINCIELI et al., 2020).

Enquanto isso, a disponibilidade hídrica no solo é influenciada, principalmente, pela temperatura e pela distribuição espaço-temporal das precipitações (SOUZA et al., 2004). Na estação seca, os plantios sofrem mudanças sazonais durante o ano, pois a água se torna fator limitante (ALMEIDA et al., 2007). Em plantios de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden (Myrtaceae) com cerca de sete anos de idade, o controle estomático foi eficiente em condições de baixa disponibilidade de água no solo (ALMEIDA; SOARES, 2003). Em uma espécie típica do Cerrado, o pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess., Caryocaraceae), o crescimento se manteve lento, mesmo no período de estiagem e com condições hídricas de solo limitantes à maioria das espécies, a partir de mecanismos de tolerância à seca (ALVES-JÚNIOR et al., 2013).

Doorenbos e Kassam (1994) relataram que existe relação direta entre a evapotranspiração e o crescimento. Plantas possuem mecanismos e processos que permitem lidar com o déficit hídrico periódico e severo, com perdas de crescimento, a fim de possibilitar a sua sobrevivência (GONÇALVES et al., 2017). Espécies do Cerrado tendem a realocar carboidratos para o rápido crescimento do sistema radicular e desenvolvimento de órgãos de reserva, para garantir a sobrevivência dos indivíduos na estação seca (ALVES-JÚNIOR et al., 2013).

Vários processos fisiológicos em plantas são afetados pelo déficit hídrico. Como o crescimento é controlado pela divisão e expansão celular, com menos água disponível para manter células das zonas de crescimento flácidas (que é o estado considerado normal das células), há queda no crescimento vegetativo (TAIZ; ZEIGER, 2004). O fato de serem três testes de progênies, de procedências/regiões distintas, diferentes níveis de antropização e a própria amostragem de coleta e instalação dos testes também podem alterar os resultados encontrados.

Outras razões para mudanças nas taxas de produtividade florestal estão ligadas à identificação de grupos de progênies e áreas (SCOLFORO et al., 2019), e ao efeito do genótipo, à interação genótipo e ambiente (BINKLEY, 2018), mas também em função dos sistemas de manejo: seleção genética, tratos silviculturais (preparo da área, adubação, espaçamento, matocompetição e proteção contra pragas e doenças) (BINKLEY et al., 2020). A dominância entre indivíduos também pode ser uma característica influente em plantios envolvendo diversidade genética ou entre espécies, o que é o nosso caso, ao apresentar nichos particionados, reduzir a competição ou promover a facilitação (FORRESTER, 2014), padrão diferente de povoamentos monoclonais. Também, o espaçamento está relacionado à disponibilidade de água, uma vez que com o adensamento, a captação de água disponível no solo é maior, a fim de atender às necessidades fisiológicas das plantas (FORRESTER, 2015; HAKAMADA et al., 2020), diferindo de populações naturais (WHITEHEAD et al., 1984).

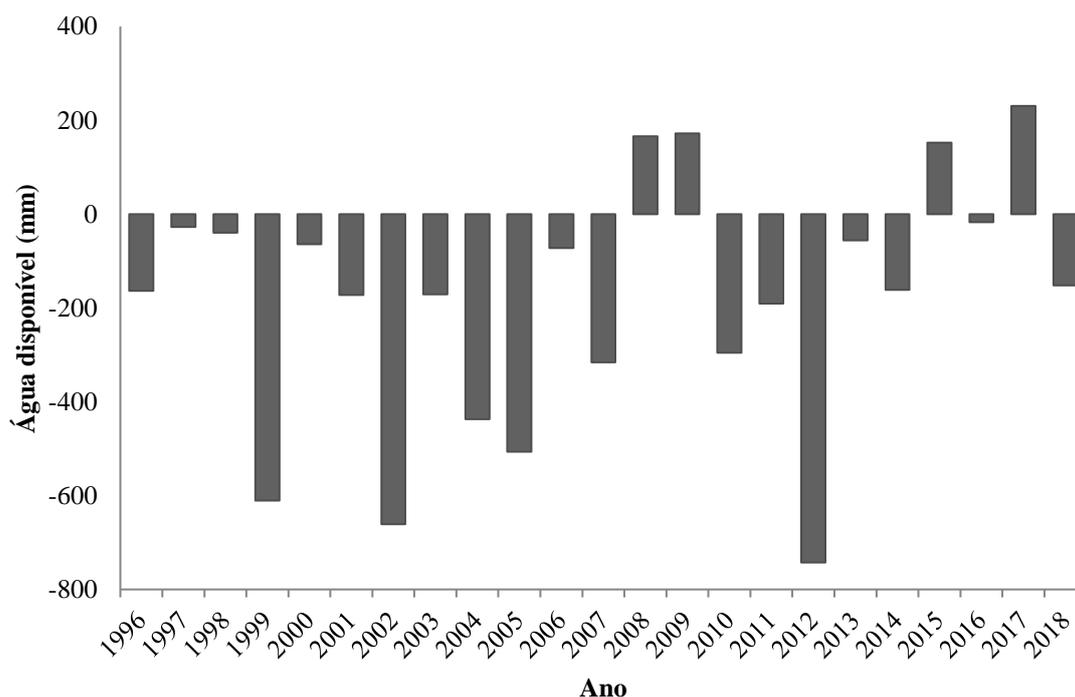


Figura 17 - Quantidade de água disponível no solo entre os anos de 1996 e 2018 no município de Selvíria-MS.

Tabela 13 - Análises estatísticas descritivas do balanço hídrico sequencial do município de Selvíria-MS, em 2018.

Parâmetros	P_m (mm)	P_a (mm)	Eto_m (mm)	Eto_a (mm)	BHS_m (mm)	BHS_a (mm)	H_2O_d (mm)
Média	3,14	95,33	3,55	-108,00	-0,41	-12,68	-12,68
Variância	8,88	8277,26	0,31	297,79	7,20	6755,63	6755,63
Desvio padrão	2,98	90,98	0,56	17,26	2,68	82,19	82,19
CV %	94,80	95,44	15,77	-15,98	-656,44	-648,46	-648,46
Máximo	8,4	259,8	4,43	-74,7	4,5	137,1	137,1
Mínimo	0,0	0,0	2,5	-137,2	-3,0	-93,4	-93,4

P_m : precipitação média mensal, P_a : precipitação acumulada mensal, Eto_m : evapotranspiração de referência média mensal, Eto_a : evapotranspiração de referência acumulada mensal, BHS_m : balanço hídrico sequencial médio mensal, BHS_a : balanço hídrico sequencial acumulado mensal, H_2O_d : água disponível média mensal.

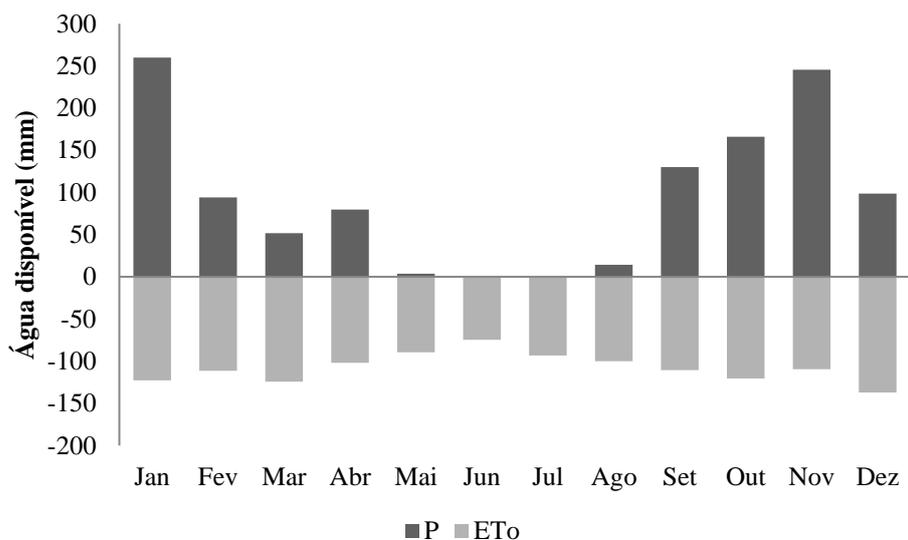


Figura 18 - Balanço hídrico sequencial no município de Selvíria-MS para o ano de 2018. P: precipitação acumulada, ETo: evapotranspiração de referência acumulada.

As médias de altura variaram entre 8,02 m (CUIA) e 10,69 m (PF), enquanto o DAP variou entre 0,10 m (CUIA) e 0,13 m (PF), com CVs entre 21,99 % (ALT-PF) e 34,77 % (DAP-GO), que indicam presença de variabilidade (Tabela 14). Ao padronizarmos esses resultados com a estatística Z, para as mesmas variáveis, nas mesmas populações, as médias encontradas variaram entre 2,5629 (ALT-CUIA) e 2,6887 (ALT-GO) e 2,6347 (DAP-CUIA) e 2,7981 (DAP-GO), com CVs entre 37,26 % (ALT-GO) e 38,73 % (ALT-CUIA) e 35,05 % (DAP-GO) e 37,64 % (DAP-CUIA) (Tabela 15). Essas variáveis foram utilizadas em função da sua facilidade de medição em campo, sua importância econômica e sua significância com relação às outras variáveis medidas em campo (ver capítulo anterior).

Tabela 14 - Análises estatísticas descritivas para as variáveis silviculturais altura (ALT) e diâmetro a altura do peito (DAP), dos três testes de progênies de *Astronium urundeuva* instalados em Selvíria-MS, medidos em 2019, sem transformação dos dados em Z.

TP / Parâmetros	CUIA (n=615, p=29)		GO (n=1080, p=30)		PF (n=540, p=30)	
	ALT (m)	DAP (m)	ALT (m)	DAP (m)	ALT (m)	DAP (m)
Média	8,02	0,10	10,17	0,12	10,69	0,13
Variância	3,5244	0,0011	7,1732	0,0019	5,5236	0,0018
Desvio	1,8773	0,0331	2,6783	0,0434	2,3502	0,0428
CV%	23,41	32,80	26,33	34,77	21,99	32,88
Máximo	13	0,234	18,6	0,303	17,7	0,245
Mínimo	2,9	0,023	1,8	0,012	3	0,018

TP = testes de progênies, n = número de indivíduos, p = número de progênies.

Tabela 15 - Análises estatísticas descritivas para as variáveis silviculturais altura (ALT) e diâmetro a altura do peito (DAP), dos três testes de progênies de *Astronium urundeuva* instalados em Selvíria-MS, medidos em 2019, com transformação dos dados em Z.

TP / Parâmetros	CUIA (n=615, p=29)		GO (n=1080, p=30)		PF (n=540, p=30)	
	ALT	DAP	ALT	DAP	ALT	DAP
Média	2,5629	2,6347	2,6887	2,7981	2,6337	2,6874
Variância	0,9851	0,9838	1,0034	0,9621	0,9972	1,0182
Desvio	0,9925	0,9918	1,0017	0,9809	0,9986	1,0090
CV%	38,7263	37,6447	37,2558	35,0543	37,9156	37,5475
Máximo	4,3700	5,6800	4,9800	6,0600	4,5900	4,9100
Mínimo	0,7600	1,0000	0,6400	1,0000	0,5800	0,8300

TP = testes de progênies, n = número de indivíduos, p = número de progênies.

Para a correlação entre as variáveis silviculturais e climáticas, com os dados já padronizados, houve correlação significativa em CUIA entre ALT- Eto_m e DAP- Eto_m (-0,870, 1%), ALT- Eto_a e DAP- Eto_a (0,884, 1%); em GO, entre ALT- T_m e DAP- T_m (0,535, 5%), ALT- Eto_m e DAP- Eto_m (-0,666, 1%), ALT- Eto_a e DAP- Eto_a (0,696, 1%); em PF, ALT- Eto_a e DAP- Eto_a (0,637, 1%) (Figuras 19, 20 e 21, respectivamente). Quanto maior a evapotranspiração média, menor o crescimento dos indivíduos. Na prática, ao considerarmos que *A. urundeuva* é uma espécie longeva, seu tempo de crescimento aumentaria mais ainda, o que impactaria em vários processos fisiológicos.

Entre as variáveis climáticas, houve correlação significativa negativa entre $Eto_m-H_2O_d$ (CUIA = -0,692, 5%; GO = -0,590, 5%; PF = -0,617, 1%) e correlação significativa positiva entre $Eto_a-H_2O_d$ (CUIA = 0,674, 5%; GO = 0,576, 5%; PF = 0,612, 1%). Isso evidencia o papel da disponibilidade de água no ambiente, mais importante do que fatores como a temperatura, por exemplo. Embora principais fatores que podem alterar o desenvolvimento das árvores estejam relacionados ao aumento na concentração de CO₂, aumento da temperatura, precipitação acima do normal e estiagem (CHMURA et al., 2011).

CUNHA et al. (2009), em *Eucalyptus* sp., verificaram baixas correlações entre a produtividade de minicepas clonais, com relação às variáveis climáticas (luz, temperatura e umidade). O efeito da seca interfere, principalmente na regulação da abertura dos estômatos, que afeta diretamente a fotossíntese (URBAN et al., 2017). Variáveis ambientais, como radiação, precipitação, temperatura e umidade tem efeitos diretos na abertura e fechamento de estômatos, regulando o CO₂ da fotossíntese (FIRRINCIELI et al., 2020).

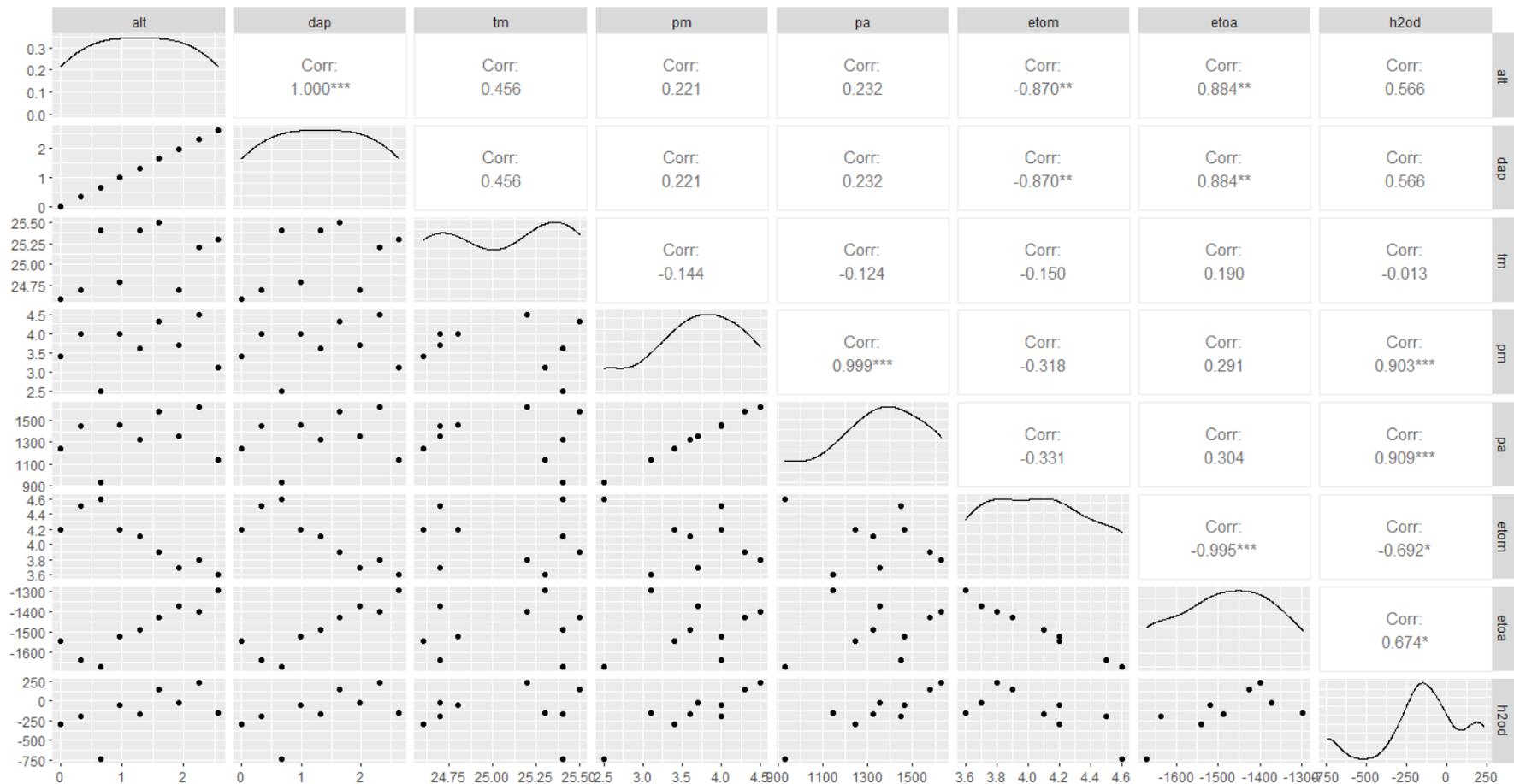


Figura 19 - Análises de dispersão, distribuição e correlação dos dados de altura (ALT) e diâmetro a altura do peito (DAP) padronizados para a população CUIA e dados climáticos (temperatura média: T_m , precipitação média: P_m , precipitação acumulada: P_a , evapotranspiração de referência média: $Etom$, evapotranspiração de referência acumulada: $Etoa$, quantidade de água disponível para uso: H_2O_d), para três ensaios de *Astronium urundeuva*, instalados em Selvíria-MS em 2019. *significativo a 5%, **significativo a 1%, *significativo a 0,1%.**

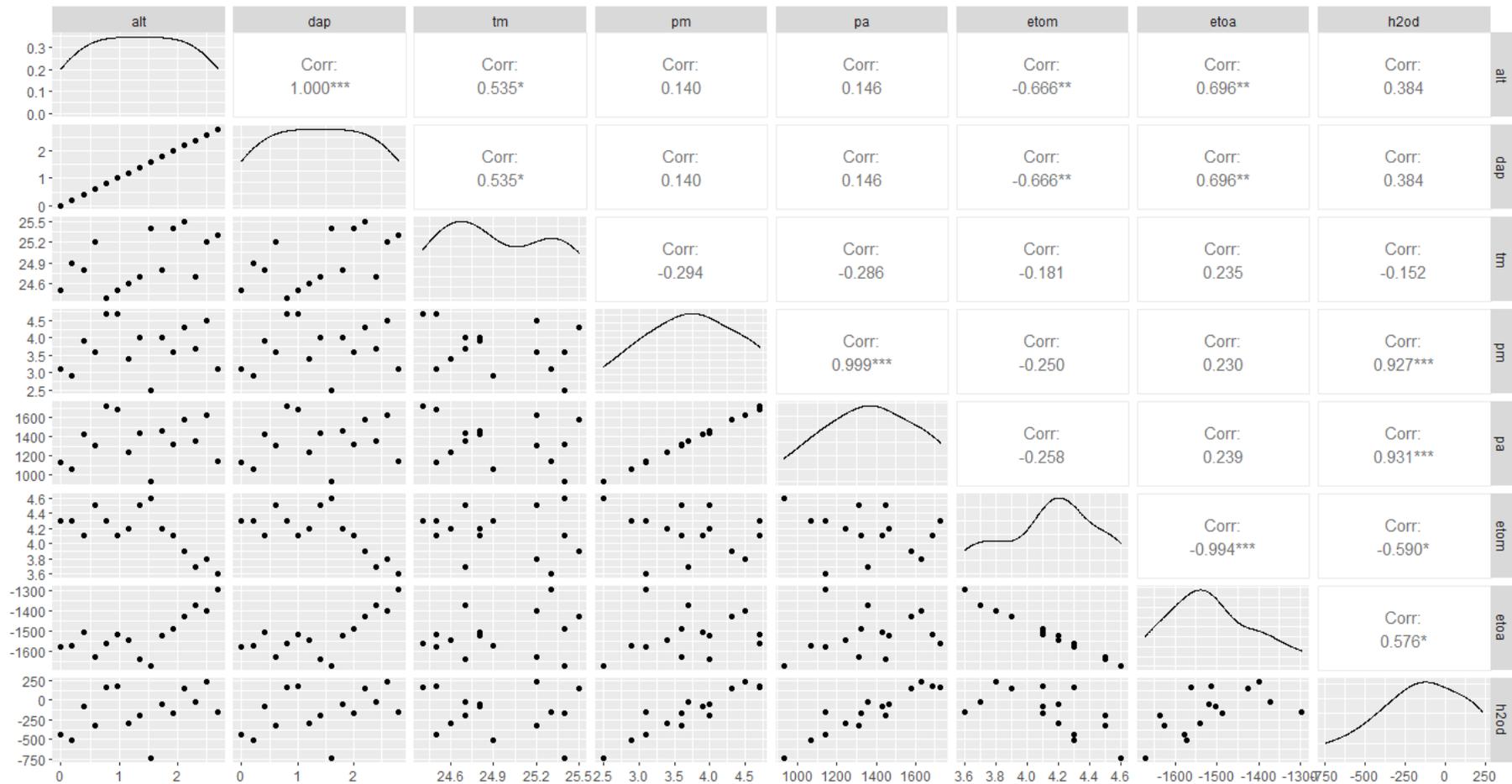


Figura 20 - Análises de dispersão, distribuição e correlação dos dados de altura (ALT) e diâmetro a altura do peito (DAP) padronizados para a população GO e dados climáticos (temperatura média: T_m , precipitação média: P_m , precipitação acumulada: P_a , evapotranspiração de referência média: Eto_m , evapotranspiração de referência acumulada: Eto_a , quantidade de água disponível para uso: H_2O_d), para três ensaios de *Astronium urundeuva*, instalados em Selvíria-MS em 2019. *significativo a 5%, **significativo a 1%, *significativo a 0,1%.**

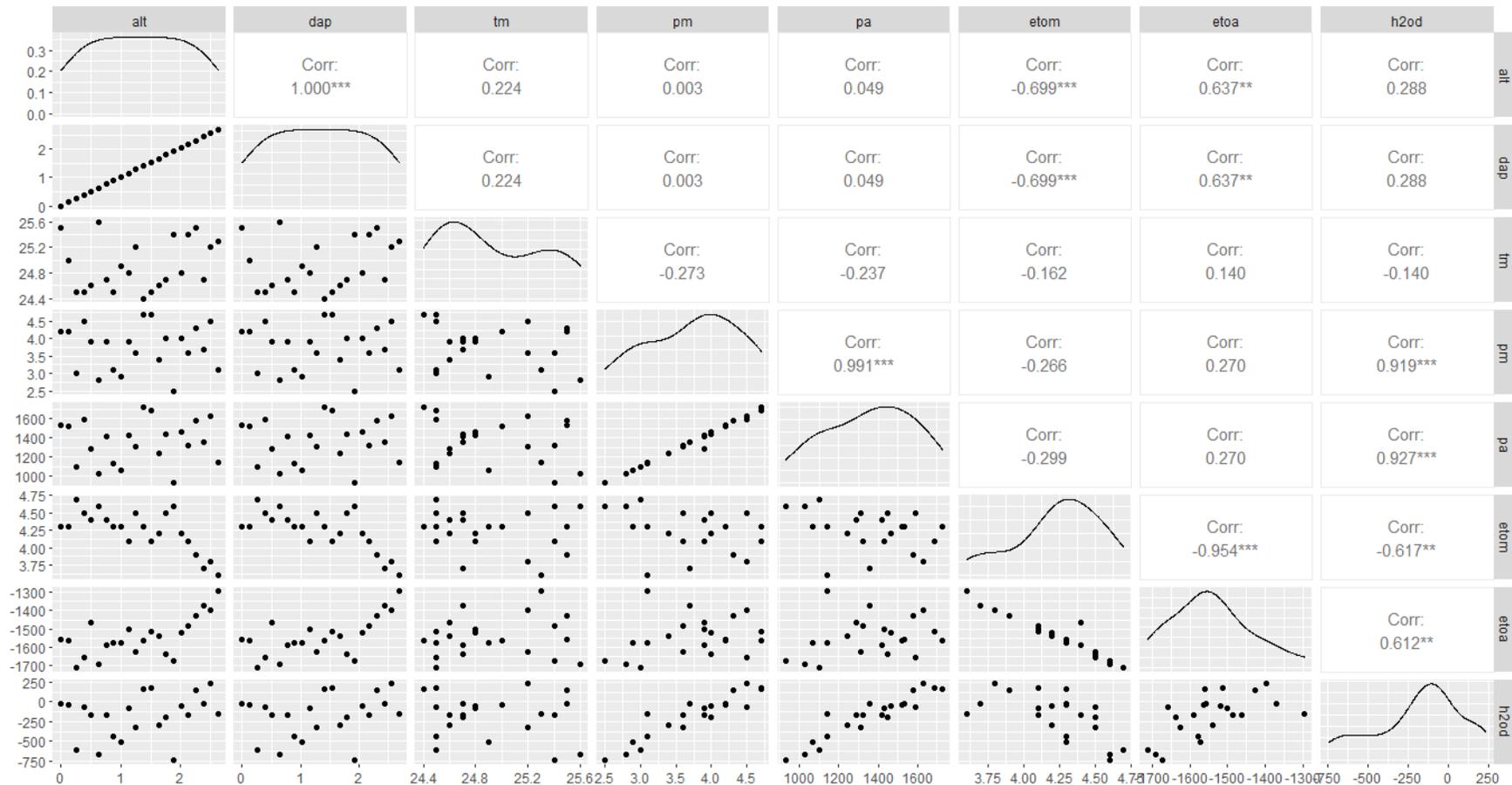


Figura 21 - Análises de dispersão, distribuição e correlação dos dados de altura (ALT) e diâmetro a altura do peito (DAP) padronizados para a população PF e dados climáticos (temperatura média: T_m , precipitação média: P_m , precipitação acumulada: P_a , evapotranspiração de referência média: Eto_m , evapotranspiração de referência acumulada: Eto_a , quantidade de água disponível para uso: H_2O_d), para três ensaios de *Astronium urundeuva*, instalados em Selvíria-MS em 2019. *significativo a 5%, **significativo a 1%, *significativo a 0,1%.**

Para a avaliação da colinearidade, sugere-se usar as variáveis com valores médios. Por isso, P_a , H_2O_d e Eto_a , por serem variáveis acumuladas, foram descartadas antes dos testes. Houve colinearidade geral entre as variáveis climáticas e silviculturais (Tabela 16). Nos testes então, foram utilizadas as variáveis T_m , P_m e Eto_m . Uma vez que a colinearidade é definida pela relação linear entre duas variáveis, a multicolinearidade acontece quando duas ou mais variáveis independentes estão fortemente relacionadas de maneira linear entre si, o que impossibilita a obtenção de coeficientes de parâmetros, o que torna suas estimativas insignificantes, ou seja, sempre que houver mudança em uma variável, independente, haverá também na correlacionada (MAIA, 2017).

Tabela 16 - Testes de detecção geral de colinearidade dos dados padronizados para as variáveis altura e DAP dos três ensaios de *Astronium urundeuva* instalados em Selvíria-MS em 2019.

Modelo	CUIA		GO		PF	
	R	D	R	D	R	D
Determinante $ X'X $	0,8419	0	0,7918	0	0,8052	0
χ^2 de Farrar	1,0609	0	2,8409	0	4,1522	0
Red	0,2194	0	0,2461	0	0,2390	0
λ inverso	3,3917	0	3,5596	0	3,5129	0
Theil	-1,3868	0	-0,8071	0	-0,6168	0
Número condicional	222,2765	1	223,4738	1	207,1907	1

R = resultado, D = detecção (em que D = 1: colinearidade é detectada pelo teste; D = 0: colinearidade não é detectada pelo teste).

As variáveis médias (T_m , P_m e Eto_m) então, foram testadas individualmente (Tabela 17). Nas populações CUIA e PF, T_m e P_m foram descartadas devido à colinearidade, enquanto que em GO, apenas P_m foi descartada. Ou seja, apesar da T_m influenciar as variáveis silviculturais em GO, há maior influência de Eto_m sobre as variáveis silviculturais nas três populações.

Tabela 17 - Testes de colinearidade individual resultantes entre as variáveis silviculturais e as variáveis climáticas nos três testes de progênes de *Astronium urundeuva*, instalados em Selvíria-MS, medidos em 2019.

	Variável	VIF	TOL	Wi	Fi	Leamer	CVIF	Klein	IND1	IND2
CUIA (r ² = 0,8645)	<i>T_m</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>P_m</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	<i>Eto_m</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
GO (r ² = 0,6386)	<i>T_m</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>P_m</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Eto_m</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PF (r ² = 0,5267)	<i>T_m</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>P_m</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	<i>Eto_m</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0

VIF = fator de inflação da variância; TOL = tolerância, inverso do VIF; Wi = teste de Farrar e Glauber ; Fi = Farrar e Glauber ajustado ; Leamer = método de Leamer; CVIF = VIF corrigido; Klein = regra de Klein; IND1 e IND2 = propostos pelos autores do pacote *mctest*.

Em que 1 = colinearidade é detectada pelo teste; 0 = colinearidade não é detectada pelo teste.

Valores em negrito demonstram a detecção da colinearidade pelo teste individual.

A análise *stepwise* (Tabela 18) mostrou que, para os três modelos nas três populações, a variável mais importante é *Eto_m*, por ser a única variável que aparece nos três melhores modelos. Porém, em CUIA e GO, a variável *T_m* também pode ser considerada importante, pelo AIC.

Tabela 18 - Análise dos modelos após descarte de variáveis colineares, para *Astronium urundeuva*, por meio do critério de Akaike (AIC).

TP	Variável	Modelo	AIC
CUIA	ALT	$ALT \sim T_m + P_m + Eto_m$	-13,4
		$ALT \sim T_m + Eto_m$	-15,4
	DAP	$DAP \sim T_m + P_m + Eto_m$	-12,91
		$DAP \sim T_m + Eto_m$	-14,9
GO	ALT	$ALT \sim T_m + P_m + Eto_m$	-12,87
		$ALT \sim T_m + Eto_m$	-14,17
	DAP	$DAP \sim T_m + P_m + Eto_m$	-11,67
		$DAP \sim T_m + Eto_m$	-12,98
PF	ALT	$ALT \sim T_m + P_m + Eto_m$	-18,51
		$ALT \sim T_m + Eto_m$	-20,38
		$ALT \sim Eto_m$	-20,78
	DAP	$DAP \sim T_m + P_m + Eto_m$	-17,63
		$DAP \sim T_m + Eto_m$	-19,5
		$DAP \sim Eto_m$	-19,89

TP = teste de progênie, AIC = critério informativo de Akaike.

Dados em negrito demonstram o melhor modelo para cada variável, dentro de cada teste de progênie e menor valor para o AIC.

A análise de regressão linear múltipla, então, foi feita considerando os modelos com menor AIC, para cada variável silvicultural (Tabela 19). Seus resultados mostraram que a Eto_m foi a variável climática significativa para as três populações. Em florestas, a evapotranspiração é influenciada por vários fatores: umidade do ar, condições atmosféricas, temperatura, pluviosidade e disponibilidade de água no solo (WHITEHEAD; BEADLE, 2004). O uso das variáveis relacionadas à questão da água, sobretudo a evapotranspiração e a disponibilidade (ou o déficit) de água, costuma estar em evidência em ensaios climáticos desse tipo, porque indiretamente outras variáveis climáticas estão integradas a ela, mas, neste estudo, não se mostrou mais precisa do que o uso das variáveis em conjunto, como em BINKLEY et al. (2020).

Tabela 19 – Regressão linear múltipla para dados silviculturais e climáticos em três ensaios de *Astronium urundeuva* instalados em Selvíria-MS, para o ano de 2019.

TP	Modelo	Coef	p	R_m^2	R_{aj}^2
CUIA	ALT ~ $Eto_m + T_m$	Eto_m	0,00168 **	0,8644	0,8192
		T_m	0,07126		
	DAP ~ $Eto_m + T_m$	Eto_m	0,00168 **	0,8644	0,8193
		T_m	0,07124		
GO	ALT ~ $Eto_m + T_m$	Eto_m	0,00683 **	0,6215	0,5584
		T_m	0,03520 *		
	DAP ~ $Eto_m + T_m$	Eto_m	0,00683 **	0,6215	0,5584
		T_m	0,03520 *		
PF	ALT ~ Eto_m	Eto_m	0,000299 ***	0,4879	0,4623
	DAP ~ Eto_m	Eto_m	0,000299 ***	0,4879	0,4623

TP = teste de progênies, coef = coeficiente da variável avaliada, p = teste de significância, $R_m^2 = r^2$ múltiplo, $R_{aj}^2 = r^2$ ajustado. Valores em negrito equivalem à variáveis de destaque. *** significativo a 0,1%, ** significativo a 1%, * significativo a 5%,

Os relatos mais comuns indicam que as respostas no aumento da produtividade estão relacionadas ao aumento da temperatura, o que também não ocorreu aqui, e também não é o que acontece sempre com as espécies florestais, uma vez que suas adaptações têm limites (BINKLEY et al., 2020). Em regiões mais áridas, as plantas costumam acessar as reservas dos lençóis freáticos (YIN et al., 2015). Esse estresse ambiental reduz não apenas o crescimento individual, mas também influencia toda a estrutura do povoamento, o que gera (mais) heterogeneidade, no caso dos ensaios de *A. urundeuva*, com maior proporção de árvores dominadas, e assim reduz o crescimento geral (SOARES et al., 2020).

A perda de folhas de *A. urundeuva*, durante a estação seca, observada em campo, também pode estar relacionada à falta de água disponível no solo. Estar em áreas mais secas também não significa que a planta seja mais eficiente quanto ao uso da água disponível no solo (HUBBARD et al., 2020). O uso da água no solo está ligado diretamente à transpiração: em ambientes secos, a tendência é de que as plantas transpirem menos. Por isso, o crescimento acima do solo acaba sendo menor nessas

áreas, pois espécies mais resistentes à seca tendem a alocar mais recursos abaixo da linha do solo, conforme a demanda, com diferentes mecanismos de resistência à falta d'água: perda de folhas, regulação da condutância estomática, alocação de recursos nas raízes (CAMPOE et al., 2020; HUBBARD et al., 2020).

A deficiência hídrica é o principal fator de risco para a produção florestal no Brasil, principalmente pelo fato de que a maior parte da área de plantios florestais é localizada em regiões com restrições hídricas em geral (ASSAD et al., 2021). É importante lembrar que, no Cerrado, estão localizadas as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul e três grandes aquíferos, é uma região com papel estratégico para a reserva de água e para a conservação da biodiversidade (ASSAD et al., 2020).

Além disso, modificações no clima do Cerrado acentuarão perdas de diversidade genética e tamanho efetivo populacional (COLEVATTI et al., 2013), divergência genética e morfológica e isolamento ambiental (RIBEIRO et al., 2016). Perdas de diversidade relacionadas às mudanças climáticas acontecem com a diminuição das áreas de ocorrência (BARBOSA et al., 2019). Essas mudanças podem, inclusive, gerar homogeneização populacional (BRAGA, 2019).

Importantes processos biológicos podem estar relacionados à adaptação e, conseqüentemente, plasticidade fenotípica das espécies (SCHEINER; CALLAHAN, 1999), gerador de variabilidade e a seleção atua sobre fenótipos (CARDOSO; LOMÔNACO, 2003). Um caráter só pode ser considerado adaptativo quando for resultante de um processo de seleção natural, a fim de desempenhar uma função biológica em particular, ao promover aumento no sucesso reprodutivo, comparado a outros indivíduos (GOULD; VRBA, 1982). Adaptações em características morfo-

anatômicas podem garantir a sobrevivência e a diversificação das espécies, em áreas com longos períodos de estiagem e sujeitas ao fogo (RANDO; PIRANI, 2011).

Por ser uma ciência nova, há pouca literatura referente ao impacto das mudanças climáticas em florestas plantadas (HIGA; PELLEGRINO, 2013). No Brasil, algumas das mudanças no clima são resultantes da variabilidade interanual e interdecadal natural, às vezes, confundidas com efeitos de mudanças climáticas. As séries históricas de temperatura detectaram tendências de aumento contínuo ao longo dos anos, nas regiões norte, leste e sul do país (HIGA; PELLEGRINO, 2013; BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014). Nas próximas décadas, o clima brasileiro deverá ser mais quente, com aumento gradativo e variável da temperatura média e diminuição de chuvas nas regiões central, norte e nordeste do país, com o inverso no sul e sudeste (HIGA; PELLEGRINO, 2013).

A atual utilização das florestas e as políticas de preservação são baseadas em como as florestas foram se desenvolveram nas condições climáticas do passado. Hoje é preciso aceitar que as mudanças climáticas estão acontecendo e criar estratégias, a fim de reduzir as possíveis vulnerabilidades (SPITTLEHOUSE, 2005). Uma vez que as secas influenciam drasticamente a produtividade, usar informações climáticas pode ajudar a recomendar locais apropriados para o estabelecimento de plantios (SCOLFORO et al., 2016; SCOLFORO et al., 2017; MARCATTI et al., 2017).

5.4. Conclusão

Ao contrário da maioria dos experimentos em florestas, que costumam mostrar que a temperatura é quem mais influencia o crescimento, neste trabalho, foi a evapotranspiração e, indiretamente, a quantidade de água disponível no ambiente,

embora indiretamente ligada aos efeitos da evapotranspiração. Quanto maior a evapotranspiração, menor o crescimento dos indivíduos, nos três testes de progênies. A espécie será capaz de sobreviver às flutuações climáticas, embora isso afete o seu tempo de crescimento.

Por isso, pensar em estratégias para o aumento de produtividade, considerando progênies mais resistentes à seca, mas que não sejam, necessariamente de crescimento rápido pode ser alternativa para a manutenção da diversidade genética da espécie ao longo do ritmo das mudanças climáticas e temporais no nosso país.

6. CONCLUSÕES

Conhecendo um pouco mais o Cerrado, agora, visto como um complexo de ecorregiões distintas e não simplesmente um único bioma, que *A. urundeuva* é uma espécie não necessariamente típica deste complexo, mas bastante presente geograficamente, e diante dos resultados demonstrados nos capítulos anteriores, voltamos às perguntas propostas no início desta tese:

1. Como a competição, por meio da avaliação com o índice de falhas, influencia as estimativas dos parâmetros genéticos nas populações?

Neste trabalho, a competição entre indivíduos não influenciou os resultados das variáveis silviculturais. Isso pode ter acontecido em função do sistema de plantio (homogêneo ou heterogêneo), em função da longevidade (plantios com idades mais avançadas, características biológicas/genéticas da espécie) e do próprio espaçamento (que foi grande no momento da implantação). Ou seja, na prática, avaliar a competição entre indivíduos dentro de um ensaio foi trabalhoso e não propiciou resultados expressivos quanto aos caracteres de crescimento, no geral. Covariáveis podem ser relevantes e utilizadas em áreas mais adensadas ou em áreas que sofrerão desbaste seletivo.

2. Com relação às estimativas de parâmetros de crescimento, as mães teriam melhor desempenho em relação às progênies?

Não. Foram poucas as mães superiores às progênies em geral: o pólen dos pais também pode ter gerado progênies melhores. Durante o ano de produção das sementes dessas progênies, pode ter ocorrido convergência quanto à polinização das matrizes, ou seja, os cruzamentos podem ter sido direcionados, além da distribuição sexual desigual dos genitores nas populações naturais. Isso reflete nos cuidados para a amostragem em populações naturais, com a coleta em matrizes separadas por distâncias maiores, por exemplo.

3. Qual é o comportamento geral das populações, quanto às estimativas de parâmetros genéticos? É possível selecionar estes materiais para o melhoramento da espécie?

A espécie é longeva. As progênies instaladas em consórcio com outras espécies nativas tiveram índices menores, quanto aos caracteres de crescimento, em comparação com plantios homogêneos, conforme o avanço da idade dos experimentos. Áreas mais típicas de Cerrado apresentaram maior diversidade genética. Fatores como perturbação, fenologia, composição florística, fluxo de pólen, número de indivíduos, forma de instalação do ensaio podem ter influenciado os resultados, mas isso não significa que materiais genéticos de áreas de transição Mata Atlântica-Cerrado também não possam ser aproveitados.

Por conta da boa diversidade encontrada e pelos resultados dos parâmetros avaliados, é possível manter esses materiais tanto para banco de germoplasma, quanto selecionar e desbastar os materiais para o melhoramento genético.

4. Existe correlação entre os efeitos aditivos e os efeitos de dominância para a espécie?

Sim, houve alta correlação entre os efeitos aditivos e os de dominância, eles podem ser considerados tanto para a conservação quanto para o melhoramento da espécie. Conforme o avanço da idade, ainda há efeitos aditivos sendo transmitidos às gerações, uma vez que *A. urundeuva* é uma espécie perene.

5. *Astronium urundeuva* poderá sobreviver (ou se adaptar) às flutuações climáticas?

Sim, é uma espécie que sobreviverá às mudanças climáticas, devido à sua ampla distribuição geográfica no Cerrado, mas que terá seu desenvolvimento, já considerado lento, mais lento, em função do maior déficit hídrico e de maiores taxas de evapotranspiração média.

A falta de água leva a efeitos diretos e indiretos no crescimento das árvores, com consequências em nível reprodutivo, estrutural e celular, mesmo que espécies do Cerrado tenham tendência a apresentar mecanismos de tolerância à seca. No bioma, como um todo, ainda são poucos os estudos referentes às mudanças climáticas, mas

costumam ser adotadas estratégias de adaptação e aclimatação, a fim de que as plantas sobrevivam, cresçam e se reproduzam, apesar do estresse.

O principal impacto das mudanças climáticas, independente de espécie ou variável analisada é **sempre** a redução das áreas de distribuição das espécies, o que pode causar até sua extinção. É complicado avaliar o tamanho do impacto com as mudanças climáticas, não só pela variabilidade de metodologias e de resultados, mas pela falta de pesquisa básica, que poderiam trazer informações mais substanciais para os estudos, no geral. Essa falta de informações gera resultados tendenciosos, e não reflete o *status* do que quer que tenha sido estudado.

Portanto, é uma espécie cujos testes de progênies avaliados neste trabalho não sofreram grande competição, não apresentaram muitas mães superiores às progênies, tiveram comportamento esperado em comparação à literatura, com boa diversidade, foram capazes de representar populações típicas no Cerrado, com efeitos aditivos e de dominância correlacionados e persistentes ao longo do tempo, devido à longevidade, e sobreviverá às mudanças climáticas, com crescimento em taxas mais lentas, em função do aumento do déficit hídrico e da evapotranspiração média nas regiões de ocorrência.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, G.M.; BARBOSA, G.R.M.; GUIRARDI, B.D.; CHERRI, U.; REGO, N.H. Estrutura de um fragmento florestal na microbacia do córrego Fundo, em região de ecótono Cerrado-Pantanal. **Magistra**, v.27, n.3/4, p.333-343, 2015.

ABREU-JARDIM, T. P. F. **A história evolutiva de uma perereca sul-americana *Scinax squalirostris* (Lutz, 1925) (Anura, Hylidae): um resgate do passado e consequências futuras.** Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

ACKERLY, D.D.; THOMAS, W.W.; FERREIRA, C.A.C.; PIRANI, J.R. The Forest-Cerrado Transition Zone in Southern Amazonia - Results of the 1985 Projeto Flora Amazonica Expedition to Mato-Grosso. **Brittonia**, v. 41, p. 113-128, 1989.

AITKEN, S.N. Genecology and Adaptation of Forest Trees. In: **Genetics and genetic resources/Genecology and Adaptation of Forest Trees**, Elsevier Ltd, 2004. p.197-204.

ALBUQUERQUE, R. J. M.; RODRIGUES, L. V.; VIANA, G. S. B. Análise clínica e morfológica da conjuntivite alérgica induzida por ovalbumina e tratada com chalcona em cobaias. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v.19, n.1, p.43-68, 2004.

ALBUQUERQUE, M. A. et al. Estabilidade em análise de agrupamento: estudo de caso em ciência florestal. **Árvore**. v. 30, n. 2, pp. 257-265. 2006.

ALDRICH, S.; WALKER, R.; SIMMONS, C.; CALDAS, M.; PERZ, S. Contentious land change in the Amazon's Arc of Deforestation. **Annals of the Association of American Geographers**, v.102, p.103- 128, 2012.

ALHO, C.J.R. Distribuição da fauna num gradiente de recursos em mosaico. In: NOVAES PINTO, M. (Org.). **Cerrado**. 2º ed. Editora Universidade de Brasília. Brasília, DF. p. 213-262, 1993.

ALHO, C. J. R. Desafios para a conservação do Cerrado, em face das atuais tendências de uso e ocupação. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (org.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2005. p. 376-381.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO Irrigation and Drainage, Paper 56, 1998.

ALMEIDA, A.C.; SOARES, J. V. Comparação entre uso de água em plantações de *Eucalyptus grandis* e floresta ombrófila densa (Mata Atlântica) na costa leste do Brasil. **Árvore**, v.27, n.2, p.159-170, 2003.

ALMEIDA, A.C.; SOARES, J.V.; LANDSBERG, J.J.; REZENDE, G. D. Growth and water balance of *Eucalyptus grandis* hybrid plantations in Brazil during a rotation for pulp production. **Forest Ecology and Management**, v. 251, p. 10–21, 2007.

ALMEIDA, F. S.; GOMES, D. S.; QUEIROZ, J. M. Estratégias para a conservação da diversidade biológica em florestas fragmentadas. **Ambiência**, Guarapuava (PR), v.7, n.2, p.367 - 382, Maio/Ago. 2011.

- ALMEIDA, S.P.; PROENÇA, C.E.B.; SANO, S.M.; RIBEIRO, J.F. . **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, 1998. 188p.
- ALVARES, C.A.; SENTELHAS, P.C.; CHOU, S.C. **Future climate projections in South America and their influence on forest plantations**. Piracicaba: IPEF, 2021. 96 p.
- ALVES-JUNIOR, J.; TAVEIRA, M. R.; EVANGELISTA, A. W. P.; CASAROLI, D.; BARBOSA, L. H. A. Crescimento de plantas jovens de pequizeiro irrigadas na região do Cerrado. **Agrotecnologia**, Anápolis, v. 4, n. 1, p. 58 - 73, 2013.
- AMARAL FILHO, Z.P. **Principais tipos de solos de Goiás e seus relacionamentos com a susceptibilidade à erosão**. IBGE: Rio de Janeiro, 49-66p. 1993. (Cadernos de Geociências, 9).
- ANDRADE, M. W. **Fontes e doses de N, P, K e métodos de enxertia na produção de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**. 2011. Tese de Doutorado em Fitotecnia. Mossoró: Universidade Federal Rural do Semiárido.
- ANDREWARTHA, H.G.; BIRCH, L.C. The Distribution and migrants. **Abundance of Animals**. University of Chicago Press, Chicago, 1954. 782p
- ANDRIANI, M.S.; SOUZA, A.P.; SILVA, G.E.; BORGES, P.G.; GUILHERME, F.A.G. Fitossociologia da vegetação arbórea em ecótono de Floresta Estacional Decidual-Cerrado rupestre, Jandaia-GO. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Jandaia-GO, v.17 n.33; p. 257-270, 2020.
- ARMSTRONG, J. E.; IRVINE, A. K. Flowering, sex ratios, pollen-ovule ratios, fruit set, and reproductive effort of a dioecious tree, *Myristica insipida* (Myristicaceae), in

two different rain forest communities. **American Journal of Botany**, v.76, n.1, p. 74–85, 1989.

ARRUDA, A.S.; FARIA, R.Q.; PEIXOTO, N.; MOREIRA, A.S.F.P.; FLORIANO, J.F.; GRAEFF, C.F.O.; GONÇALVES, P.J.; ALMEIDA, L.M. Avaliação da produção de látex em mangabeiras do Cerrado goiano. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 939-948, jul.-set., 2016.

ARRUDA, M. B. **Representatividade ecológica com base na biogeografia de biomas e ecorregiões continentais do Brasil: o caso do bioma Cerrado**. Tese de Doutorado. 2003. Universidade de Brasília. 196 f.

ARRUDA, M. B.; PROENÇA, C. E. B.; RODRIGUES, S.; MARTINS, E. S.; MARTINS, R. C.; CAMPOS, R. N. Ecorregiões, Unidades de Conservação e Representatividade Ecológica do Bioma Cerrado. In: SANO, S.; ALMEIDA, S. P. (Org.). **Cerrado: ecologia e flora**. 1 ed. Brasília: Embrapa, v. 1, p. 229-270, 2008.

ASSAD, E. D.; VICTORIA, D. C.; CUADRA, S. V.; PUGLIERO, V. S.; ZANETTI, M. R. Efeitos das mudanças climáticas na agricultura do Cerrado. In: BOLFE, E. L.; SANO, E. E.; CAMPOS, S. (Eds.). **Dinâmica agrícola no Cerrado: análises e projeções**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. p. 213-227.

ASSAD, E. D.; MONTEIRO, J. E. B. A.; PUGLIERO, V.S. Mudanças do clima e a cultura do eucalipto. In: OLIVEIRA, E. B.; PINTO-JÚNIOR, J. E. (Eds.). **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. 2021. p 357-394.

AUBERTIN, C. O surgimento do Bioma Cerrado. **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 7, n. 1, Abril/2013, p.05-24.

AVISE, J. C. Perspective: conservation genetics enters the genomics era. **Conservation Genetics**, v.11, p.665-669, 2010.

AYALA, F. J. M. Molecular genetics and evolution. In: AYALA F. J. (Ed.). **Molecular evolution**. Massachusetts: Sinauer Associates, p. 1-20, 1997.

BACLES, C. F. E.; JUMP, A. S. Taking a tree's perspective on forest fragmentation genetics. **Trends in Plant Science**, v.16, n.1, p.13-18, 2011.

BALBACH A. **As plantas que curam**. 2ª ed. São Paulo: Missionária, 1995. p. 415.

BALERONI, C.R.S.; ALVES, P.F.; SANTOS, E.B.R.; CAMBUIM, J.; ANDRADE, J.A.C.; MORAES, M.L.T. Variação genética em populações naturais de aroeira em dois sistemas de plantio. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo. v. 15, n.2., p. 125-136, dez. 2003.

BARBOSA, I. L. B. D.; OLIVEIRA, H. R.; TERRIBILE, L. C.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Geographical distribution of *Stryphnodendron adstringens* Mart . Coville (Fabaceae): modeling effects of climate change on past , present and future. **Brazilian Journal of Botany**, 2019.

BARROS, B. C.; SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; REBOUÇAS, A. C. M. N. (2010). Volumetria e sobrevivência de espécies nativas e exóticas no pólo gesseiro do Araripe, PE. **Ciência Florestal**, v. 20, n.4, p.641-647, 2010.

BATALHA, M. A. O cerrado não é um bioma. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, 2011, p. 1-4.

- BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z.; SILVA FILHO, D. F. **Quantificação de recursos florestais: árvores, arvoredos e florestas**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- BELLARD, C.; BERTELSMEIER, C.; LEADLEY, P.; THUILLER, W.; COURCHAMP, F. Impacts of climate change on the future of biodiversity. **Ecology Letters**, v.15, p. 365–377. 2012.
- BELSLEY, D. A.; KUH, E.; WELSCH, R. E. **Regression Diagnostics: Identifying Influential Data and Sources of Collinearity**. John Wiley & Sons, New York, 1980.
- BELO, A. M. **Precocidade de produção, caracterização fenológica, biométrica e ocorrência de antracnose no caju arbóreo do Cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.)**. 2014, 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Produção Vegetal). Escola de Agronomia, 2014 Universidade Federal de Goiás. Goiânia.
- BELO, A.P.M.; SOUZA, E.R.B.; CAMILO, Y.M.V.; NAVES, R.V.; VIEIRA, M.C. Fenologia, biometria e precocidade de plantas de caju arbóreo do Cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz.). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 1672-1684, out./dez. 2019.
- BERTONHA, L. J. **Seleção de progênies de *Myracrodruon urundeuva* (F.F. & M.F. Allemão) baseada em caracteres fenológicos e de crescimento para reconstituição de áreas de reserva legal**. 2015. 90 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia, 2015.
- BERTONHA, L.J.; FREITAS, M.L.M.; CAMBUIM, J.; MORAES, M.L.T.; SEBBENN, A.M. Seleção de progênies de *Myracrodruon urundeuva* baseada em

caracteres fenológicos e de crescimento para reconstituição de áreas de Reserva Legal.

Scientia Forestalis, Piracicaba, v.44, n.109, p.95-104, 2016.

BINKLEY, D. Accounting for scale and randomness in patterns of forest responses.

Forest Ecology and Management, v.422, p.958–961, 2018.

BINKLEY, D.; CAMPOE, O. C.; ALVARES, C.; CARNEIRO, R. L.; CEGATTA, I.;

STAPE, J. L.; The interactions of climate, spacing and genetics on clonal *Eucalyptus*

plantations across Brazil and Uruguay. **Forest Ecology and Management**, v.405,

p.271–283, 2017.

BINKLEY, D.; CAMPOE, O. C.; ALVARES, C. A.; CARNEIRO, R. L.; STAPE, J. L.

Variation in whole-rotation yield among *Eucalyptus* genotypes in response to water and

heat stresses: The TECHS project. **Forest Ecology and Management**, v. 462: 117953.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. 6.ed. Viçosa, MG: UFV,

2013. 528 p.

BORGES, V. M. S. **Formação de uma nova centralidade do setor sucroenergético**

no cerrado: o caso de Quirinópolis, Estado de Goiás. 2011. 237 f. Tese (Doutorado

em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

BORGES, V. M. S.; SILVA, A. A.; CASTRO, S.S.. Caracterização edafoclimática da

microrregião de Quirinópolis-GO para o cultivo da cana-de-açúcar. **Simpósio Nacional**

de Geomorfologia, v. 8, 2010.

BOUVET, J. M.; SAYA, A.; VIGNERON, P. Trends in additive, dominance and

environmental effects with age for growth traits in *Eucalyptus* hybrid populations.

Euphytica, v.165, n.1, p.35–54, (2008).

BRADLEY, R. S. **Paleoclimatology: reconstructing climate of the quaternary**. San Diego: Academic Press, 1999.

BRAGA, R. S. **Diversificação e radiação recente de *Stryphnodendron adstringens* (Leguminosae) no Cerrado: consequências genéticas frente às mudanças climáticas**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019. 118 f.

BRANDÃO, M. Plantas produtoras de taninos nos cerrados mineiros. **Informe Agropecuário**, v.16, p.33-35.1992.

BRASIL - Ministério das Minas e Energia. 1982. **Projeto Radambrasil: folhas SE 21 - Corumbá e SD21 - Chapada dos Guimarães; geomorfologia, pedologia; vegetação e uso potencial da terra**. Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Folha SE.22 Goiânia**. Rio de Janeiro: RADAMBRASIL, 1983. 764p. (Levantamento de Recursos Naturais, 31).

BRASIL - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. 1994. **Plano de ação emergencial: Documento de informações básicas do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Cuiabá**. Departamento de Unidades de Conservação, Cuiabá.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação-Geral de Mudanças Globais de Clima. **Terceira comunicação nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima: sumário executivo**. Brasília, DF, 2016. 45 p.

BROWN, A. H. D.; BRIGGS, J. D. Sampling strategies for genetic variation in *ex situ* collections of endangered plant species. In: FALK DA; HOLSINGER KE (Eds.), **Genetics and conservation of rare plants**. New York: Oxford University Press. (pp. 99–119). (1991).

CABALLERO, A.; RODRÍGUEZ-RAMILO, S. T.; ÁVILA, V.; FERNÁNDEZ, J. Management of genetic diversity on subdivided populations in conservation programmes. **Conservation Genetics**, v.11, p.409-419, 2010.

CAI, Z. Q. Shade delayed flowering and decreased photosynthesis, growth and yield of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*). **Industrial Crops and Products**, v. 34, n. 1, p. 1235-1237, 2011.

CALDEIRA, S. F. **Conservação, viabilidade e vigor de diásporos e crescimento inicial de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.)**. 2007. 183 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

CAMBUIM, J. **Sistema silvipastoril com *Myracrodruon urundeuva* F. All. como alternativa de sustentabilidade**. Dissertação de Mestrado. 2013. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", câmpus de Ilha Solteira. 92 f.

CAMBUIM, J.; SERRA, M.; SELEGUIN, C. H. A.; SOUZA, E. M.; MENEZES, J. C. A.; ZARUMA, D. G.; MORAES, M. L. T. Variação genética para o volume de madeira em progênies de *Myracrodruon urundeuva* em consórcio na região do Bolsão Sul-Mato-Grossense. **Anais...**, Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, Maringá, SBMP, 2017. v.1: 827 p.

CAMPOE, O. C.; ALVARES, C. A.; CARNEIRO, R. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G.; HUBBARD, R. M.; STAHL, J.; MOREIRA, G.; MORAES, L. F.; STAPE, J. L.

- Climate and genotype influences on carbon fluxes and partitioning in *Eucalyptus* plantations. **Forest Ecology and Management**, v.475:118445, 2020.
- CANUTO, D. S. O.; MARQUES, A. S.; MORAES, M. L. T.; RESENDE, M. D. V. Estabilidade e adaptabilidade em testes de progênies de *Myracrodruon urundeuva* sob quatro sistemas de plantio. **Cerne**, v.22, n.2 p. 171-179, 2016.
- CAPO, L.F.M. **Conservação, uso sustentável dos recursos genéticos e distribuição natural de *Myracrodruon urundeuva***. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2019. 71 f.
- CARDERALLI, A.; COSTA, R.B.; AZEVEDO, L.P.A.; RIBEIRO, E.S.; BATISTA, B.M.F.; SOUSA, R.A.T.M. Seleção precoce em progênies de meios irmãos de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. via metodologia reml/blup. **Ambiência**, Guarapuava (PR) v.9, n.3, p. 605 – 617, Set./Dez. 2013.
- CARDOSO, N. S. **Caracterização da estrutura anatômica da madeira, fenologia e relações com a atividade cambial de árvores de teca (*Tectona grandis*) – Verbenaceae**. Dissertação de mestrado. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 1991.
- CARDOSO, G. L.; LOMÔNACO, C. Variações fenotípicas e potencial plástico de *Eugenia calycina* Cambess. (Myrtaceae) em uma área de transição cerrado-vereda. **Revista Brasileira de Botânica**, v.26, n.1, p.131-140, mar. 2003.
- CARGNIN, A. **Seleção recorrente no melhoramento genético de plantas autógamas**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 24p.

CARNEIRO, V. A.; GOMES, H. B.; NASSER, M. D.; RESENDE, H. G. O Baru (*Dipteryx alata* Vog.) como exemplo de incremento de renda e de sustentabilidade de comunidades rurais no cerrado goiano: um relato de experiência via seminários da disciplina "Sistemas Agrários de Produção e Desenvolvimento Sustentável". **Inter Atividade**, Andradina, SP, v.2, n. 2, 2º sem. 2014.

CARVALHO, F. M. V.; DE MARCO, P.; FERREIRA JUNIOR, L. G. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, v. 142, p. 1392-1403, 2009.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira. Colombo: Embrapa Florestas, 1994. 640p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**: Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras. v.1, 1ª ed. Brasília: Embrapa Florestas, p.101, p.179. 2003.

CARVALHO, P.E.R. **Circular técnica 82: aroeira verdadeira**. Documentos Embrapa, 2003, 16p.

CASTRO, A. A. J. F.; MARTINS, F. R.; FERNANDES, A. G. The Woody flora of cerrado vegetation in the state of Piauí, northeastern Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, Edinburg, v. 55, n. 3, p. 455-72, 1998.

CDB - **Convention on Biological Diversity**. 2002. Disponível em: <<http://www.cbd.int>>. Acesso em 25 de março de 2020.

CENTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA FLORA. **Lista vermelha: listagem por família (Anacardiaceae)**. Disponível em <http://www.cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/listavermelha/ANACARDIACEAE>. Acesso em 09 de agosto de 2021.

CENTURION, J. F. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira. **Científica**, Jaboticabal, v.10, n.1, p.57-61, 1982.

CHAPMAN, S.; MUSTIN, K.; RENWICK, A.R.; SEGAN, D.B.; HOLE, D.G.; PEARSON, R.G.; WATSON, J.E.M.; RICHARDSON, D. Publishing trends on climate change vulnerability in the conservation literature reveal a predominant focus on direct impacts and long time-scales. **Diversity Distribution**, v.20, p.1221–1228, 2014.

CHATTERJEE, S.; PRICE, B. Selection of variables in a regression equation. In: CHATTERJEE, S.; PRICE, B. **Regression analysis by example**, New York: John Wiley and Sons, p. 201-203, 1977.

CHAVES, M. C.; SANTOS, F. A.; MENEZES, A. M. S.; RAO, V. S. N. Experimental evaluation of *Myracrocuon urundeuva* bark extract for antidiarrheal activity. **Phytotherapy Activity**, v.12, p.549-552, 1998.

CHMURA, D. J.; ANDERSON, P. D.; GLENN, T.; HOWEA, G. T.; HARRINGTON, C. C. A.; HALOFSKYD, J. E.; PETERSOND, D. L.; DAVID, C.; SHAW, D. C.; ST. CLAIR, J. B. Forest responses to climate change in the northwestern United States: Ecophysiological foundations for adaptive management: review. **Forest Ecology and Management**, v.261, n.7, p.1121–1142, 2011.

COLLEVATTI, R. G.; TELLES, M. P. C.; NABOUT, J. C.; CHAVES, L. J.; SOARES, T. N. Demographic history and the low genetic diversity in *Dipteryx alata* (Fabaceae) from Brazilian Neotropical savannas. **Heredity**, v. 111, n. 2, p. 97–105, 2013.

CONCEIÇÃO, D. A.; PAULA, J. E. Contribuição para o conhecimento da flora do pantanal matogrossense e sua relação com a fauna e o homem. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 1., 1984.

Corumbá. **Anais**. Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p.107-136. (EMBRAPA-CPAP. Documentos, 5).

CONTIPELLI, E. P. Política internacional climática: do consenso científico à governança global. **Direito e Desenvolvimento**, João Pessoa, v. 9, n. 2, p. 82-94, ago./dez. 2018.

COOLEY, W. W.; LOHNES, P. R. **Multivariate data analysis**. New York: John Wiley and Sons, 364p., 1971.

CORRENS, C. Geschlechtsbestimmung und Zahlenverhältnis der Geschlechter beim Sauer-ampfer (*Rumex acetosa*). **Biologisches Zentralblatt**, v. 42, p. 465, 1922.

COSTA, R. B.; ALMEIDA, E. V.; KAISER, P.; AZEVEDO, L. P. A.; MARTINEZ, D. T.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. Avaliação genética em progênies de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. na região do Pantanal, estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 4, out-dez, p. 685-693, 2011.

COSTER, X. et al. **Mahalanobis distance, Jaro-Winkler distance and nDollar in UsiGesture**. 1. 2010.

COUTINHO, L. M. O conceito de bioma. **Acta Botanica Brasilica**, v.20, n.1, p.1-11, 2006.

CRONIN, T. M. **Paleoclimates: understanding climate change**. New York: Columbia University Press, 2010.

CROSSA, J.; VENCOSKY, R. Basic sampling strategies: theory and practice. In: GUARINO, L.; RAMANATHA RAO, V.; GOLDBERG, E. (Eds.). **Collecting Plant**

Genetic Diversity: Technical Guidelines. Bioersivity International, Rome, Italy, p. 1-28, 2011.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** 2.ed. Viçosa: UFV, 2006. 585p.

CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética.** Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. 620p.

CUNHA, A. C. M. C. M.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; BARROS, N. F.; LEITE, F. P. Relações entre variáveis climáticas com produção e enraizamento de miniestacas de eucalipto. **Árvore**, v.33, n.2, p. 195-203, 2009.

DAMIAO, J. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; SANTOS, G. O.; ZOCOLER, J. L. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira, Noroeste Paulista. **CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, XX.** Uberaba – MG, 6 a 8 de dezembro de 2010. 7p., 2010.

DAWSON, T.P.; JACKSON, S.T.; HOUSE, J.I.; PRENTICE, I.C.; MACE, G.M. Beyond predictions: biodiversity conservation in a changing climate. **Nature**, v.332, p.53–58, 2011.

DEMATTE, J.L.I. **Levantamento detalhado dos solos do campus experimental de Ilha Solteira.** Piracicaba: USP/ESALQ, 1980, 114p.

DESMARCHELIER, C.; ROMÃO, R.L.; COUSSIO, J.; CICCIA, G. Antioxidant and free radical scavenging activities in extracts from medicinal trees used in the ‘Caatinga’ region in northeastern. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 67, p. 69-77, 1999.

DÍAZ, J. D. G.; RIVAS, A. I.; M.,RUEDA, J. A. T. Distribución del cedro rojo (*Cedrela odorata* L.) en el estado de Hidalgo, bajo condiciones actuales y escenarios de cambio climático. **Madera y Bosques**, Xalapa, v. 13, n. 2, p. 29-49, 2007.

DIAZ, J. D. G.; MONTERROSO RIVAS, AI; TINOCO RUEDA, J.A.; TOLEDO MEDRANO, M.L. Assessing current and potential patterns of 16 forest species driven by climate change scenarios in México. **Atmósfera**, México , v. 24, n. 1, p. 31-52, 2011.

DICK, C. W.. Genetic rescue of remnant tropical trees by an alien pollinator. **Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v.268, p. 2391–2396, 2001.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. M. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: FAO, 1994 (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem 33), 1994.

O ECO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA. **O que são ecótonos**. Dicionário Ambiental. 2014. Disponível em: <http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28830-o-quesao-ecotonos/>. Acesso em 10 de agosto de 2021.

EEROLA, T. T. Mudanças climáticas globais: passado, presente e futuro. Fórum de ecologia e mudanças climáticas: passado, presente e futuro. Instituto de Ecologia Política da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). **Anais...**, Florianópolis, 2003, 10p.

EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: NOVAES PINTO, M. (Org.). **Cerrado**. 2º ed. Editora Universidade de Brasília, DF. p.17-73, 1993.

ELOY, L.; CARVALHO, I. S. H.; FIGUEIREDO, I. Sistemas agrícolas tradicionais no Cerrado: caracterização, transformações e perspectivas. In: BUSTAMANTE, P. G.; BARBIERI, R. L.; SANTILLI, J. (Eds.). **Coleção transição agroecológica -** Conservação e uso da agrobiodiversidade: relatos de experiências locais. 1 ed., v.3, p.129-164.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. Ed. Brasília: Embrapa-SPI, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mapa de solos do Brasil**. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1981.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mapa esquemático dos solos das regiões Norte, Meio-Norte e Centro-Oeste do Brasil** (Texto explicativo). Rio de Janeiro: EMBRAPA, 553p. 1975.

EMBRAPA CNPS. 1999. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Rio de Janeiro

FAHRIG, L.. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v.34, p. 87-515, 2003.

FALK, D. A.; HOLSINGER, K. E. Appendix. Genetic sampling guidelines for conservation collections of endangered plants. In: FALK, D. A.; HOLSINGER, K. E. (Eds.), **Genetics and conservation of rare plants** (pp. 225–238). New York: Oxford University Press, 1991.

- FARRAR, D. E.; GLAUBER, R. R. Multicollinearity in regression analysis: the problem revisited. **The Review of Economic and Statistics**, p. 92-107, 1967.
- FEARNSIDE, P.M.; GRAÇA, P.M.L.A. BR-319: Brazil's Manaus-Porto Velho highway and the potential impact of linking the arc of deforestation to central Amazonia. **Environmental Management**, v.38, p.705-716, 2006.
- FELICIANO, A. L. P.; MARANGON, L. C.; HOLANDA, A.C. Morfologia de sementes, de plântulas e de plantas jovens de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). **Revista de Biologia e Ciência das Terra**, v.8, n.1, 2008.
- FERREIRA, L.V. .; VENTICINQUE, E.; ALMEIDA, S. O desmatamento na Amazônia e a importância das áreas protegidas. **Estudos Avançados**, v.19, p.157-166, 2005.
- FERRETTI, A. R.; KAGEYAMA, P. Y.; ÁRBOEZ, G. F.; SANTOS, J. D.; BARROS, M. I. A.; LORZA, R. F.; OLIVEIRA, C. Classificação das espécies arbóreas em grupos ecofisiológicos para revegetação com nativas no estado de São Paulo. **Florestar Estatístico**, São Paulo, v.3, n.7, p.73-77, 1995.
- FIGUEIRÔA, J. M.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botânica Brasílica**, v.18, p.573-580, 2004.
- FIRRINCIELI, A.; KHORASANI, M.; FRANK, A. C.; DOTY, S. L. Influences of climate on phyllosphere endophytic bacterial communities of wild poplar. **Frontiers in Plant Sciences**, v.11, 203, 2020.
- FISCHER, M.; MATTHIES, D. Effects of population size on performance in the rare plant *Gentianella germanica*. **Journal of Ecology**, v.86, p.195–204, 1998.

FISHER, R. A.. **The genetical theory of natural selection**. Oxford University Press, Oxford, 291 p, 1930.

FONSECA, A. J.; MORAES, M. L. T.; AGUIAR, A. V.; LACERDA, A. C. M. B.
Variação genética em progênies de duas populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr.
All. em sistema agroflorestal. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo. v. 15., n.2. p.
97-107, dez. 2003.

FOOD AGRICULTURAL ORGANIZATION – FAO. **Databook on endangered tree and shrub species and provenances**. Rome: FAO, 1986. p.116-125. (FAO Forestry Paper, 77). Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/016/ap459e/ap459e00.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

FORRESTER, D.I. The spatial and temporal dynamics of species interactions in mixed species forests: from pattern to process. **Forest Ecology and Management**, v.312, p.282–292, 2014.

FORRESTER, D.I. Transpiration and water-use efficiency in mixed-species forests versus monocultures: effects of tree size, stand density and season. **Tree Physiology**, v.35, p. 289–304, 2015.

FRANKEL, O. H.. Genetic conservation in perspective. In: FRANKEL, O. H.; BENNETT, E. **Genetic resources in plants: their exploration and conservation**. Oxford: Blackwell, 1970. p. 469-489.

FRANKEL, O. H.; SOULE, M. S.. **Conservation and evolution**. London: Cambridge University Press, 1981. 327 p.

FREITAS, M. L. M.; AUKAR, A. P. A.; SEBBENN, A. M.; MORAES, M. L. T.; LEMOS, E. G. M. Variação genética em progênes de *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão em três sistemas de cultivo. **Árvore** , v.30, n.3, p.319-329, 2006.

FREITAS, M. L. M.; AGUIAR, A. V.; SPOLADORE, J.; SOUSA, V. A.; SEBBENN, A. M. Produção de sementes de espécies florestais nativas: estratégias de melhoramento. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 2018. 350p.

FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T.; BUZETTI, S. Variação genética em progênes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. em diferentes sistemas de plantio. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 133-141, dez. 2002.

FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAES, E. Pomar de sementes por mudas a partir da seleção dentro em teste de progênes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 65-72, dez. 2007.

GAINO, A. P. S. C. **Diversidade genética, sistema de reprodução e fluxo de pólen e sementes em uma população fragmentada de *Myracrodruon urundeuva* (F.F. & M.F. Allemão) para fins de conservação genética**. 2009. 134 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2009.

GALETTI JR, P. M.; RODRIGUES, F. P.; SOLÉ-CAVA, A. M.; MIYAKI, C. Y.; CARVALHO, D.; EIZIRIK, E.; VEASEY, E. A.; SANTOS, F. R.; FARIAS, I. P.; VIANNA, J. A.; OLIVEIRA, L. R.; WEBER, L. I.; ALMEIDA-TOLEDO, L. F.; FRANCISCO, M. R.; REDONDO, R. A. R.; SICILIANO, S.; DEL LAMA, S. N.; FREITAS, T. R. O.; HRBEK, T.; MOLINA, W. F. 2008. Genética da conservação na

biodiversidade brasileira, pp.199-229. In: **Fundamentos de Genética da Conservação**. FRANKHAM, R.; BAILOU, J. D.; BRISCOE, D. A., Ribeirão Preto, SP, Editora SBG, 280p.

GALLAIS, A. **Theorie de la selection en amelioration des plantes**. Editions Masson, Paris, 1991.

GANEM, R. S.; DRUMMOND, J. A.; FRANCO, J. L. A. Conservation policies and control of habitat fragmentation in the Brazilian Cerradobiome. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 99-118, jul.-set. 2013.

GASTON, K. J. Global pattern in biodiversity. **Nature**, n. 405, p. 220-227, 2000.

GHAZOUL, J. Pollen and seed dispersal among dispersed plants. **Biological Review**, v.80, p.413-443, 2005.

GHINI, R.; HAMADA, E.; BETTIOL, W. **Impactos das mudanças climáticas sobre doenças de importantes culturas no Brasil**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna. 2011.

GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. **Ecological zoning scheme for afforestation in Brazil**. Second approximation. [FAO report] No. PNUD/FAO/IBDF/BRA-45, Serie Técnica 11, p. 66, 1978.

GONÇALVES, J. L. M; ALVARES, C. A; ROCHA, J. H. T.; BRANDANI, C. B.; HAKAMADA, R. *Eucalypt* plantation management in regions with water stress. **Southern Forest: a Journal of Forest Science**. p. 1-15, 2017.

GONDIM, R. S.; CASTRO, M. A. H.; EVANGELISTA, S. E. M.; TEIXEIRA, A. S.; FUCK Jr., S. C. F. Mudanças climáticas e impactos na necessidade hídrica das culturas

perenes na Bacia do Jaguaribe, no Estado do Ceará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1657–1664.2008.

GOULD, S. J.; VRBA, E. S. Exaptation – a missing term in the science of form. **Paleobiology**, v. 8, p.4-15, 1982.

GRAUDAL, L. O. V.; KJAER, E. D.; THOMSEN, A.; LARSEN, B. **Planning national programmes for conservation of forest genetic resources**. Humlebaek: Danish International Development Agency - DANIDA, Forest Seed Centre, 58 p., 1997.

GROSS, J.; LIGGES, U. **nortest: Tests for Normality**. R package version 1.0-4. 2015. Disponível em <https://CRAN.R-project.org/package=nortest>. Acesso em 01 de setembro de 2021.

GUARIM NETO, G. Plantas do Brasil - Angiospermas do Estado de Mato Grosso - Pantanal. **Acta Botanica Brasilica**, v.5, n.1, p. 25-47, 1991.

GUERRA, C. R. S. B.; MORAES, M. L. T.; SILVA, C. L. S. P.; CANUTO, D. S. O.; ANDRADE, J. A. C.; FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M.. Estratégias de seleção dentro de progênies em duas populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 81, p. 079-087, mar. 2009.

GUITÉRREZ, E.; TREJO, I. Efecto del cambio climático en la distribución potencial de cinco especies arbóreas de bosque templado en México. **Revista mexicana de biodiversidade**, Cidade do México, v. 85, n. 1, p. 179-188, 2014.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. 5ed. Amgh Editora, 2011.

HAKAMADA, R. E.; HUBBARD, R. M.; STAPE, J. L.; LIMA, W. P.; MOREIRA, G. G.; FERAZ, S. F. B. Stocking effects on seasonal tree transpiration and ecosystem

water balance in a fast-growing *Eucalyptus* plantation in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.466: 118149, 2020.

HANSKI, I. **Metapopulation Ecology**. Oxford University Press, 1999.

HARRISON, R. D.; SHANAHAN, M. Seventy-seven ways to be a fig: an overview of a diverse assemblage of figs in Borneo. In: ROUBIK, D. W.; SAKAI, S.; HAMID, A. A. (Eds). **Pollination ecology and the rain forest canopy: Sarawak studies**. Springer Verlag, New York. p. 111–127, 2005.

HERNANDEZ, F. B. T.; LEMOS FILHO, M. A. F.; BUZETTI, S. **Software HIDRISA e o balanço hídrico de Ilha Solteira**. Ilha Solteira: UNESP/FEIS, 1995. 45p. (Série Irrigação1).

HERNANDEZ, F. B. T.; SOUSA, S. A. V.; ZOCOLER, J. L.; FRIZZONE, J. A. Simulação e efeito de veranicos em culturas desenvolvidas na região de Palmeira d'oeste, estado de São Paulo. **Engenharia Agrícola**, v.23, n.1, p. 21-30, 2003.

HIGA, R. C. V.; PELLEGRINO, G. Q. Adaptação às mudanças climáticas de plantações florestais. **Série Técnica IPEF**, v.20, n.41, p.24-28, 2015.

HLATSHWAYO, M. S.; WAHOME, P. K. 2010. Effects of shading on growth, flowering and cut flower quality in carnation (*Dianthus caryophyllus*). **Journal of Agriculture and Social Sciences**, v.6, n.2, p.34-38, 2010.

HUANG, J.; LIU, C.; SUN, G.; HAN, X.; GUO, K.; MCNULTY, S.; CHEN, J.; WILSKE, B.; JOHN, R.; WEI, Y.; ZHA, T.; LIN, G.; WEI, L.; XU, W.; CHEN, S.; CHEN, J.; NOORMETS, A.; ZHANG, Z.; LU, N.; NI, J. Poplar plantation has the

potential to alter the water balance in semiarid Inner Mongolia. **Journal of Environment Management**, v. 90, p.2762–2770, 2009.

HUBBARD, R. M.; CARNEIRO, R. L.; CAMPOE, O.; ALVARES, C. A.; FIGURA, M. A.; MOREIRA, G. G. Contrasting water use of two *Eucalyptus* clones across a precipitation and temperature gradient in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.475, 118407, 2020.

HUECK, K. **As florestas da América do Sul**: ecologia, composição e importância econômica. São Paulo: Polígono, 1972. 465 p.

IBAMA. Portaria 006/92-N.Lista oficial das espécies da flora ameaçadas de extinção. **Diário Oficial**, de 15 de janeiro de 1992.

IBAMA. 1994. **Plano de ação emergencial: documento e informações básicas do Parque Nacional da Chapada dos Guimarães**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - Ibama/MT, Cuiabá.

IBGE. 2004. **Mapa de Biomas do Brasil**. Escala 1:5.000.000. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>>. Acesso em: 15 de nov. 2019.

IBGE. 2012. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Série Manuais Técnicos em Geociências 1, 2ª ed. IBGE, Rio de Janeiro.

IMDADULLAH, M.; ASLAM, M.; ALTAF, S. mctest: an R package for detection of collinearity among regressors. **The R Journal**, v.8, n.2, p. 499—509, 2016.

IMDAD, M. U.; ASLAM, M. **mctest: Multicollinearity Diagnostic Measures**. 2018. Disponível em <https://CRAN.R-project.org/package=mctest>, R package version 1.3.1. Acesso em 01 de setembro de 2021.

IMDAD, M. U.; ASLAM, M.; ALTAF, S.; AHMED, M. Some new diagnostics of multicollinearity in linear regression model. **Sains Malaysiana**, v.48, n.9, p.2051—2060, 2019.

INSA – Instituto Nacional do Semiárido. **Consulta da área territorial do semiárido Piauiense. Sistema de Gestão da Informação (Sigsab)**. 2014. Disponível em: www.insa.gov.br/sigsab. Acesso em 10 de agosto de 2021.

INSTITUTO LIFE. **Ecorregiões do Brasil**: prioridades terrestres e marinhas. Cadernos técnicos, volume III. 2015.398 p. Disponível em: <https://institutolife.org/wp-content/uploads/2018/11/Caderno-Tecnico-Vol-III-Ecorregioes-do-Brasil-red.pdf>. Acesso em 16 de novembro de 2021.

ISHIBASHI, V.; MARTINEZ, D.T.; HIGA, A.R. Phenotypic models of competition for *Pinus taeda* L. genetic parameters estimation. **Cerne**, v.23, n.3, p. 349-358, 2017.

ISIK, F.; LI, B.; FRAMPTON, J.. Estimates of additive, dominance and epistatic genetic variances from a clonally replicated test of loblolly pine. **Forest Science**, v.49, n.1, 2003.

IVANAUSKAS, N. M.; MONTEIRO, R.; RODRIGUES, R. R. Classificação fitogeográfica das florestas do Alto Rio Xingu. **Acta Amazônica**, v.34, p. 387-402, 2008.

JENKINS, C. N.; PIMM, S. Definindo prioridades de conservação em um *hotspot* de biodiversidade global. In ROCHA, C. F. D.; BERGALLO, H. G.; SLUYS, M. V.; ALVES, M. A. S. (orgs.) **Biologia da conservação: essências**. São Carlos: RiMa. 2006. p. 41-52.

KAGEYAMA, P.Y. Revegetação de áreas degradadas: modelos de consorciação com alta diversidade. In: I Simpósio Sulamericano e I Simpósio de Recuperação de Áreas Degradadas, Foz do Iguaçu, 1994. **Anais...** Foz do Iguaçu: FUPEF, 1994, p.569-576.

KANASHIRO, M.; THOMPSON, I. S.; YARED, J. A. G.; LOVELESS, M. D.; COVENTRY, P.; MARTINS-DA-SILVA, R. C. V.; DEGEN, B.; AMARAL, W. Improving conservation values of managed forests: the Dendrogene Project in the Brazilian Amazon. **Unasyuva**, v.53, p.25-33, 2002.

KANIESKI, M. R.; SANTOS, T. L.; GRAF NETO, J.; SOUZA, T.; GALVÃO, F.; RODERJAN, C. V. Influência da precipitação e da temperatura no incremento diamétrico de espécies florestais aluviais em Araucária-PR. **Floresta e Ambiente**, v.19, n.1, p.17-25, 2012.

KASHIMSHETTY, Y.; PELIKAN, S.; ROGSTAD, S. H. Effective seed harvesting strategies for the *ex situ* genetic diversity conservation of rare tropical tree populations. **Biodiversity and Conservation**, v.26, n.6, p.1311–1331, 2017.

KLEIN, L.R. **An introduction to econometrics**. 2nd ed. New Jersey: Prentice-Hall. 1962.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 707-713, 2005.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Econômica, Mexico. 1948.

KORGIPOULOU, C.; BRESTA, P.; NIKOLOPOULOS, D.; KARABOURNIOTIS, G. Sex-specific structural and functional leaf traits and sun–shade acclimation in the

- dioecious tree *Pistacia vera* (Anacardiaceae). **Functional Plant Biology**, v.46, p.649-659, 2019.
- KORPELAINEN, H. Labile sex expression in plants. **Biological Reviews**, v.73, p.157–180, 1998.
- KOVÁCS, P.; PETRES, T; TÓTH, L. A new measure of multicollinearity in linear regression models. **International Statistical Review**, v.73, p.405-412, 2005.
- LANDE, R. Mutation and conservation. **Conservation Biology**, Hoboken, v. 9, p. 782-791, 1995.
- LEITE, J.C. Do mistério das eras do gelo às mudanças climáticas abruptas. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 13, n. 4, p. 811-39, 2015.
- LEONARDECZ-NETO, E.; VENCOVSKY, R.; SEBBENN, A. M. Ajuste para a competição entre plantas em teste de progênies e procedências de essências florestais. **Scientia Forestalis**, v. 63, p. 136-149, 2003.
- LEPETZ, V.; MASSOT, M.; SCHMELLER, D. S.; CLOBERT, J. Biodiversity monitoring some proposals to adequately study species responses to climate change. **Biodiversity Conservation**, v.18, p.3185–3203, 2009.
- LIENERT, J.; FISHER, M.; SCHNELLER, J.; DIEMER, M. Isozyme variability of the wetland specialist *Swertia perennis* (Gentianaceae) in relation to habitat size, isolation, and plant fitness. **American Journal of Botany**, v.89, p.801-811, 2002.
- LIMA, J. S.; BALLESTEROS-MEIJA, L.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; COLLEVATTI, R. G. Climatic changes can drive the loss of genetic diversity in a Neotropical savanna tree species. **Global Change Biology**, p. 1–12, 2017.

- LINDEN, R. Técnicas de agrupamento. **Revista de Sistemas de Informação da FSMA**. n.4, 2009, p. 18-36.
- LINDGREN, D.; YING, C. C. A model integrating source adaptation and seed use. **New Forests**, v.20, p.87–104, 2000.
- LLOYD, D. G. Sex ratios in sexually dimorphic Umbelliferae. **Heredity**, v.31, p.239-249, 1973
- LLOYD, D. G. Female predominant sex ratios in angiosperms. **Heredity**, v.32, p.35-44, 1974.
- LLOYD, D. G.; WEBB, C. J. Secondary sex characters in plants. **The Botanical Review**, v.43, p.177-216, 1977.
- LOARIE, S. R.; DUFFY, P. B.; HAMILTON, H.; ASNER, G. P.; FIELD, C. B.; ACKERLY, D. D. The velocity of climate change. **Nature**, v.462, p. 1052-1056, 2009.
- LÖBLER, C. A.; SCCOTI, A. A. V.; WERLANG, M. K. Contribution to the delineation of Pampa and Atlantic Forest biomes in Santa Maria, RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.19, n.2, p.1250–1257, 2015.
- LOISELLE, B. A.; SORK, V. L.; NASON, J.; GRAHAM, C.. Spatial genetic structure of a tropical understory shrub, *Psychotria officinalis* (Rubiaceae). **American Journal of Botany**, v. 82, p.1420–1425, 1995.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 382p.

- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**. Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5.ed. Nova Odessa – SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, v.1, 2008. 384p.
- LUCENA, R. F. P.; NASCIMENTO, V. T.; ARAÚJO, E. L.; ALBUQUERQUE, U. P. Local uses of native plants in an area of caatinga vegetation (Pernambuco, NE Brazil). **Ethnobotany Research and Applications**, v.6, p. 3-13, 2008.
- LUZ, C. L. S. **Anacardiaceae R. Br. na flora fanerogâmica do Estado de São Paulo**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- LYNCH, M.; WALSH, B. **Genetics and analysis of quantitative traits**. Sinauer Associates, Sunderland, 1998.
- MACEL, M. L.; LAWSON, C.; MORTIMER, S.; SMILAUEROVA, M.; BISCHOFF, A.; CRÉMIEUX, L.; DOLEZAL, J.; EDWARDS, A. R.; LANTA, V.; BEZEMER, T. M.; PUTTEN, W. H.; IGUAL, J. M.; RODRIGUEZ-BARRUECO, C; MULLER-SCHARER H; STEINGER, T. Climate vs. soil factors in local adaptation of two common plant species. **Ecology**, v. 88, n.2, p 424-433, 2007.
- MACHADO, R. B.; RAMOSNETO, M. B.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D. A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro**. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, DF. 2004.
- MAIA, A. G. **Econometria: conceitos e aplicações**. 1 ed. São Paulo: Saint Paul. 2017.
- MARCATTI, G. E.; RESENDE, R. T.; RESENDE, M. D. V.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SANTOS, A. R.; CRUZ, J. P.; LEITE, H. G. GIS-based approach applied to optimizing

recommendations of *Eucalyptus* genotypes. **Forest Ecology and Management**, v.392, p. 144–153, 2017.

MARQUARDT, D. W. Generalized inverses, ridge regression, biased linear estimation and nonlinear estimation. **Technometrics**, v.12, n.3, p.591–612, 1970.

MARSHALL, D.R.; BROWN, A.H.D. Optimum sampling strategies in genetic conservation. In: O.H. Franked and J. G. Hawkes (Eds.). *Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow*. Cambridge University Press, Cambridge, London,1975.p. 53-80.

MARTINS, K.; SANTOS, W. S. D.; QUADROS, T. M. C.; AGUIAR, A. V.; MACHADO, J. A. R.; SEBBENN, A. M.; FREITAS, M. L. M. Genetic variation and effective population size of a *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem. provenance and progeny test. **Journal of Forest Research**, v. 23, n.4, p.228-236, 2018.

MARTINS, S. R.; SCHLINDWEIN, S. L.; D'AGOSTINI, L. R.; BONATTI, M.; VASCONCELOS, A. C. F.; HOFFMANN, A. F.; FANTINI, A. C. Mudanças climáticas e vulnerabilidade na agricultura: desafios para desenvolvimento de estratégias de mitigação e adaptação. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v.17, p. 17-27, 2010.

MAUÉS, M. M.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Consequências da fragmentação do hábitat na ecologia reprodutiva de espécies arbóreas em florestas tropicais, com ênfase na Amazônia. **Oecologia Australis.**, v.14, n.1, p.238-250, 2010.

MCKINNEY, A. M.; GOODELL, K. Shading by invasive shrub reduces seed production and pollinator services in a native herb. **Biological Invasions**, v.12, p.2751–2763, 2010.

MEDEIROS, A. C. S. **Comportamento fisiológico, conservação de germoplasma a longo prazo e previsão de longevidade de sementes de aroeira** (*Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl.). 1996. 127f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 1996.

MEFFE, G. K.; CARROL, C. R. Genetics: conservation of diversity within species. In: MEFFE, G. K.; CARROL, C. R. (Ed.). **Principles of conservation biology**. Massachusetts: Sinauer Associates. p. 161-202, 1997.

MELO, A. C. A. **A cobertura da terra dentro do contexto das unidades de relevo em três bacias da ecorregião do Planalto Central**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília, 2018. 38 f.

MELO, A. T. O.; COELHO, A. S. G.; PEREIRA, M. F.; BLANCO, A. J. V. ; FRANCESCHINELLI, E. V. Genética da conservação de *Cabranea canjerana* (Vell.) Mart. (Meliaceae) em fragmentos florestais de Mata Atlântica na APA Fernão Dias. **Árvore**, Viçosa , v. 39, n. 2, p. 365-374, Apr. 2015 .

MENDES, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Índice de seleção para escolha de populações segregantes de feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.10, p.1312-1318, 2009.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA Jr, M. C.; REZENTE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E.; FAGG, C. W. Flora vascular do Cerrado. In: SANO, S.; ALMEIDA, S. (Ed.). **Cerrado, Ambiente e flora**. Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa - Cerrados, p. 288-556, 1998.

MESQUITA, M. R. **Florística e fitossociologia de uma área de cerrado marginal (cerrado baixo) do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí**. Dissertação (Mestrado). 2003. Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 63p.

METZGER, P. M. Delineamento de experimentos numa perspectiva de ecologia da paisagem. In: CULLEN Jr., L. C.; VALLADARES-PADUA, C. **Métodos de estudos em biologia da conservação & manejo da vida silvestre**. Curitiba: UFPR, 2004. p. 539-553.

MITTERMEIER, R. A.; MYERS, N.; MITTERMEIER, C. G. **Hotspots: earths's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**. México: Agrupación Sierra Madre. 1999.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Instrução Normativa nº 06, de 23 de Setembro de 2008**. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br/recursos-florestais/documentos/lista-oficial-de-especies-brasileirasameacadas-de-extincao/>>. Acesso em: 15 nov. 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **O bioma Cerrado**. Disponível em <https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado.html>. Acesso em 09 de agosto de 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas no Cerrado**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=1&idConteudo=9410>. Consulta pública em setembro de 2009. Acesso em 15 nov 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas: Cerrado**. Disponível em <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/servicosambientais/controle-de-desmatamento->

e-incendios-florestais/PPCerrado1fase20102011.pdf/view. Acesso em 10 de agosto de 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **PPCerrado**: plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas no Cerrado - 2a. fase (2014-2015). Disponível em <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/servicosambientais/control-de-desmatamento-e-incendios-florestais/PPCerrado2fase20142015.pdf/view>. Acesso em 10 de agosto de 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Projeto Vertentes**: plano de envolvimento das partes interessadas. Disponível em https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/relacoes-internacionais-1/SEPPEPIVertentes_01_04_2021.pdf/view. Acesso em 10 de agosto de 2021.

MONTALVO, A. M.; WILLIAMS, S. L.; RICE, K. J.; BUCHMANN, S. L.; CORY, C.; HANDEL, S. N.; NABHAN, G. P.; PRIMACK, R.; ROBICHAUX, R. H. Restoration biology: A population biology perspective. **Restoration Ecology**, v.5, p.227–290, 1997.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; LINS NETO, E. M. F.; ARAÚJO, E. L.; AMORIM, E. L. C. Use patterns and knowledge of medicinal species among two rural communities in Brazil's semi-arid northeastern region. **Journal of Ethnopharmacology**, v.105, p. 173-186. 2006.

MONTEIRO, J.R.B. 1994. **Composição florística e estrutura de uma floresta mesófila semidecídua no município de Chapada dos Guimarães - MT**. Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

MORAES, M. A.; VALÉRIO FILHO, W. V.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, A. M.;
MANOEL, R. O.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M.
Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de *Myracrodruon urundeuva*
F.F. & M.F. Allemão – Anacardiaceae. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 93, p.
69-76, mar. 2012

MORAES, M. L. T. **Variabilidade genética por isoenzimas e caracteres
quantitativos em duas populações naturais de aroeira *Myracrodruon urundeuva*
F.F. & M.F. Allemão - Anacardiaceae (Syn: *Astronium urundeuva* (Fr. Allemão)
Engler)**. Tese (doutorado) - Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura
Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1992. 154 f.

MORAES, M. L. T.; FREITAS, M. L. M. **Resumos EMBRAPA - CPAO/Flora Sul**.
Dourados - Mato Grosso do Sul. 9 p. 1997.

MORAES, M. L. T.; KAGEYAMA, P. Y.; SEBBENN, A. M. Diversidade e estrutura
genética espacial em duas populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. sob
diferentes condições antrópicas. **Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 281-289, 2005.

MORAES, M. L. T.; KAGEYAMA, P. Y.; SIQUEIRA, A. C. M. F.; KANO, N. K.;
CAMBUIM, J. Variação genética de duas populações de aroeira (*Astronium urundeuva*
(Fr. All.) Engl. - Anacardiaceae. **Anais - 2º Congresso Nacional.sobre Essências
Nativas - 29/3/92-3/4/92. Revista do Instituto Florestal**, v.4, n.4, p 1241-1245, 1992.

MORI, E.S. **Efeitos da competição intra-específica na seleção de árvores superiores
de *Eucalyptus saligna* Smith**. Dissertação (mestrado). Escola Superior de Agricultura
Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1987. 79 f.

MORISON, J. I. L.; LAWLOR, D. W. Interactions between increasing CO₂ concentration and temperature on plant growth. **Plant Cell Environ**, v. 22, p.659–682. 1999.

MOURA, M.; LIMA, P. **Dia nacional do Cerrado**: projetos reforçam leis para proteção do bioma. Agência Senado, 2020. Disponível em <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2020/09/10/dia-nacional-do-cerrado-projetos-reforcam-leis-para-protECAO-do-bioma>. Acesso em 10 de agosto de 2021.

MOURA, N. F.; CHAVES, L. J.; NAVES, R. V. Caracterização física de frutos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) do Cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.5, p.905-912, 2013.

MUYLAERT, R. L.; VANCINE, M. H.; BERNARDO, R.; OSHIMA, J. M. F.; SOBRAL-SOUZA, T.; TONETTI, V. R.; NIEBUHR, B. B.; RIBEIRO, M. C. Uma nota sobre os limites territoriais da mata atlântica. **Oecologia Australis**, v.22, n.3, p. 302–311, 2018.

NABOUT, J. C.; OLIVEIRA, G.; MAGALHÃES, M. R.; CARINA, T. L.; ALMEIDA, F. A. S. D. Global climate change and the production of pequi fruits (*Caryocar brasiliense*) in the Brazilian Cerrado. **Nature Conservation**, v.9, p.55–60, 2011.

NAMKOONG, G.; KANG, H. C.; BROUARD, H. C. **Tree breeding: principles and strategies**. New York: Springer-Verlag. 180 p, 1998.

NAVARRO, G.; MOLINA, J.A.; MOLAS, L.P.. Classification of the forests of the northern Paraguayan Chaco. **Phytocoenologia**, v.36, n.4, p. 473-508, 2006.

NAZARENO, A. G.; ALZATE-MARIN, A. L.; PEREIRA, R. A. S. Dioecy, more than monoecy, affects plant spatial genetic structure: the case study of *Ficus*. **Ecology and Evolution**, v.3, n.10, p.3495– 3508, 2013.

NOBRE, C. A. Mudanças climáticas e o Brasil - Contextualização. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, DF, v.27, dez. 2008.

NOBRE, C. A. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. **Parcerias Estratégicas**, v.6, n.12, 2001.

NOBRE, C. A.; REID, J.; VEIGA, A. P. S. **Fundamentos científicos das mudanças climáticas**. São José dos Campos: Rede Clima/INPE, 2012. 44p.

NOGUEIRA, J. C. B.; SIQUEIRA, A. C. M. F.; MORAES, E.; COELHO, L. C. C.; MARIANO, G.; KAGEYAMA, P. Y.; ZANATTA, A. C., FIGLIOLIA, M. B.

Conservação genética de essências nativas através de ensaios de progênie/procedências. **Silvicultura em São Paulo**, v.16, p.957-969. 1982.

NOGUEIRA, J. C. B. Reflorestamento misto com essências nativas: a mata ciliar. **Instituto Florestal**, São Paulo, 2010, 148p.

NORBY, R. J.; LUO, Y. Evaluating ecosystem responses to rising atmospheric CO₂ and global warming in a multifactor world. **New Phytologist**, v.162, p.281–293. 2004.

NUNES, Y. R. F.; FAGUNDES, M.; ALMEIDA, H. S.; VELOSO, M. D. M. Aspectos ecológicos da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão- Anacardiaceae): fenologia e germinação de sementes. **Árvore**, Viçosa, v.32, n.2, p. 233-243, 2008.

NOBRE, C. A.; REID, J.; VEIGA, A. P. S. **Fundamentos científicos das mudanças climáticas**. São José dos Campos: Rede Clima/INPE, 2012. 44p.

- NOGUEIRA, J. C. B.; SIQUEIRA, A. C. M. F.; MORAES, E.; COELHO, L. C. C.; MARIANO, G.; KAGEYAMA, P. Y.; ZANATTA, A. C., FIGLIOLIA, M. B. Conservação genética de essências nativas através de ensaios de progênie/procedências. **Silvicultura em São Paulo**, v.16, p.957-969. 1982.
- NOGUEIRA, J. C. B. Reflorestamento misto com essências nativas: a mata ciliar. **Instituto Florestal**, São Paulo, 2010, 148p.
- NORBY, R. J.; LUO, Y. Evaluating ecosystem responses to rising atmospheric CO₂ and global warming in a multifactor world. **New Phytologist**, v.162, p.281–293. 2004.
- NUNES, Y. R. F.; FAGUNDES, M.; ALMEIDA, H. S.; VELOSO, M. D. M. Aspectos ecológicos da aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão- Anacardiaceae): fenologia e germinação de sementes. **Árvore**, Viçosa, v.32, n.2, p. 233-243, 2008.
- OLIVEIRA, S. A.; MORAES, M. L. T.; KURAMOTO, C. M.; SIQUEIRA, A. C. M. F.; KAGEYAMA, P. Y. Variação genética em progênies de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes condições de cultivo: aspectos silviculturais. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.12, n. 2, p.155-166, 2000.
- OLIVEIRA, F. C. S.; BARROS, R. F. M.; NETO, J. M. M. Plantas medicinais utilizadas em comunidades rurais de Oeiras, semiárido piauiense. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.12, n.3, p.282-301, 2010.
- OLIVEIRA, D. A.; HERNANDEZ, F. B. T.; TEIXEIRA, A. H. C. Balanço hídrico espacial na região noroeste paulista em 2018. Inovagri International Meeting, **Anais...**, p. 1-7, 2018.

OLIVEIRA, J. C. **Comissão sobre queimadas dará atenção à Amazônia e ao Cerrado em 2021**. Disponível em <https://www.camara.leg.br/noticias/719802-comissao-sobre-queimadas-dara-atencao-a-amazonia-e-ao-cerrado-em-2021/>. Acesso em 10 de agosto de 2021.

OLIVEIRA, M. J.; BAPTISTA, G. M. M.; CARNEIRO, C. D. R.; VECCHIA, F. A. S. História geológica e Ciência do clima: Métodos e origens do estudo dos ciclos climáticos na Terra. **Terræ**, v.12, n.1, p.03-26.2015.

OLIVEIRA, R. **Brasil perde 24 árvores por segundo em 2020 enquanto alertas de desmatamento explodem**. El País. São Paulo, 11 de junho de 2021. Desmatamento. Disponível em <https://brasil.elpais.com/brasil/2021-06-11/brasil-perde-24-arvores-por-segundo-em-2020-enquanto-alertas-de-desmatamento-explodem.html>. Acesso em 09 de novembro de 2021.

OLIVEIRA-FILHO, A.; FONTES, M. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica**, v.32, n.2, p.793–810, 2000.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; MARTINS, F.R. 1986. Distribuição, caracterização e composição florística das formações vegetais da região da Salgadeira, na Chapada do Guimarães (MT). **Revta brasil. Bot.** 9:207-223.

OLIVEIRA NETO, S. N. 2000. **Classificação ecológica do território brasileiro localizado entre 16 e 24° latitude sul e 48 e 60° longitude oeste - uma abordagem climática**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 136f.

OPLER, P. A.; BAWA, K. S. Sex rations in tropical forest trees. **Evolution**, v.32, n.4, p. 812-821, 1978.

OTSUBO, H. C. B.; MORAES, M. L. T.; MORAES, M. A.; NETO, M. J.; FREITAS, M. L. M.; COSTA, R. B.; RESENDE, M. D. V.; SEBBENN, A. M. Variação genética para caracteres silviculturais em três espécies arbóreas da região do bolsão sul-matogrossense. **Cerne**, v. 21, n. 4 , p. 535-544 , 2015.

PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C. R.; SANTO, G. J. C. Resistência natural de nove madeiras do semiárido brasileiro a fungos xilófagos em simulares de campo. **Árvore**, v.33, n.3 p.511-20, 2009.

PAINEL GOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA (IPCC, sigla em inglês). **Relatórios**. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/sr15/download/#chapter> >

Acesso em 09 de novembro de 2021.

PAVAN, B. E.; DE PAULA, R. C.; PERECIN, D.; CANDIDO, L. S.; SCARPINATI, E. A. Efeito competitivo em testes de progênies de eucalipto. **Ciência Florestal**, v. 22, n. 3, p. 433-443, 2012.

PEREIRA, H. M.; LEADLEY, P. W.; PROENÇA, V.; ALKEMADE, R.; SCHARLEMANN, J. P. W.; FERNANDEZ-MANJARRÉS, J. F., ARAÚJO, M. B.; BALVANERA, P.; BIGGS, R.; CHEUNG, W. W. L.; CHINI, L.; COOPER, H. D.; GILMAN, E. L.; GUÉNETTE, S.; HURTT, G. C.; HUNTINGTON, H. P.; MACE, G. M.; OBERDOFF, T.; REVENGA, C.; RODRIGUES, P.; SCHOLLES, R. J.; SUMAILA, U. R.; WALPOLE, M. Scenarios for global biodiversity in the 21st century. **Science**, v.330, p.1496–1501. 2010.

PEREIRA, J. C. R.; HERNANDEZ, F. B. T.; NEALE, C.; TEIXEIRA, A. H. C. Planejamento do plantio da cana-de-açúcar no Noroeste paulista baseado no balanço hídrico. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 21, Petrolina. As oportunidades

de empreendedorismo na agricultura irrigada: **Anais...** Petrolina: ABID, 2011. 1 CD-ROM, 2011.

PEREIRA, I. M.; CONEGLIAN, A. Situação e perspectivas da conservação do Cerrado em 2019. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v.11, n.1, p.16-22, 2020.

PEREIRA, M. B.; VENCOVSKY, R. Limites da seleção recorrente: Fatores que afetam o acréscimo das frequências alélicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.7, p.769-780, julho 1988.

PIETRAFESA, J. P.; SAUER, S. A nova dinâmica na velha fronteira: "terceira marcha" da ocupação no Cerrado. **Revista Funadesp**, v.5, n.5, p.139-160, 2012.

PIMENTA, A. C.; SILVA, P. S. R.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; KOEHLER, H. S. Caracterização de plantas e de frutos de araticunzeiro (*Annona crassiflora* Mart.) nativos no Cerrado Matogrossense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 36, n. 4, p. 892-899, Dezembro 2014.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H.. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 309 p, 2002.

PINHEIRO, R. T.; DORNAS, T. Distribuição e conservação das aves na região do Cantão, Tocantins: ecótono Amazônia/Cerrado. **Biota Neotropica.**, v. 9, n. 1, p.187-205, 2009.

PINHEIRO, M. H. O.; MONTEIRO, R. Contribution to the discussions on the origin of the cerrado biome: Brazilian savanna. **Brazilian Journal of Biology**, v. 70, n.1, p. 95-102, 2010.

PINTO, H. S.; ASSAD, E. D.; ZULO Jr., J.; EVANGELISTA, S. R. M.; OTAVIAN, A. F.; ÁVILA, A. M. H.; EVANGELISTA, B.; MARIN, F. R.; MACEDO Jr., C.; PELLEGRINO, G. Q.; COLTRI, P. P.; CORAL, G. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. Embrapa, São Paulo.2008.

PINTO, R. J. B. **Introdução ao melhoramento genético de plantas**. 2 ed. Maringá: Eduem, 2009. 351 p.

PINTO-JÚNIOR, J. E.; SANTOS, P. E. T.; AGUIAR, A. V.; KALIL-FILHO, A. N.; PALUDZYSZYN-FILHO, E.; STURION, J. A.; RESENDE, M. D. V.; SOUSA, V. A. **Melhoramento genético de espécies arbóreas na Embrapa Florestas: uma visão histórica**. Colombo: Embrapa Florestas, 2013. 259 p.

PIRANI, J. R.; SILVA-LUZ, C. L. Check-list de Picramniales e Sapindales (exceto Sapindaceae) do estado de Mato Grosso do Sul. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre, v. 73(supl.), p.301-307, 2018.

PIRES, I. E.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, R. L.; RESENDE Jr., M. F. R. **Genética florestal**. Viçosa, MG: Arka, 2011. 318 p.

PIRES, V. C. M.; MARTINS, K.; FRANCISCONI, A. F.; BÔAS, O. V.; FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M. Variação genética em caracteres silviculturais em teste de progênies de *Anadenanthera falcata* (Benth) Speng. **Scientia Forestalis**, v.42, n.104, p.565-571, 2014.

PONTES, N. **Desmatamento no Cerrado volta a crescer em 2020**. Deutsche Welle, 2020. Disponível em <https://www.dw.com/pt-br/desmatamento-no-cerrado-volta-a-crescer-em-2020/a-56016083>. Acesso em 10 de agosto de 2021.

POTT, A.; POTT, V. J. Espécies de fragmentos florestais em Mato Grosso do Sul. In: COSTA, R. B. (Org.) **Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na Região Centro-Oeste**. Campo Grande: UCDB, 2003. p. 26-52.

PRADO, D. 1998. *Astronium urundeuva*. The IUCN Red List of Threatened Species 1998: e.T32020A9674552.

<https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T32020A9674552.en>. Acesso em 09 ago 2021.

PRADO, D. E. What is the Gran Chaco vegetation in South America? I. A review. Contribution to the study of flora and vegetation of the Chaco. **Candollea**, v.48, n.1, p. 145-172, 1993.

PRADO, D. E.; GIBBS, P. E.; POTT, A.; POTT, V. J.. 1992. The Chaco-Pantanal transition in southern Mato Grosso, Brazil; p. 451-470. In: FURLEY, P. A.; PROCTOR, J.; RATTER, J. A. (ed.). **Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries**. London: Chapman and Hall.

PROCACCINI, G.; PIAZZI, L.. Genetic polymorphism and transplantation success in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. **Restoration Ecology**, v.9, p.332–338, 2001.

PUIATTI, G.A.; CECON, P.R., NASCIMENTO, A.C.C.; FINGER, F.L.; PUIATTI, M.; SILVA, F.F.; SILVA, A.R. Comparação dos métodos de agrupamento de Tocher e UPGMA no estudo de divergência genética em acessos de alho. **Revista de Estatística UFOP**, v. 3, 2014, p. 275-279.

PUPIN, S. **Variação genética para caracteres silviculturais em progênies de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) - Anacardiaceae - em sistema de multi-espécie.**

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Estadual Paulista.

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2011. 42 f.

PUPIN, S.; FREITAS, M. L. M.; CANUTO, D. S. O.; SILVA, A. M.; MARIN, A. L. A.; MORAES, M. L. T. Variabilidade genética e ganhos de seleção em progênies de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Nativa**, Sinop, v.5, n.1, p.59-65, jan./fev. 2017

QUEENBOROUGH, S. A.; BURSLEM, D. F. R. P.; GARWOOD, N. C.; VALENCIA, R. Determinants of biased sex ratios and inter-sex costs of reproduction in dioecious tropical forest trees. **American Journal of Botany**, v.94, n.1, p.67–78, 2007.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2021. Disponível em <http://www.R-project.org/>. Acesso em 01 de setembro de 2021.

RADA, N. Assessing Brazil's Cerrado agricultural miracle. **Food Policy**, v.38,2013, p. 146–155.

RAMALHO, M. A. P. Seleção recorrente. In: Reunião nacional de pesquisa de feijão, 5., 1996. Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa-CNPAP, 1996, p. 153-165.

RANDO, J. G.; PIRANI, J. R. Padrões de distribuição geográfica das espécies de *Chamaecrista* sect. *Chamaecrista* ser. *Coriaceae* (Benth.) H. S. Irwin & Barneby, Leguminosae – Caesalpinioideae. **Revista Brasileira de Botânica**, v.34, n.4, p.499-513, out.-dez. 2011.

RATTER, J. A.; RICHARDS, P. W.; ARGENT, G.; GIFFORD, D. R. Observations on the Vegetation of Northeastern Mato Grosso: I. The Woody Vegetation Types of the

Xavantina Cachimbo Expedition Area. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v.266, p.449-492, 1973.

RATTER, J. A. (1992) Transitions between cerrado and forest vegetation in Brazil. p. 417-429. In: FURLEY, P. A.; PROCTOR, J.; RATTER, J. A. (ed.). **Nature and Dynamics of Forest-Savanna Boundaries**. London: Chapman and Hall.

RECCO, C. R. S. B.; SANTOS, W.; SOUZA, D. C. L.; CAMBUIM, J.; MORAES, M. A.; SILVA, A. M.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T. Variação fenotípica para caracteres silviculturais em populações de *Aspidosperma* spp. sem estrutura de progênes. **Revista do Instituto Florestal**, v.28, n.1, p.49-57, 2016.

REFLORA. **Herbário virtual**. Disponível em <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/>. Acesso em 09 de novembro de 2021.

REICHARDT, K. **A água nos sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 1987. 188 p.

REIS, C. A. F.; GONÇALVES, F. M. A.; RAMALHO, M. A. P.; ROSADO, A. M. Seleção de progênes de eucalipto pelo índice Z por MQM e BLUP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.5, p.517-523, 2011.

REIS, C. A. F.; GONÇALVES, F. M. A.; RAMALHO, M. A. P.; ROSADO, A. M. Estratégias na seleção simultânea de vários caracteres no melhoramento do *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, v. 25, n.2, p.457-467, 2015.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 975p, 2002.

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. *Software SELEGEN-REML/BLUP*: sistema estatístico e seleção genética computadorizada via modelos lineares mistos. Colombo: Embrapa Florestas, 359p, 2007.

RESENDE, M. 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.

RIBEIRO, P. C.; LEMOS-FILHO, J. P.; BUZZATI, R. S. O.; LOVATO, M. B.; HEURTEZ, M. Species-specific phylogeographical patterns and Pleistocene east – west divergence in *Annona* (Annonaceae) in the Brazilian Cerrado. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, p. 21–36, 2016.

RIBEIRO, R. A.; RODRIGUES, F. M. Genética da conservação em espécies vegetais do Cerrado. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas.**, Salvador, v. 5, n. 3, p. 253-260, set./dez. 2006.

RIBEIRO, N. P.; SANCHES, C. C.; OLIVEIRA, M. A. C. Biodiversidade e conservação de recursos genéticos de espécies arbóreas. **Multitemas**, Campo Grande, MS, v. 21, n. 50, p. 31-49, jul./dez. 2016.

RIVA, L. C. **Crescimento, adaptação e qualidade da madeira em progênies de duas populações de *Myracrodruon urundeuva* procedentes de áreas antropizadas.** Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2020. 89 f.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**-Manual de dendrologia brasileira. São Paulos, Editora Edgard Bücher, EDUSP, 1971. 294p.

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**: manual de dendrologia brasileira. Editora Blucher, São Paulo. 296 p. 1995.

ROCHA, R. B.; ROCHA, M. G. B.; SANTANA, R. C.; VIEIRA, A. H. Estimação de parâmetros genéticos e seleção de procedências e famílias de *Dipteryx alata* Vogel (baru) utilizando metodologia de REML/BLUP e E(QM). **Cerne**, v.15, n.3, p.331-338, 2009.

ROCHA, S. M. G.; VIDAURRE, G. B.; PEZZOPANE, J. E. M.; ALMEIDA, M. N. F.; CARNEIRO, R. L.; CAMPOE, O. C.; SCOLFORO, H. F.; ALVARES, C. A.; NEVES, J. C. L.; XAVIER, A. C.; FIGURA, M. A. Influence of climatic variations on production, biomass and density of wood in eucalyptus clones of different species. **Forest Ecology and Management**, v.473, 118290, 2020.

RODRIGUES, C. J. **Variação genética para caracteres silviculturais em banco ativo de germoplasma de espécies arbóreas do cerrado e da floresta estacional semidecidual**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2010. 188 f.

RODRIGUES, E. B.; COLEVATTI, R. G.; CHAVES, L. J.; MOREIRA, L. R.; TELLES, M. P. C. Mating system and pollen dispersal in *Eugenia dysenterica* (Myrtaceae) germplasm collection: tools for conservation and domestication. **Genetica**, v. 144, p.139–146, 2016.

RODRIGUES, L. P.; CARVALHO, E. M.; SILVA, J. F. Unidades de conservação no ecótono entre Pantanal e Cerrado: o caso do município de Aquidauana (MS). In: PEREZ FILHO, A.; AMORIM, R. R. (Orgs.) **Os desafios da geografia física na**

fronteira do conhecimento. Campinas: Instituto de Geociências - UNICAMP, 2017, p.1070-1081

RODRIGUES, L.C.E. **Gerenciamento da produção florestal Documentos Florestais.** Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Ciências Florestais, 1991, v.13, p.1-41.

ROGERS, S. Tissue culture and wetland establishment of the freshwater monocots *Carex*, *Juncus*, *Scirpus*, and *Typha*. **In Vitro Cell Dev Biol-Plant**, v.39, p.1–5, 2003.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas do ambiente EXCEL™ para cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p. 133-137, 1998.

ROSA, R. P.; PORTO, M. A.; KOZAKEVICIUS, A. Classificador de imagens de pulmão utilizando wavelets de Haar e distância de Mahalanobis. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, v. 22, n. 2, 2015. p. 51-66.

SANDS, R.; MULLIGAN, D. R. Water and nutrient dynamics and tree growth. **Forest Ecology and Management**, v.30, p.91-111, 1990.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, p. 113-124, 2010.

SANTANA, V. Z. **Proporção sexual em populações de *Myracrodruon urundeuva* para fins de formação de pomares de sementes por mudas.** Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2017. 64 f.

- SANTIN, D. A.; LEITÃO, H.F.F. Restabelecimento e revisão taxonômica do gênero *Myracrodruon* Freire Allemão (Anacardiaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v.14, p.133-145.1991.
- SANTOS, E. **Nossas madeiras**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1987. 316p.
- SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T. Uso do solo e monitoramento dos recursos hídricos no córrego do Ipê, Ilha Solteira, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.1, p.60–68, 2013.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO-FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5 ed. ver. ampl. – Brasília: Embrapa, 2018. 353p.
- SANTOS, J. R. N.; ARAÚJO, M. L. S.; SILVA JUNIOR, C. H. L.; SANTOS, J. S.; ALMEIDA, J. L.; LIMA, T. V.; SOUSA, L. V. P.; AGUIAR, P. H. M.; SILVA, F. B. Tendências de extremos climáticos na região de transição Amazônia-Cerrado no Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.16, p.130-154. Jan/jun, 2020.
- SAUL, F. A. C. **Progênes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. em diferentes sistemas de plantio para fins de conservação genética *ex situ***. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2020. 74 f.
- SAUL, F. A. C.; ZULIAN, D. F.; SILVA, A. M.; CORNACINI, M. R.; CAMBUIM, J.; SAUL, R. A.; MORAES, M. L. T. Variação genética para caracteres de crescimento em progênes de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. Em Selvíria, Brasil. In: FELSEMBURG, C. A. (org.). **Empreendedorismo e inovação na Engenharia Florestal 2**. Ponta Grossa: Atena, 2020. p. 72-79.

SCALON, S. P. Q.; SCALON FILHO, H.; MASETTO, T. H. Aspectos da germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de aroeira. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 533-539, out./dez. 2012.

SCHEFFERS, B. R.; MEESTER, L.; BRIDGE, T. C. L.; HOFFMANN, A. A.; PANDOLFI, J. M.; CORLETT, R. T.; BUTCHART, S. H. M.; PEARCE-KELLY P.; KOVACS, K. M.; DUDGEON, D.; PACIFICI, M.; RONDININI, C.; FODEN, W. B.; MARTIN, T. G.; MORA, C.; BICKFORD, D.; WATSON, J. E. M. The broad footprint of climate change from genes to biomes to people. **Science**, v. 354, n. 6313, p. aaf7671-1, 2016.

SCHEINER, S. M.; CALLAHAN, H. S. Measuring natural selection on phenotypic plasticity. **Evolution**, v.53, p.1704-1713, 1999.

SCHIPPERS, P.; STERCK, F.; VLAM, M.; ZUIDEMA, P. A. Tree growth variation in the tropical forest: understanding effects of temperature, rainfall and CO₂. **Global Change Biology**, v.21, n.7, p.2749–2761, 2015.

SCHLOERKE, B.; DI, C.; LARMARANGE, J.; BRIATTE, F.; MARBACH, M.; THOEN, E.; ELBERG, A.; CROWLEY, J. **GGally: Extension to 'ggplot2'**. R package version 2.1.2. 2021. Disponível em <https://CRAN.R-project.org/package=GGally>. Acesso em 01 de setembro de 2021.

SCHUTZE, I. X.; HERNANDEZ, F. B. T.; FEITOSA, D. G.; SILVA, Y. F. Balanço hídrico no noroeste paulista em 2012. **Anais...**, XLII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2013, Fortaleza, Ceará, Brasil, de 4 a 8 de agosto de 2013.

SCOLFORO, H. F.; CASTRO NETO, F.; SCOLFORO, J. R. S.; BURKHART, H.; MCTAGUE, J. P.; RAIMUNDO, M. R.; LOOS, R. A.; FONSECA, S.; SARTORIO, R. C. Modeling dominant height growth of eucalyptus plantations with parameters conditioned to climatic variations. **Forest Ecology and Management**, v. 380, p.182–195, 2016.

SCOLFORO, H. F.; SCOLFORO, J. R. S.; STAPE, J. L.; MCTAGUE, J. P.; BURKHART, H.; MCCARTER, J.; NETO, F. D. C.; LOOS, R. A.; SARTORIO, R. C.. Incorporating rainfall data to better plan *Eucalyptus* clones deployment in eastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.391, p.145–153, 2017

SCOLFORO, H. F.; MCTAGUE, J. P.; BURKHART, H.; ROISE, J.; CAMPOE, O.; STAPE, J. L. Yield pattern of eucalypt clones across tropical Brazil: An approach to clonal grouping. **Forest Ecology and Management**, v. 432, p.30–39, 2019.

SEBBENN, A. M.; ETTORI, L. C. Conservação genética *ex situ* de *Esenbeckia leiocarpa*, *Myracrodruon urundeuva* e *Peltophorum dubium* em teste de progênies misto. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 201-211, dez. 2001.

SEBBENN, A. M. Número de árvores matrizes e conceitos genéticos na coleta de sementes para reflorestamentos com espécies nativas. **Revista do Instituto Florestal**, v.14, n.2, p. 115-132, 2002.

SEBBENN, A. M. Tamanho amostral para conservação *ex situ* de espécies arbóreas com sistema misto de reprodução. **Revista do Instituto Florestal**, v.15, n.2, p.147-162, 2003.

SEBBENN, A.M. Sistemas de reprodução em espécies tropicais e suas implicações para a seleção de árvores matrizes para reflorestamentos ambientais. In: HIGA, A. R.;

SILVA, L. D. **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF, 2006. p.183-202.

SEBBENN, A.M. Sistema de reprodução em espécies arbóreas tropicais e suas implicações para a seleção de árvores matrizes para reflorestamentos ambientais. In: HIGA, A.R.; SILVA, L.D. **Pomares de sementes de espécies florestais nativas**. FUPEF, Curitiba, p.93-138, 2006.

SEVERO, V. L. **Variação genética e competição intergenotípica em teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All., *Terminalia argentea* Mart. et Succ. e *Astronium fraxinifolium* Schott em consórcio**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2004. 75 f.

SHIMAKURA, S. **Coefficiente de correlação de postos de Spearman**. Disponível em <http://www.leg.ufpr.br/~silvia/CE001/node73.html>. Acesso em 23 de agosto de 2021.

SILVA, A. M. **11 de setembro: dia de celebrar o Cerrado, mas também de defesa da preservação**. Disponível em <https://www.correiobraziliense.com.br/cidades-df/2020/09/4874588-hora-de-preservar-o-futuro.html>. Acesso em 10 de agosto de 2021.

SILVA, C. M. Entre Fênix e Ceres: A grande aceleração e a fronteira agrícola no Cerrado. **Varia História**, Belo Horizonte , v. 34, n. 65, p. 409-444, 2018.

SILVA, G. B. S.; MELLO, A. Y. I.; STEINKE, V. A. Unidades de conservação no bioma Cerrado: desafios e oportunidades para a conservação no Mato Grosso.

Geografia, Rio Claro, v. 37, n. 3, p. 541-554, set./dez. 2012.

SILVA, J. M. C. Birds of the cerrado region, South América. **Steenstrupia**, 21, p. 69-92, 1995.

SILVA, J. F.; FARIÑAS, M. R.; FELFILI, J. M.; KLINK, C. A. Spatial heterogeneity, land use and conservation in the Cerrado region of Brazil. **Journal of Biogeography**, v.33, n .4, p.536-548, 2006.

SILVA, J. S. V.; ABDON, M. M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 33, 1703–1711, 1998.

SILVA, M. P.; MAURO, R.; MOURÃO, G.; COUTINHO, M. Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, p.143-152, 2000.

SILVA-LUZ, C.L.; MITCHELL, J.D.; PIRANI, J.R.; PELL, S.K. **Anacardiaceae in Flora do Brasil 2020 em construção**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB115185>>. Acesso em: 10 set. 2020

SILVA, J. R.; SANTOS, W.; MORAES, M. L. T.; SHIMIZU, J. Y.; SOUSA, V. A.; AGUIAR, A. V. Seleção de procedências e progênies de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze para produção de madeira e pinhão. **Scientia Forestalis**, v.46, n.120, p.519-531, 2018.

SILVA, J. T.; SQUIZATO, M.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M.; AMENDOLA, E. C.; TRINCA, V. F. Balanço hídrico espacial da região de Ilha Solteira, Itapura e Pereira Barreto. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -SBSR**, 28 a 31 de Maio de 2017, INPE Santos - SP, Brasil, 8p.

SILVA, A.R. **Métodos de agrupamento: avaliação e aplicação ao estudo de divergência genética em acessos de alho**. 2012. 83f. Dissertação (Mestrado).

Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2012.

SIMON, L. M.; OLIVEIRA, G.; BARRETO, B. S.; NABOUT, J. C.; RANGEL, T. F. L. V. B.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Effects of global climate changes on geographical distribution patterns of economically important plant species in Cerrado. **Revista Árvore**, v. 37, n. 2, p. 267-274, 2013.

SIMON, M. F.; PENNINGTON, T. Evidence for fire adaptation to fire regimes in the tropical savannas of the Brazilian Cerrado. **International Journal of Plant. Sciences**, v.173, p.711–723, 2012.

SIQUEIRA, M.F.; PETERSON, A. T. Consequences of global climate change for geographic distributions of Cerrado tree species. **Biota Neotropica**, v.3, p. 1-14, 2003.

SMOUSE, P. E.; SORK, V. L. Measuring pollen flow in forest trees: an exposition of alternative approaches. **Forest Ecology and Management**, v.197, n.1-3, p.21–38, 2004.

SOARES, A. A. V.; SCOLFORO, H. F.; FORRESTER, D. I.; CARNEIRO, R. L.; CAMPOE, O. C. Exploring the relationship between stand growth, structure and growth dominance in *Eucalyptus* monoclonal plantations across a continent-wide environmental gradient in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 474, 118340, 2020.

SORATO, L. D. **Proporção sexual e variação genética em progênes de *Myracrodruon urundeuva* procedente de Cuiabá-MT**. Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2019. 41 f.

SOUSA, V. A.; AGUIAR, A. V.; MOURA, N. F.; MORAES, M. A.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Fluxo gênico e estrutura genética espacial intrapopulacional e suas implicações para a coleta de sementes de espécies arbóreas tropicais. In: Sementes florestais tropicais: da ecologia à produção. 1ª Ed. Londrina: ABRATES, 2015, p. 46 – 82.

SOUZA Jr., C. M.; SHIMBO, J. Z.; ROSA, M. R.; PARENTE, L. L.; ALENCAR, A. A.; RUDORFF, B. F. T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; FERREIRA, L. G.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; OLIVEIRA, S. W.; ROCHA, W. F.; FONSECA, A. V.; MARQUES, C. B.; DINIZ, C. G.; COSTA, D.; MONTEIRO, D.; ROSA, E. R.; VÉLEZ-MARTIN, E.; WEBER, E. J.; LENTI, F. E. B.; PATERNOST, F. F.; PAREYN, F. G. C.; SIQUEIRA, J. V.; VIERA, J. L.; NETO, L. C. F.; SARAIVA, M. M.; SALES, M. H.; SALGADO, M. P. G.; VASCONCELOS, R.; GALANO, S.; MESQUITA, V. V.; AZEVEDO, T. Reconstructing three decades of land use and land cover changes in Brazilian Biomes with Landsat archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, n.17, p. 2735, 2020.

SOUZA, D. C. L. **Sistema de reprodução e distribuição da variabilidade genética de *Myracrodruon urundeuva* (F.F. & M.F. Allemão) em diferentes biomas.** Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017. 126 f.

SOUZA, M. J. H.; RIBEIRO, A.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; MINUZZI, R. B. Análise comparativa entre precipitação e produtividade florestal em duas localidades da bacia o Rio Doce, Minas Gerais. **Anais...**, X Reunión Argentina y IV Latinoamericana de Agrometeorologia, 2004.

SPINA, A. P.; FERREIRA, W. M.; LEITÃO FILHO, H. F. Floração, frutificação e síndromes de dispersão de uma comunidade de floresta de brejo na região de Campinas - SP. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 349-368, 2001.

SPITTLEHOUSE, D. L. Integrating climate change adaptation into forest management. **The Forestry Chronicle**, v.81, n.5, p.691-695, 2005.

STEEGE, H. Will tropical biodiversity survive our approach to global change? **Biotropica**, v.42, n.5, p.561–562, 2010.

STRASSBURG, B. B. N.; BROOKS, T.; FELTRAN-BARBIERI, R.; IRIBARREM, A.; CROUZEILLES, R.; LOYOLA, R.; LATAWIEC, A. E.; OLIVEIRA FILHO, F. J. B.; SCARAMUZZA, C. A. M.; SCARANO, F. R.; SOARES-FILHO, B.; BALMFORD, A. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution** v.1, n.99, 2017, p. 1-3.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

THEIL, H. **Principles of economics**. North Holland, 1971.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publications in climatology. Laboratory of Climatology**, New Jersey, v.8, 104p. 1955.

TUNG, E. S. C.; FREITAS, M. L. M.; FLORSHEIM, S. M. B.; LIMA, I. L.; LONGUI, E. L.; SANTOS, F. W.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Variação genética para caracteres silviculturais e anatômicos da madeira em progênies de *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.38, n.87, p.499-508, 2010.

UNESP - Área de Hidráulica e Irrigação. **Canal Clima**. 2020. Disponível em:

<http://clima.feis.unesp.br>. Acesso em: 09 de janeiro de 2020..

URBAN, J.; INGWERS, M. W.; MCGUIRE, M. A.; TESKEY, R. O. Increase in leaf temperature opens stomata and decouples net photosynthesis from stomatal conductance in *Pinus taeda* and *Populus deltoides x nigra*. **Journal of Experimental Botany**, v.68, p.1757–1767, 2017.

VALADARES, S. V.; SILVA, L. F.; VALADARES, R. V.; FERNANDES, L. A.; NEVES, J. C. L.; SAMPAIO, R. A. Plasticidade fenotípica e frações fosfatadas em espécies florestais como resposta à aplicação de fósforo. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.2, p.225-232, 2015

VALOIS, A. C. C.; SALOMÃO, A. N.; ALLEM, A. C. **Glossário de recursos genéticos vegetais**. Brasília: Embrapa-SPI, 1996. 62p. (Embrapa-Cenargen. Documentos; 22).

VANDER MIJNSBRUGGE, K.; BISCHOFF, A.; SMITH, B. A question of origin: Where and how to collect seed for ecological restoration. **Basic and Applied Ecology**, v.11, n.4, p.300–311, 2010.

VAN LEEUWEN, J.; LLERAS PÉREZ, E.; CLEMENT, C.R. Field genebanks may impede instead of promote crop development: lessons of failed genebanks of “promising” Brazilian palms. **Agrociência**, v.9, n.1-2, p.61-66, 2005.

VELOSO, H.P. 1991. **Manual técnico da vegetação brasileira**. IBGE, Rio de Janeiro.

VELOSO, H.P., RANGEL FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Fundação IBGE, Rio de Janeiro.

VENCOVSKY, R. Tamanho efetivo populacional na coleta e preservação de germoplasmas de espécies alógamas. **IPEF**, v.35, p.79-84, 1987.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 496p, 1992.

VENCOVSKY, R.; CHAVES, L. J.; CROSSA, J. Variance effective population size for dioecious species. **Crop Science**, v.52, n.1, p.79-90, 2012.

VERGEER, P. R.; RENGELINK, C.; COPAL, C.; OUBORG, N.J. The interacting effects of genetic variation, habitat quality and population size on individual performance of *Succisa pratensis*. **Journal of Ecology**, v.91, p.18–26, 2003.

VIANA, G. S. B.; BANDEIRA, M. A. M.; MOURA, L. C.; SOUZA-FILHO, M. V. P.; MATOS, F. J. A. & RIBEIRO R. A. Analgesic and antiinflammatory effects of the tannin fraction from *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Phytotherapy Research**, v.11, p.118-12, 2003.

VIEGAS, M. P.; SILVA, C. L. S. P.; MOREIRA, J. P.; CARDIN, L. T.; AZEVEDO, V. C. R.; CIAMPI, A. Y.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Diversidade genética e tamanho efetivo de duas populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All., sob conservação *ex situ*. **Árvore**, v.35, n.4, p.769-779, 2011.

VIOLA, E. Brazilian climate policy since 2005: continuity, change and prospective. **CEPS Working Document: Thinking ahead for Europe**. n.373, Feb, 2013, p.1-15.

VOLKER, P. W.; POTTS, B. M.; BORRALHO, N. M. G. Genetic parameters of intra and inter-specific hybrids of *Eucalyptus globulus* and *E. nitens*. **Tree Genetics and Genomes**, v.4, n.3, p.445-460, 2008.

VOSE, J. M.; SWANK, W. T. Effect of long-term drought on the hydrology and growth of a white pine plantation in the southern Appalachians. **Forest Ecology and Management**, v.64, p.25-39, 1994.

WEI, T.; SIMKO, V. **R package 'corrplot'**: Visualization of a Correlation Matrix (Version 0.90). 2021. Disponível em <https://github.com/taiyun/corrplot>. Acesso em 01 de setembro de 2021.

WESTERGAARD, M. The mechanism of sex determination in flowering plants. **Advanced Genetics**, v.9, p.217-281, 1958

WHITEHEAD, D.; BEADLE, C. L. Physiological regulation of productivity and water use in *Eucalyptus*: a review. **Forest Ecology and Management**, v.193, p.113–140, 2004.

WHITEHEAD, D.; JARVIS, P. G.; WARING, R. H. Stomatal conductance, transpiration, and resistance to water uptake in a *Pinus sylvestris* spacing experiment. **Canadian Journal of Forestry Research**, v.14, p.692–700, 1984.

WREGE, M. S.; HIGA, R. C. V.; BRITEZ, R. M.; GARRASTAZU, M. C.; SOUSA, V. A.; CARAMORI, P. H.; RADIN, B.; BRAGA, H. J. El cambio climático y la conservación de *Araucaria angustifolia* en Brasil. **Unasylva**, Roma, v.60, n. 231/232, p. 30-33, 2009.

YAMASHITA, N.; ABE, T.. Size distribution, growth and inter-year variation in sex expression of *Bischofia javanica*, an invasive tree. **Annals of Botany**, v.90, p.599–605, 2002.

YIN, L.; ZHOU, Y.; HUANG, J.; WENNINGER, J.; ZHANG, E.; HOU, G.; DONG, J. Interaction between groundwater and trees in an arid site: potential impacts of climate variation and groundwater abstraction on trees. **Journal of Hydrology**, v.528, p.435–448, 2015.

YOUNG, A.; BOYLE, T.; BROWN, T. The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. **Trends in Ecology and Evolution**, v.11, n.10, p.413-418, 2001.

YUAN, W.; ZHENG, Y.; PIAO, S.; CIAIS, P.; LOMBARDOZZI, D.; WANG, Y.; RYU, Y.; CHEN, G.; DONG, W.; HU, Z.; JAIN, A. K.; JIANG, C.; KATO, E.; LI, S.; LIENERT, S.; LIU, S.; NABEL, J. E. M. S.; QIN, Z.; QUINE, T.; SITCH, S.; SMITH, W. K.; WANG, F.; WU, C.; XIAO, Z.; YANG, S. (2019). Increased atmospheric vapor pressure deficit reduces global vegetation growth. **Science Advances**, v.5, eaax1396, 2019.

WORLD WILDLIFE FUND - WWF. **Biomás brasileiros**. Disponível em https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/biomas/. Acesso em 09 de agosto de 2021.

WORLD WILDLIFE FUND - WWF. **Biomás brasileiros**. Disponível em https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/biomas/bioma_transicao/. Acesso em 10 de agosto de 2021.

WORLD WILDLIFE FUND - WWF. **Biomass brasileiros**. Disponível em <https://wwfbr.awsassets.panda.org/downloads/transicoes.pdf>. Acesso em 10 de agosto de 2021.

ZANON, M. L. B.; FINGER, C. A. G. Relação de variáveis meteorológicas com o crescimento das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em povoamentos implantados. **Ciência Florestal**, v.20, n.3, p. 467-476, 2010.

ZHAO, D.; HAO, Z.; TAO, J. Effects of shade on plant growth and flower quality in the herbaceous peony (*Paeonia lactiflora* Pall.). **Plant Physiology and Biochemistry**, v.61, 2012, p. 187-196.

ZULIAN, D. F.; CAMBUIM, J.; SAUL, F. C. A.; RIVA, L. C.; ALVES, P. F.; MORAES, M. A.; CORNACINI, M. R.; MARINO, C. L.; ROSSINI, B. C.; MORAES, M. L. T. Produção de sementes melhoradas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão). In: EVANGELISTA, W. V. (org.) **Produtos Florestais Não Madeireiros: tecnologia, mercado, pesquisas e atualidades**. Guarujá, SP: Científica Digital, 2021. p 161-180.

8. APÊNDICE

8.1. Tabelas para conferência.

Tabela 1 – Betas dos modelos com covariável, sem padronização e com padronização (Z), para os caracteres silviculturais de *Astronium urundeuva*, em três testes de progênies, instalados em Selvíria-MS, medidos em 2019.

	CUIA		GO		PF	
	Sem Z	Com Z	Sem Z	Com Z	Sem Z	Com Z
ALT	-0,06	-0,09	0,28	-0,03	0,04	-0,14
DAP	0,00	-0,04	0,01	0,02	0,01	-0,06
DMC	0,15	-0,01	0,39	0,06	0,20	-0,12
FOR	-0,02	-0,08	-0,11	-0,14	-0,06	-0,18
SOB	-0,03	-0,07	-0,04	-0,12	-0,08	-0,22
Veq	0,00	-0,03	0,01	0,09	0,01	0,05

Tabela 2 – Estimativas de componentes de variâncias e parâmetros genéticos para os caracteres silviculturais de *Astronium urundeuva* no teste de progênes CUIA (29 progênes, procedentes de Cuiabá/MT).

	Modelo sem covariável (95)						Modelo com covariável (135)					
	ALT (m)	DAP (m)	DMC (m)	FOR	SOB	Veq (m ³)	ALT (m)	DAP (m)	DMC (m)	FOR	SOB	Veq (m ³)
$\hat{\sigma}_a^2$	-	-	-	-	-	-	1,77	0,00	0,36	0,03	0,14	0,00
$\hat{\sigma}_p^2$	1,78	0,00	0,40	0,03	0,14	0,00	-	-	-	-	-	-
$\hat{\sigma}_e^2$	1,34	0,00	0,52	0,72	0,00	0,00	1,34	0,00	0,52	0,72	0,00	0,00
$\hat{\sigma}_f^2$	3,12	0,00	0,93	0,75	0,14	0,00	3,12	0,00	0,88	0,75	0,14	0,00
\hat{h}_a^2	0,57 ±	0,38 ±	0,43 ±	0,04 ±	0,98 ±	0,32 ±	0,57 ±	0,04 ±	0,41 ±	0,04 ±	0,99 ±	0,32 ±
	0,19	0,16	0,17	0,52	0,23	0,14	0,19	0,05	0,16	0,05	0,23	0,14
\hat{h}_m^2	0,79	0,71	0,74	0,20	0,88	0,66	0,79	0,17	0,73	0,18	0,88	0,66
$r_{\hat{a}a}$	0,8905	0,8398	0,8583	0,4424	0,9388	0,8146	0,8900	0,4160	0,8518	0,4248	0,9405	0,8152
\hat{h}_{ad}^2	0,50	0,31	0,37	0,03	0,97	0,26	0,50	0,27	0,34	0,03	1,00	0,26
$CV_{gi}\%$	16,6	19,3	14,6	5,6	45,0	43,5	16,5	5,0	13,9	5,4	45,3	43,7
$CV_{gp}\%$	8,3	9,6	7,3	2,8	22,5	21,8	8,2	2,5	6,9	2,7	22,7	21,8
$CV_e\%$	20,3	29,8	20,9	27,4	39,6	74,4	20,3	26,0	20,5	27,4	39,3	74,4
PEV	-	-	-	-	-	-	0,09	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00
SEP	-	-	-	-	-	-	0,30	0,00	0,16	0,08	0,06	0,00
CV_r	0,41	0,32	0,35	0,10	0,57	0,29	-	-	-	-	-	-
\hat{m}	8,07	0,10	4,35	3,15	0,82	0,04	8,07	0,11	4,35	3,15	0,82	0,04
B	-	-	-	-	-	-	-0,06	0,00	0,15	-0,02	-0,03	0,00
\hat{m}_{cov}	-	-	-	-	-	-	1,59	1,58	1,59	1,59	1,69	1,59
LRT	33,69*	17,87*	19,81*	0,35	119,59*	14,21*	23,14*	4,79**	0	0	214,76*	10,15*

**significativo a 5%, *significativo a 1%.

Tabela 3 - Estimativas de componentes de variâncias e parâmetros genéticos para os caracteres silviculturais de *Astronium urundeuva* no ensaio PF (30 progênies, procedentes de Paulo de Faria/SP).

	Modelo sem covariável (93)						Modelo com covariável (131)					
	ALT (m)	DAP (m)	DMC (m)	FOR	SOB	Veq (m ³)	ALT (m)	DAP (m)	DMC (m)	FOR	SOB	Veq (m ³)
$\hat{\sigma}_a^2$	2,53	0,00	0,47	0,15	0,00	0,00	2,54	0,00	0,61	0,15	0,00	0,00
$\hat{\sigma}_c^2$	1,25	0,00	0,15	0,17	0,02	0,00	1,25	0,00	0,10	0,17	0,01	0,00
$\hat{\sigma}_e^2$	1,39	0,00	0,62	0,55	0,10	0,00	1,38	0,00	0,51	0,55	0,10	0,00
$\hat{\sigma}_f^2$	5,17	0,00	1,24	0,88	0,12	0,00	5,17	0,00	1,22	0,87	0,11	0,00
\hat{h}_a^2	0,49 ± 0,18	0,63 ± 0,21	0,38 ± 0,16	0,17 ± 0,11	0,01 ± 0,02	0,44 ± 0,18	0,49 ± 0,19	0,71 ± 0,22	0,50 ± 0,19	0,17 ± 0,11	0,01 ± 0,02	0,50 ± 0,19
\hat{h}_{aj}^2	0,64	0,71	0,43	0,22	0,01	0,53	0,65	0,78	0,54	0,21	0,01	0,59
c_p^2	0,2414	0,1049	0,1243	0,1958	0,1805	0,1730	0,2415	0,0854	0,0799	0,1943	0,1010	0,1465
\hat{h}_m^2	0,51	0,68	0,53	0,29	0,02	0,53	0,52	0,72	0,64	0,28	0,03	0,58
r_{aa}	0,7167	0,8224	0,7265	0,5369	0,1359	0,7271	0,7178	0,8479	0,7990	0,5335	0,1621	0,7643
\hat{h}_{ad}^2	0,58	0,65	0,36	0,17	0,01	0,46	0,58	0,72	0,47	0,17	0,01	0,52
$CV_{gi}\%$	14,9	25,0	13,0	10,5	3,6	45,0	14,9	26,4	14,9	10,3	3,7	47,8
$CV_{gp}\%$	7,4	12,5	6,5	5,2	1,8	22,5	7,5	13,2	7,4	5,2	1,9	23,9
$CV_e\%$	12,5	15,0	10,7	14,3	23,0	36,8	12,6	14,3	9,7	14,2	19,8	34,9
PEV	-	-	-	-	-	-	0,31	0,00	0,05	0,03	0,00	0,00
SEP	-	-	-	-	-	-	0,56	0,01	0,23	0,16	0,02	0,01
CV_r	0,59	0,83	0,61	0,37	0,08	0,61	-	-	-	-	-	-
\hat{m}	10,68	0,13	5,26	3,73	0,86	0,08	10,68	0,13	5,25	3,73	0,86	0,08
β	-	-	-	-	-	-	0,04	0,01	0,20	-0,06	-0,08	0,01
\hat{m}_{cov}	-	-	-	-	-	-	0,64	0,65	0,65	0,64	0,75	0,64
LRT	4,26**	11,22*	4,8**	0,79	0,01	5,14**	0	0	0	0,31	0,11	0

**significativo a 5%, *significativo a 1%.

Tabela 4 - Estimativas de componentes de variâncias e parâmetros genéticos para os caracteres silviculturais de *Astronium urundeuva* no ensaio GO (30 progênes, procedentes de Itarumã/GO).

	Modelo sem covariável (93)						Modelo com covariável (131)					
	ALT (m)	DAP (m)	DMC (m)	FOR	SOB	Ve _q (m ³)	ALT (m)	DAP (m)	DMC (m)	FOR	SOB	Ve _q (m ³)
$\hat{\sigma}_a^2$	2,91	0,00	0,47	0,06	0,01	0,00	2,98	0,00	0,48	0,06	0,01	0,00
$\hat{\sigma}_c^2$	0,73	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,75	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
$\hat{\sigma}_e^2$	2,43	0,00	1,22	0,64	0,10	0,00	2,33	0,00	1,16	0,64	0,10	0,00
$\hat{\sigma}_f^2$	6,06	0,00	1,71	0,71	0,11	0,00	6,06	0,00	1,66	0,70	0,11	0,00
\hat{h}_a^2	0,48 ±	0,41 ±	0,27 ±	0,08 ±	0,09 ±	0,42 ±	0,49 ±	0,43 ±	0,29 ±	0,08 ±	0,07 ±	0,44 ±
\hat{h}_{aj}^2	0,13	0,12	0,10	0,05	0,05	0,12	0,13	0,12	0,10	0,05	0,04	0,12
\hat{h}_{aj}^2	0,54	0,41	0,28	0,09	0,09	0,43	0,56	0,43	0,29	0,08	0,07	0,45
c_p^2	0,1200	0,0070	0,0128	0,0118	0,0332	0,0276	0,1232	0,0070	0,0088	0,0110	0,0077	0,0267
\hat{h}_m^2	0,79	0,80	0,72	0,43	0,42	0,80	0,80	0,81	0,73	0,42	0,38	0,81
r_{aa}	0,8910	0,8957	0,8486	0,6568	0,6506	0,8945	0,8932	0,9001	0,8573	0,6499	0,6144	0,8989
\hat{h}_{ad}^2	0,47	0,35	0,22	0,07	0,07	0,37	0,49	0,36	0,24	0,06	0,05	0,38
$CV_{gi}\%$	16,9	22,1	13,5	7,6	11,3	53,6	17,1	22,6	13,7	7,4	10,0	54,8
$CV_{gp}\%$	8,4	11,1	6,7	3,8	5,6	26,8	8,5	11,3	6,9	3,7	5,0	27,4
$CV_e\%$	14,9	19,0	14,5	15,1	22,8	46,4	14,9	18,9	14,3	15,1	22,18	46,2
CV_r	0,57	0,58	0,46	0,25	0,25	0,58	-	-	-	-	-	-
PEV	-	-	-	-	-	-	0,15	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00
SEP	-	-	-	-	-	-	0,39	0,01	0,18	0,09	0,03	0,01
\hat{m}	10,11	0,12	5,08	3,21	0,87	0,07	10,10	0,12	5,08	3,21	0,87	0,07
β	-	-	-	-	-	-	0,28	0,01	0,39	-0,11	-0,04	0,01
\hat{m}_{cov}	-	-	-	-	-	-	0,66	0,66	0,66	0,66	0,69	0,66
LRT	43,21*	49*	25,72*	4,61**	4,83**	43,73*	0	0	0	0	0	24,95*

**significativo a 5%, *significativo a 1%.

Tabela 5 – Estimativas de componentes de variâncias e parâmetros genéticos para os caracteres silviculturais de *Astronium urundeuva* no ensaio CUIA, com padronização por Z (29 progênies, procedentes de Cuiabá/MT).

	Modelo sem covariável (95)						Modelo com covariável (135)					
	ALT (m)	DAP (m)	DMC (m)	FOR	SOB	Veq (m ³)	ALT (m)	DAP (m)	DMC (m)	FOR	SOB	Veq (m ³)
$\hat{\sigma}_a^2$	-	-	-	-	-	-	1,00	0,93	0,99	0,56	0,87	0,64
$\hat{\sigma}_p^2$	0,98	0,93	0,98	0,55	0,86	0,64	-	-	-	-	-	-
$\hat{\sigma}_e^2$	-0,01	0,05	-0,02	0,42	0,02	0,43	-0,02	0,04	-0,02	0,41	0,00	0,43
$\hat{\sigma}_f^2$	0,98	0,98	0,97	0,97	0,88	1,08	0,98	0,97	0,97	0,96	0,87	1,08
\hat{h}_a^2	1,01 ±	0,95 ±	1,02 ±	0,57 ±	0,98 ±	0,60 ±	1,02 ±	0,96 ±	1,02 ±	0,58 ±	1,00 ±	0,60 ±
	0,23	0,22	0,23	0,17	0,23	0,18	0,23	0,22	0,23	0,17	0,23	0,18
\hat{h}_m^2	0,89	0,88	0,89	0,79	0,88	0,80	0,89	0,88	0,89	0,80	0,88	0,80
r_{aa}	0,9409	0,9370	0,9417	0,8899	0,9388	0,8954	0,9421	0,9375	0,9419	0,8918	0,9405	0,8955
\hat{h}_{ad}^2	1,01	0,94	1,02	0,50	0,97	0,53	1,03	0,95	1,03	0,51	1,00	0,53
$CV_{gi}\%$	38,68	36,75	38,84	28,93	30,79	29,97	39,10	39,84	38,89	29,03	31,00	29,96
$CV_{gp}\%$	19,34	18,38	19,42	14,46	15,39	14,99	19,55	19,92	19,45	14,51	15,50	14,98
$CV_e\%$	33,38	32,86	33,26	35,55	27,08	35,73	33,39	35,47	33,25	35,31	26,86	35,70
PEV	-	-	-	-	-	-	0,028	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
SEP	-	-	-	-	-	-	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,18
CV_r	0,58	0,56	0,58	0,41	0,57	0,42	-	-	-	-	-	-
\hat{m}	2,56	2,63	2,55	2,57	3,00	2,68	2,56	2,43	2,55	2,57	3,01	2,68
β	-	-	-	-	-	-	-0,09	-0,04	-0,01	-0,08	-0,07	-0,03
\hat{m}_{cov}	-	-	-	-	-	-	1,69	1,69	1,69	1,69	1,69	1,69
LRT	124,6*	112,34*	127,54*	53,34*	119,59*	55,04*	224,23*	164,80*	183,36*	103,06*	259,31*	68,14*

**significativo a 5%, *significativo a 1%.

Tabela 6 - Estimativas de componentes de variâncias e parâmetros genéticos para os caracteres silviculturais de *Astronium urundeuva* no ensaio PF, com padronização por Z (30 progênies, procedentes de Paulo de Faria/SP).

	Modelo sem covariável (93)						Modelo com covariável (131)					
	ALT (m)	DAP (m)	DMC (m)	FOR	SOB	Ve _q (m ³)	ALT (m)	DAP (m)	DMC (m)	FOR	SOB	Ve _q (m ³)
$\hat{\sigma}_a^2$	0,12	0,27	0,12	0,01	0,01	0,26	0,13	0,27	0,12	0,01	0,01	0,26
$\hat{\sigma}_c^2$	0,18	0,09	0,10	0,24	0,18	0,08	0,13	0,07	0,07	0,18	0,09	0,09
$\hat{\sigma}_e^2$	0,71	0,65	0,77	0,76	0,81	0,66	0,71	0,66	0,78	0,77	0,83	0,66
$\hat{\sigma}_f^2$	1,00	1,00	0,99	1,01	1,00	1,01	0,97	1,00	0,97	0,96	0,94	1,01
\hat{h}_a^2	0,12 ±	0,27 ±	0,12 ±	0,01 ±	0,01 ±	0,26 ±	0,13 ±	0,27 ±	0,12 ±	0,01 ±	0,01 ±	0,26 ±
\hat{h}_{aj}^2	0,08	0,13	0,09	0,02	0,02	0,12	0,09	0,13	0,08	0,03	0,02	0,12
c_p^2	0,1753	0,0874	0,1003	0,2354	0,1804	0,0840	0,1375	0,0750	0,0713	0,1877	0,1010	0,0900
\hat{h}_m^2	0,22	0,47	0,28	0,02	0,02	0,46	0,26	0,48	0,29	0,03	0,03	0,46
r_{aa}	0,4739	0,6842	0,5257	0,1334	0,1359	0,6788	0,5107	0,6923	0,5399	0,1771	0,1621	0,6758
\hat{h}_{ad}^2	0,11	0,24	0,11	0,01	0,01	0,23	0,12	0,23	0,10	0,01	0,01	0,23
CV _{gi} %	13,09	19,31	13,49	3,56	2,99	18,09	13,45	19,21	13,14	4,37	3,07	18,15
CV _{gp} %	6,55	9,66	6,74	1,78	1,49	9,05	6,72	9,61	6,57	2,19	1,54	9,08
CV _e %	21,06	17,83	18,90	22,89	18,85	16,95	19,61	17,34	17,75	21,04	16,19	17,15
CV _r	0,31	0,54	0,36	0,08	0,08	0,53	-	-	-	-	-	-
PEV	-	-	-	-	-	-	0,02	0,03	0,02	0,00	0,00	0,04
SEP	-	-	-	-	-	-	0,15	0,19	0,14	0,06	0,05	0,19
\hat{m}	2,63	2,69	2,61	2,64	2,99	2,81	2,63	2,69	2,61	2,64	2,99	2,81
β	-	-	-	-	-	-	-0,14	-0,06	-0,12	-0,18	-0,22	0,05
\hat{m}_{cov}	-	-	-	-	-	-	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
LRT	0,65	4,09**	1,05	0	0,01	3,91**	3,93**	11,82*	2,1	0,47	0,14	7,27*

**significativo a 5%, *significativo a 1%.

Tabela 7 - Estimativas de componentes de variâncias e parâmetros genéticos para os caracteres silviculturais de *Astronium urundeuva* no ensaio GO, com padronização por Z (30 progênies, procedentes de Itarumã/GO).

	Modelo sem covariável (93)						Modelo com covariável (131)					
	ALT (m)	DAP (m)	DMC (m)	FOR	SOB	Ve _q (m ³)	ALT (m)	DAP (m)	DMC (m)	FOR	SOB	Ve _q (m ³)
$\hat{\sigma}_a^2$	0,31	0,36	0,26	0,11	0,08	0,46	0,31	0,37	0,27	0,09	0,06	0,47
$\hat{\sigma}_c^2$	0,02	0,00	0,00	0,03	0,03	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
$\hat{\sigma}_e^2$	0,59	0,56	0,71	0,80	0,86	0,58	0,59	0,56	0,70	0,83	0,89	0,56
$\hat{\sigma}_f^2$	0,92	0,93	0,97	0,94	0,97	1,04	0,91	0,93	0,97	0,93	0,96	1,04
\hat{h}_a^2	0,34 ±	0,39 ±	0,26 ±	0,12 ±	0,09 ±	0,44 ±	0,34 ±	0,40 ±	0,27 ±	0,10 ±	0,07 ±	0,45 ±
\hat{h}_{aj}^2	0,10	0,11	0,09	0,06	0,05	0,11	0,10	0,11	0,09	0,05	0,04	0,12
\hat{h}_m^2	0,35	0,39	0,27	0,12	0,09	0,44	0,34	0,40	0,28	0,10	0,07	0,46
c_p^2	0,0216	0,0049	0,0046	0,0302	0,0332	0,0059	0,0152	0,0052	0,0053	0,0070	0,0077	0,0072
\hat{h}_{aa}^2	0,76	0,79	0,72	0,51	0,42	0,81	0,76	0,80	0,72	0,48	0,38	0,82
r_{aa}	0,8722	0,8911	0,8464	0,7156	0,6506	0,9024	0,8726	0,8922	0,8507	0,6902	0,6144	0,9050
\hat{h}_{ad}^2	0,28	0,33	0,21	0,10	0,07	0,37	0,28	0,33	0,22	0,07	0,05	0,39
CV _{gi} %	20,74	21,49	18,99	12,48	9,62	23,32	20,57	21,62	19,34	11,32	8,51	23,68
CV _{gp} %	10,37	10,74	9,49	6,24	4,81	11,66	10,28	10,81	9,67	5,66	4,25	11,84
CV _e %	20,15	18,95	20,69	21,11	19,44	19,28	19,94	18,95	20,69	20,56	18,92	19,28
CV _r	0,51	0,57	0,46	0,30	0,25	0,61	-	-	-	-	-	-
PEV	-	-	-	-	-	-	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
SEP	-	-	-	-	-	-	0,14	0,14	0,14	0,11	0,10	0,15
\hat{m}	2,69	2,80	2,67	2,69	2,99	2,91	2,69	2,80	2,67	2,69	2,99	2,91
β	-	-	-	-	-	-	-0,03	0,02	0,06	-0,14	-0,12	0,09
\hat{m}_{cov}	-	-	-	-	-	--	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
LRT	41,22*	59,33*	34,60*	8,61*	4,82**	66,67*	138,95*	9,78*	0	0	0	57,13*

**significativo a 5%, *significativo a 1%.

Tabela 8 – Superioridade das matrizes de *Astronium urundeuva* em CUIA, sem padronização dos dados. Valores em negrito identificam valores superiores.

PROG	N	ALT	ALT%	DAP	DAP%	DMC	DMC%	FOR	FOR%	VEQ	VEQ%	SOB	SOB%
1	24	1	4,17%	2	8,33%	2	8,33%	2	8,33%	2	8,33%	24	100,00%
2	24	10	41,67%	10	41,67%	11	45,83%	6	25,00%	11	45,83%	12	50,00%
3	24	3	12,50%	4	16,67%	4	16,67%	0	0,00%	4	16,67%	20	83,33%
4	14	8	57,14%	7	50,00%	5	35,71%	8	57,14%	9	64,29%	11	78,57%
5	13	5	38,46%	6	46,15%	7	53,85%	3	23,08%	3	23,08%	1	7,69%
6	7	5	71,43%	3	42,86%	1	14,29%	3	42,86%	4	57,14%	1	14,29%
7	26	11	42,31%	10	38,46%	6	23,08%	15	57,69%	6	23,08%	16	61,54%
8	24	12	50,00%	6	25,00%	15	62,50%	0	0,00%	7	29,17%	6	25,00%
9	24	9	37,50%	15	62,50%	11	45,83%	7	29,17%	9	37,50%	18	75,00%
10	24	9	37,50%	12	50,00%	10	41,67%	8	33,33%	12	50,00%	0	0,00%
11	24	4	16,67%	5	20,83%	2	8,33%	3	12,50%	3	12,50%	0	0,00%
12	24	14	58,33%	15	62,50%	11	45,83%	17	70,83%	16	66,67%	18	75,00%
13	24	15	62,50%	15	62,50%	15	62,50%	10	41,67%	20	83,33%	16	66,67%
14	18	7	38,89%	7	38,89%	8	44,44%	8	44,44%	8	44,44%	14	77,78%
15	4	2	50,00%	1	25,00%	1	25,00%	1	25,00%	2	50,00%	3	75,00%
16	24	5	20,83%	3	12,50%	2	8,33%	6	25,00%	2	8,33%	14	58,33%
17	20	10	50,00%	6	30,00%	5	25,00%	17	85,00%	8	40,00%	6	30,00%
18	24	11	45,83%	15	62,50%	10	41,67%	20	83,33%	11	45,83%	17	70,83%
19	24	9	37,50%	14	58,33%	16	66,67%	3	12,50%	14	58,33%	17	70,83%
21	23	10	43,48%	14	60,87%	9	39,13%	18	78,26%	16	69,57%	0	0,00%
22	10	2	20,00%	6	60,00%	4	40,00%	4	40,00%	7	70,00%	8	80,00%
23	24	7	29,17%	3	12,50%	5	20,83%	2	8,33%	4	16,67%	20	83,33%
24	24	7	29,17%	6	25,00%	5	20,83%	11	45,83%	6	25,00%	16	66,67%
25	24	12	50,00%	14	58,33%	14	58,33%	11	45,83%	11	45,83%	13	54,17%
26	24	16	66,67%	16	66,67%	12	50,00%	10	41,67%	18	75,00%	19	79,17%
27	24	3	12,50%	2	8,33%	3	12,50%	14	58,33%	3	12,50%	2	8,33%
28	24	7	29,17%	5	20,83%	4	16,67%	19	79,17%	5	20,83%	16	66,67%
29	24	11	45,83%	2	8,33%	4	16,67%	22	91,67%	2	8,33%	4	16,67%
30	24	18	75,00%	18	75,00%	19	79,17%	9	37,50%	23	95,83%	4	16,67%

Tabela 9 – Superioridade das matrizes de *Astronium urundeuva* em PF, sem padronização dos dados. Valores em negrito identificam valores superiores.

PROG	N	ALT	ALT%	DAP	DAP%	DMC	DMC%	FOR	FOR%	VEQ	VEQ%	SOB	SOB%
1	18	10	55,56%	9	50,00%	6	33,33%	0	0,00%	12	66,67%	0	0,00%
2	18	7	38,89%	7	38,89%	14	77,78%	16	88,89%	9	50,00%	0	0,00%
3	18	8	44,44%	7	38,89%	9	50,00%	10	55,56%	5	27,78%	4	22,22%
4	18	8	44,44%	11	61,11%	7	38,89%	8	44,44%	8	44,44%	11	61,11%
5	18	10	55,56%	12	66,67%	7	38,89%	8	44,44%	13	72,22%	4	22,22%
6	18	5	27,78%	6	33,33%	3	16,67%	2	11,11%	5	27,78%	13	72,22%
7	18	4	22,22%	5	27,78%	4	22,22%	1	5,56%	4	22,22%	13	72,22%
8	18	8	44,44%	5	27,78%	5	27,78%	10	55,56%	6	33,33%	15	83,33%
9	18	9	50,00%	8	44,44%	9	50,00%	12	66,67%	7	38,89%	10	55,56%
10	18	5	27,78%	4	22,22%	7	38,89%	0	0,00%	5	27,78%	13	72,22%
11	18	9	50,00%	10	55,56%	10	55,56%	11	61,11%	8	44,44%	13	72,22%
12	18	4	22,22%	7	38,89%	7	38,89%	6	33,33%	6	33,33%	15	83,33%
13	18	8	44,44%	11	61,11%	12	66,67%	8	44,44%	12	66,67%	0	0,00%
14	18	8	44,44%	9	50,00%	7	38,89%	7	38,89%	8	44,44%	18	100,00%
15	18	8	44,44%	6	33,33%	9	50,00%	9	50,00%	4	22,22%	4	22,22%
16	18	9	50,00%	9	50,00%	14	77,78%	10	55,56%	10	55,56%	15	83,33%
17	18	6	33,33%	4	22,22%	5	27,78%	10	55,56%	4	22,22%	14	77,78%
18	18	11	61,11%	9	50,00%	8	44,44%	8	44,44%	9	50,00%	13	72,22%
19	18	4	22,22%	3	16,67%	2	11,11%	5	27,78%	3	16,67%	15	83,33%
20	18	5	27,78%	6	33,33%	2	11,11%	8	44,44%	5	27,78%	4	22,22%
21	18	4	22,22%	4	22,22%	3	16,67%	9	50,00%	3	16,67%	0	0,00%
22	18	14	77,78%	15	83,33%	16	88,89%	9	50,00%	16	88,89%	0	0,00%
23	18	5	27,78%	6	33,33%	6	33,33%	8	44,44%	5	27,78%	4	22,22%
24	18	9	50,00%	6	33,33%	7	38,89%	9	50,00%	4	22,22%	0	0,00%
25	18	11	61,11%	10	55,56%	6	33,33%	10	55,56%	12	66,67%	0	0,00%
26	18	11	61,11%	9	50,00%	9	50,00%	7	38,89%	7	38,89%	15	83,33%
27	18	5	27,78%	7	38,89%	4	22,22%	7	38,89%	5	27,78%	15	83,33%
28	18	8	44,44%	10	55,56%	14	77,78%	12	66,67%	11	61,11%	0	0,00%
29	18	6	33,33%	9	50,00%	8	44,44%	7	38,89%	7	38,89%	10	55,56%
30	18	11	61,11%	6	33,33%	8	44,44%	14	77,78%	5	27,78%	0	0,00%

Tabela 10 – Superioridade das matrizes de *Astronium urundeuva* em GO, sem padronização dos dados. Valores em negrito identificam valores superiores.

PROG	N	ALT	ALT%	DAP	DAP%	DMC	DMC%	FOR	FOR%	VEQ	VEQ%	SOB	SOB%
1	36	17	47,22%	14	38,89%	6	16,67%	32	88,89%	11	30,56%	0	0,00%
2	36	16	44,44%	13	36,11%	6	16,67%	3	8,33%	11	30,56%	0	0,00%
3	36	18	50,00%	15	41,67%	24	66,67%	8	22,22%	20	55,56%	0	0,00%
4	36	3	8,33%	8	22,22%	8	22,22%	2	5,56%	8	22,22%	0	0,00%
5	36	9	25,00%	9	25,00%	9	25,00%	2	5,56%	5	13,89%	36	100,00%
6	36	8	22,22%	22	61,11%	28	77,78%	19	52,78%	22	61,11%	0	0,00%
7	36	25	69,44%	26	72,22%	17	47,22%	0	0,00%	28	77,78%	0	0,00%
8	36	24	66,67%	27	75,00%	22	61,11%	17	47,22%	28	77,78%	30	83,33%
9	39	26	66,67%	27	69,23%	29	74,36%	22	56,41%	29	74,36%	5	12,82%
10	36	23	63,89%	25	69,44%	23	63,89%	13	36,11%	25	69,44%	31	86,11%
11	36	21	58,33%	18	50,00%	14	38,89%	12	33,33%	21	58,33%	29	80,56%
12	36	19	52,78%	22	61,11%	21	58,33%	7	19,44%	19	52,78%	9	25,00%
13	36	13	36,11%	18	50,00%	22	61,11%	12	33,33%	11	30,56%	36	100,00%
14	36	25	69,44%	14	38,89%	24	66,67%	25	69,44%	21	58,33%	31	86,11%
15	36	19	52,78%	23	63,89%	18	50,00%	14	38,89%	26	72,22%	28	77,78%
16	36	26	72,22%	27	75,00%	28	77,78%	27	75,00%	28	77,78%	29	80,56%
17	36	12	33,33%	13	36,11%	14	38,89%	12	33,33%	13	36,11%	31	86,11%
18	36	9	25,00%	8	22,22%	4	11,11%	28	77,78%	7	19,44%	0	0,00%
19	33	10	30,30%	3	9,09%	2	6,06%	30	90,91%	6	18,18%	0	0,00%
20	36	22	61,11%	14	38,89%	5	13,89%	27	75,00%	13	36,11%	31	86,11%
21	36	16	44,44%	23	63,89%	25	69,44%	28	77,78%	26	72,22%	31	86,11%
22	36	3	8,33%	4	11,11%	2	5,56%	30	83,33%	3	8,33%	0	0,00%
23	36	10	27,78%	13	36,11%	11	30,56%	31	86,11%	10	27,78%	0	0,00%
24	36	22	61,11%	24	66,67%	24	66,67%	29	80,56%	26	72,22%	0	0,00%
25	36	9	25,00%	10	27,78%	15	41,67%	15	41,67%	8	22,22%	31	86,11%
26	36	17	47,22%	9	25,00%	12	33,33%	1	2,78%	8	22,22%	0	0,00%
27	36	1	2,78%	2	5,56%	5	13,89%	5	13,89%	4	11,11%	31	86,11%
28	36	18	50,00%	22	61,11%	22	61,11%	15	41,67%	23	63,89%	29	80,56%
29	36	11	30,56%	13	36,11%	18	50,00%	7	19,44%	14	38,89%	29	80,56%
30	36	8	22,22%	6	16,67%	29	80,56%	0	0,00%	6	16,67%	0	0,00%

Tabela 11 – Superioridade das matrizes de *Astronium urundeuva* em CUIA, com padronização dos dados em Z. Valores em negrito identificam valores superiores.

PROG	N	ALT	ALT%	DAP	DAP%	DMC	DMC%	FOR	FOR%	SOB	SOB%	VEQ	VEQ%
1	24	24	100,0%										
2	24	17	70,8%	22	91,7%	20	83,3%	23	95,8%	12	50,0%	24	100,0%
3	24	23	95,8%	24	100,0%	24	100,0%	23	95,8%	20	83,3%	24	100,0%
4	14	11	78,6%	11	45,8%	7	29,2%	9	37,5%	11	45,8%	11	45,8%
5	13	2	15,4%	4	16,7%	5	20,8%	2	8,3%	1	4,2%	3	12,5%
6	7	3	42,9%	3	12,5%	4	16,7%	3	12,5%	1	4,2%	3	12,5%
7	26	14	53,8%	11	45,8%	9	37,5%	11	45,8%	16	66,7%	6	25,0%
8	24	10	41,7%	7	29,2%	10	41,7%	2	8,3%	6	25,0%	6	25,0%
9	24	15	62,5%	15	62,5%	15	62,5%	16	66,7%	18	75,0%	13	54,2%
10	24	2	8,3%	7	29,2%	6	25,0%	3	12,5%	0	0,0%	8	33,3%
11	24	7	29,2%	7	29,2%	8	33,3%	5	20,8%	0	0,0%	6	25,0%
12	24	16	66,7%	15	62,5%	17	70,8%	11	45,8%	18	75,0%	17	70,8%
13	24	15	62,5%	14	58,3%	14	58,3%	9	37,5%	16	66,7%	16	66,7%
14	24	13	54,2%	11	45,8%	12	50,0%	12	50,0%	14	58,3%	9	37,5%
15	18	2	11,1%	3	12,5%	3	12,5%	3	12,5%	3	12,5%	2	8,3%
16	4	15	375,0%	12	50,0%	18	75,0%	15	62,5%	15	62,5%	6	25,0%
17	24	10	41,7%	6	25,0%	6	25,0%	10	41,7%	6	25,0%	7	29,2%
18	20	13	65,0%	12	50,0%	10	41,7%	11	45,8%	17	70,8%	9	37,5%
19	24	13	54,2%	14	58,3%	17	70,8%	10	41,7%	17	70,8%	12	50,0%
21	24	5	20,8%	10	41,7%	4	16,7%	9	37,5%	0	0,0%	10	41,7%
22	24	8	33,3%	8	33,3%	8	33,3%	8	33,3%	8	33,3%	7	29,2%
23	24	14	58,3%	13	54,2%	14	58,3%	13	54,2%	20	83,3%	5	20,8%
24	24	13	54,2%	11	45,8%	11	45,8%	11	45,8%	16	66,7%	7	29,2%
25	24	15	62,5%	14	58,3%	14	58,3%	13	54,2%	13	54,2%	14	58,3%
26	24	18	75,0%	17	70,8%	16	66,7%	16	66,7%	19	79,2%	19	79,2%
27	24	4	16,7%	4	16,7%	4	16,7%	6	25,0%	4	16,7%	3	12,5%
28	24	15	62,5%	11	45,8%	10	41,7%	17	70,8%	16	66,7%	6	25,0%
29	24	6	25,0%	5	20,8%	4	16,7%	9	37,5%	4	16,7%	4	16,7%
30	24	13	54,2%	10	41,7%	9	37,5%	5	20,8%	4	16,7%	15	62,5%

Tabela 11 – Superioridade das matrizes de *Astronium urundeuva* em PF, com padronização dos dados em Z. Valores em negrito identificam valores superiores.

PROG	N	ALT	ALT%	DAP	DAP%	DMC	DMC%	FOR	FOR%	SOB	SOB%	VEQ	VEQ%
1	18	5	27,8%	9	50,0%	1	5,6%	0	0,0%	0	0,0%	11	61,1%
2	18	0	0,0%	1	5,6%	1	5,6%	8	44,4%	0	0,0%	6	33,3%
3	18	7	38,9%	6	33,3%	13	72,2%	13	72,2%	4	22,2%	5	27,8%
4	18	15	83,3%	12	66,7%	13	72,2%	13	72,2%	8	44,4%	11	61,1%
5	18	13	72,2%	9	50,0%	5	27,8%	10	55,6%	4	22,2%	15	83,3%
6	18	13	72,2%	13	72,2%	13	72,2%	13	72,2%	13	72,2%	12	66,7%
7	18	11	61,1%	9	50,0%	12	66,7%	12	66,7%	13	72,2%	6	33,3%
8	18	13	72,2%	11	61,1%	8	44,4%	11	61,1%	15	83,3%	10	55,6%
9	18	11	61,1%	10	55,6%	9	50,0%	11	61,1%	10	55,6%	9	50,0%
10	18	13	72,2%	12	66,7%	13	72,2%	12	66,7%	13	72,2%	7	38,9%
11	18	12	66,7%	12	66,7%	13	72,2%	13	72,2%	13	72,2%	14	77,8%
12	18	13	72,2%	9	50,0%	10	55,6%	13	72,2%	15	83,3%	7	38,9%
13	18	12	66,7%	13	72,2%	12	66,7%	9	50,0%	0	0,0%	14	77,8%
14	17	18	100,0%										
15	18	8	44,4%	9	50,0%	10	55,6%	10	55,6%	4	22,2%	6	33,3%
16	18	13	72,2%	13	72,2%	15	83,3%	11	61,1%	15	83,3%	13	72,2%
17	18	14	77,8%	12	66,7%	14	77,8%	13	72,2%	14	77,8%	6	33,3%
18	18	12	66,7%	11	61,1%	12	66,7%	12	66,7%	13	72,2%	10	55,6%
19	18	7	38,9%	5	27,8%	3	16,7%	12	66,7%	15	83,3%	5	27,8%
20	18	3	16,7%	8	44,4%	1	5,6%	9	50,0%	4	22,2%	7	38,9%
21	18	0	0,0%	2	11,1%	1	5,6%	0	0,0%	1	5,6%	2	11,1%
22	18	11	61,1%	13	72,2%	13	72,2%	1	5,6%	0	0,0%	17	94,4%
23	18	6	33,3%	6	33,3%	3	16,7%	8	44,4%	4	22,2%	6	33,3%
24	18	0	0,0%	0	0,0%	2	11,1%	0	0,0%	0	0,0%	3	16,7%
25	18	5	27,8%	6	33,3%	0	0,0%	10	55,6%	0	0,0%	11	61,1%
26	18	14	77,8%	14	77,8%	14	77,8%	9	50,0%	15	83,3%	14	77,8%
27	18	8	44,4%	9	50,0%	11	61,1%	12	66,7%	15	83,3%	8	44,4%
28	18	9	50,0%	11	61,1%	10	55,6%	10	55,6%	0	0,0%	12	66,7%
29	18	6	33,3%	12	66,7%	13	72,2%	10	55,6%	10	55,6%	5	27,8%
30	18	11	61,1%	5	27,8%	6	33,3%	10	55,6%	0	0,0%	5	27,8%

Tabela 12 – Superioridade das matrizes de *Astronium urundeuva* em GO, com padronização dos dados em Z. Valores em negrito identificam valores superiores

PROG	N	ALT	ALT%	DAP	DAP%	DMC	DMC%	FOR	FOR%	SOB	SOB%	VEQ	VEQ%
1	36	9	25,0%	10	27,8%	1	2,8%	19	52,8%	0	0,0%	10	27,8%
2	36	1	2,%	9	25,0%	2	5,6%	0	0,0%	0	0,0%	11	30,6%
3	36	7	19,4%	10	27,8%	15	41,7%	0	0,0%	0	0,0%	14	38,9%
4	36	0	0,0%	6	16,7%	4	11,1%	0	0,0%	0	0,0%	8	22,2%
5	36	25	69,4%	23	63,9%	26	72,2%	26	72,2%	36	100,0%	13	36,1%
6	36	0	0,0%	15	41,7%	15	41,7%	1	2,8%	0	0,0%	18	50,0%
7	36	25	69,4%	25	69,4%	17	47,2%	0	0,0%	0	0,0%	27	75,0%
8	36	29	80,6%	30	83,3%	27	75,0%	27	75,0%	30	83,3%	33	91,7%
9	39	30	83,3%	27	75,0%	30	83,3%	29	80,6%	5	13,9%	33	91,7%
10	36	33	91,7%	33	91,7%	31	86,1%	27	75,0%	31	86,1%	31	86,1%
11	36	27	75,0%	27	75,0%	27	75,0%	27	75,0%	29	80,6%	23	63,9%
12	36	23	63,9%	23	63,9%	24	66,7%	8	22,2%	9	25,0%	23	63,9%
13	36	26	72,2%	26	72,2%	29	80,6%	30	83,3%	36	100,0%	26	72,2%
14	36	31	86,1%	27	75,0%	28	77,8%	31	86,1%	31	86,1%	34	94,4%
15	36	28	77,8%	28	77,8%	28	77,8%	29	80,6%	28	77,8%	33	91,7%
16	36	33	91,7%	33	91,7%	31	86,1%	34	94,4%	29	80,6%	36	100,0%
17	36	23	63,9%	19	52,8%	22	61,1%	17	47,2%	31	86,1%	15	41,7%
18	36	7	19,4%	8	22,2%	3	8,3%	18	50,0%	0	0,0%	8	22,2%
19	33	4	11,1%	3	8,3%	0	0,0%	21	58,3%	0	0,0%	6	16,7%
20	36	24	66,7%	16	44,4%	10	27,8%	27	75,0%	31	86,1%	14	38,9%
21	36	30	83,3%	27	75,0%	29	80,6%	33	91,7%	31	86,1%	30	83,3%
22	36	1	2,8%	3	8,3%	0	0,0%	22	61,1%	0	0,0%	4	11,1%
23	36	0	0,0%	6	16,7%	1	2,8%	6	16,7%	0	0,0%	9	25,0%
24	36	18	50,0%	24	6,7%	18	50,0%	17	47,2%	0	0,0%	25	69,4%
25	36	19	52,8%	15	41,7%	21	58,3%	21	58,3%	31	86,1%	11	30,6%
26	36	6	16,7%	6	16,7%	2	5,6%	0	0,0%	0	0,0%	7	19,4%
27	36	7	19,4%	12	33,3%	9	25,0%	12	33,3%	31	86,1%	8	22,2%
28	36	28	77,8%	26	72,2%	28	77,8%	29	80,6%	29	80,6%	28	77,8%
29	36	26	72,2%	24	66,7%	27	75,0%	28	77,8%	29	80,6%	18	50,0%
30	36	1	2,8%	2	5,6%	12	33,3%	0	0,0%	0	0,0%	4	11,1%

8.2. Croquis de campo

8.2.1. CUIA

Posição	B	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	B	B
1	8	18	12	30	10	3	4	28	1	9	19	25	13	2	26	17	23	19	16	12	8	23	11	23	7	7
2	8	7	21	15	12	21	10	24	17	24	13	14	9	14	10	3	17	25	18	28	3	12	19	29	7	7
3	8	12	23	13	27	8	16	13	7	12	2	29	7	16	30	11	9	1	25	30	25	27	9	12	7	7
4	8	13	2	27	7	1	29	23	19	9	7	12	10	1	8	21	8	12	29	8	16	26	3	26	7	7
5	8	17	8	10	14	16	27	21	2	23	1	27	19	23	13	27	30	11	1	9	9	9	10	28	7	7
6	8	15	24	26	1	24	12	14	27	24	16	9	26	24	24	1	7	2	9	24	18	18	25	27	7	7
7	8	28	7	19	11	30	8	19	13	30	5	18	17	12	28	19	18	29	8	19	19	11	16	18	7	7
8	8	2	17	4	30	9	5	2	26	19	29	21	1	18	18	29	17	16	13	23	10	8	8	2	7	7
9	8	23	1	18	19	5	11	17	21	5	11	17	18	27	26	14	3	21	2	25	13	19	21	24	7	7
10	8	14	6	22	13	19	9	3	18	29	27	3	19	29	30	25	13	26	23	10	30	30	7	13	7	7
11	8	24	14	9	5	17	30	7	23	1	24	5	27	11	14	7	12	3	26	29	21	16	12	30	7	7
12	8	9	3	5	24	29	18	22	22	8	10	8	2	25	17	2	28	24	24	2	2	21	25	1	7	7
13	8	19	29	9	9	26	26	26	10	7	17	30	17	3	8	9	27	13	21	1	24	2	10	7	7	7
14	8	8	25	14	3	23	1	27	28	28	18	16	12	21	13	23	19	28	30	26	7	24	28	7	7	
15	8	6	28	18	2	25	25	12	16	21	4	26	13	30	19	12	11	27	3	11	1	29	23	7		
16	8	29	16	1	4	4	26	7	25	10	8	24	21	8	12	16	21	18	17	27	29	13	3			
17	8	27	11	11	18	13	23	22	29	16	30	10	25	28	18	8	2	10	10	3	28	1	27			
18	8	25	7	26	10	22	21	28	11	4	9	28	3	11	23	24	7	16	11	13	11	26				
19	8	22	5	17	27	11	2	24	5	26	21	1	16	10	1	16	9	19	12	18	7					
20	8	21	18	4	6	14	27	3	8	25	25	11	8	21	3	14	25	27	28							
21	7	1	6	8	28	7	11	2	30	2	3	23	28	25	16	10	23	7								
22	7	4	21	27	25	2	22	11	14	12	28	4	10	27	7	29	1									
23	7	5	17	19	26	28	13	16	3	3	2	29	30	9	24	30	26									
24	7	30	13	3	17	18	1	13	4	18	7	4	23	29	2											
25	7	10	25	30	12	6	25	14	18	14	13	7	9	28												
26	7	3	14	16	16	29	24	1	30	17	14	26	11													
27	7	11	23	23	29	5	18	5	19	27	12	24	14													
28	7	26	3	21	8	30	10	10	29	11	23															
29	7	16	27	28	23	9	28	4	25	13	19															
30	7	16	19	2	21	19	7	8	9	26																
31	7	22	11	10	22	6	16	17	3																	
32		12	24	24	22	8	3	21																		
33		15	26	25	13	12	17																			
34		28	9	29	15	14	4																			
35		10	1	12	6																					
36		4	8	5																						
37		29	2	7																						
38		30																								

8.2.2. GO

TESTE DE PROGÊNIES DE AROEIRA PROCEDENTES DE ITARUMÃ, GOIÁS.

INSTALAÇÃO: 28/06/2004; ESPAÇAMENTO: 2 x 6 m; PLANTAS/PARCELA: 3.

TP - AROEUCA

	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	*	16	7	5	22	7	6	26	22	18	12	13	1	*
	*	26	5	9	13	14	18	23	7	30	24	11	16	*
	*	11	18	22	15	1	20	21	3	19	9	20	5	*
	*	3	6	18	6	11	28	2	17	29	6	27	29	*
	*	10	21	4	7	30	2	27	2	25	1	17	11	*
	*	30	17	19	5	19	7	11	19	9	17	14	27	*
	*	5	13	26	12	13	14	22	14	3	7	18	24	*
	*	4	25	10	29	5	11	13	21	21	19	3	22	*
	*	1	14	27	25	24	22	1	6	17	2	12	20	*
	*	21	23	13	24	9	13	25	23	8	27	2	10	*
C	*	22	3	15	10	20	4	20	13	4	13	15	17	*
A	*	25	20	30	2	3	25	24	24	10	26	25	18	*
R	*	27	27	12	28	2	23	18	28	5	21	26	4	*
R	*	29	19	21	21	4	26	10	4	1	18	4	8	*
E	*	6	11	23	23	18	29	15	10	20	23	16	30	*
A	*	8	24	2	16	10	17	28	16	14	22	10	9	*
D	*	19	26	8	20	27	19	7	29	13	10	21	21	*
O	*	9	9	24	30	6	5	16	27	16	15	28	6	*
R	*	24	1	20	3	28	9	3	12	11	28	7	25	*
	*	14	8	7	19	25	30	17	8	6	16	6	15	*
	*	23	2	17	27	26	24	4	5	2	25	22	3	*
	*	2	30	1	8	17	16	14	20	23	29	8	28	*
	*	28	29	6	4	12	1	12	11	24	20	1	2	*
	*	15	4	14	17	16	8	8	15	28	11	29	7	*
	*	17	10	3	26	29	21	6	9	22	5	5	13	*
	*	20	28	29	11	8	3	19	30	15	8	19	14	*
	*	13	15	25	1	23	10	9	18	7	30	30	12	*
	*	12	12	28	18	21	12	30	26	12	14	24	23	*
	*	7	22	16	14	22	27	5	1	27	3	23	19	*
	*	18	16	11	9	15	15	29	25	26	4	9	26	*
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	

RESERVA

8.3. Script de regressão linear múltipla para *Astronium urundeuva*

Criado em 26 de agosto de 2021

Resumo

Como parte da Tese de Doutorado de Aparecida Juliana Martins Correa, este script foi elaborado com o objetivo de executar uma análise de regressão múltipla para variáveis silviculturais (altura - *alt*, e diâmetro a altura do peito - *dap*) e variáveis climáticas (temperatura média - *tm*, precipitação média - *pm*, precipitação acumulada - *pa*, evapotranspiração de referência media - *etom*, evapotranspiração de referência acumulada - *etoa* e quantidade de água disponível no ambiente - *h2od*), em tres populações de *Astronium urundeuva* (M. Allemao) Engl. (Anacardiaceae): **CUIA** (de Cuiabá-MT), **GO** (de Itarumã-GO) e **PF** (de Paulo de Faria-SP). Essas variáveis podem ser substituídas ao longo do código.

Carregando pacotes

Os pacotes utilizados foram:

- *GGally*: cria os gráficos em pares e faz correlações simples;
- *corrplot*: constrói os gráficos coloridos de correlação;
- *mctest*: faz a avaliação dos testes de colinearidade para a regressão múltipla;
- *nortest*: roda os testes de normalidade (Shapiro-Wilk, Lilliefors, Anderson-Darlin, Cramer-Von Mises, etc.).

```
library(GGally) library(corrplot)
library(mctest)
library(nortest)
```

Neste exemplo, usaremos como base, o banco de dados “z-pf”, com os dados da população de Paulo de Faria (PF), medida em 2019. Clique [aqui](#) para acessar o banco de dados.

Carregando o banco de dados

```
dados <- read.table(file="z-pf.txt",h=T, sep="\t")
head(dados)

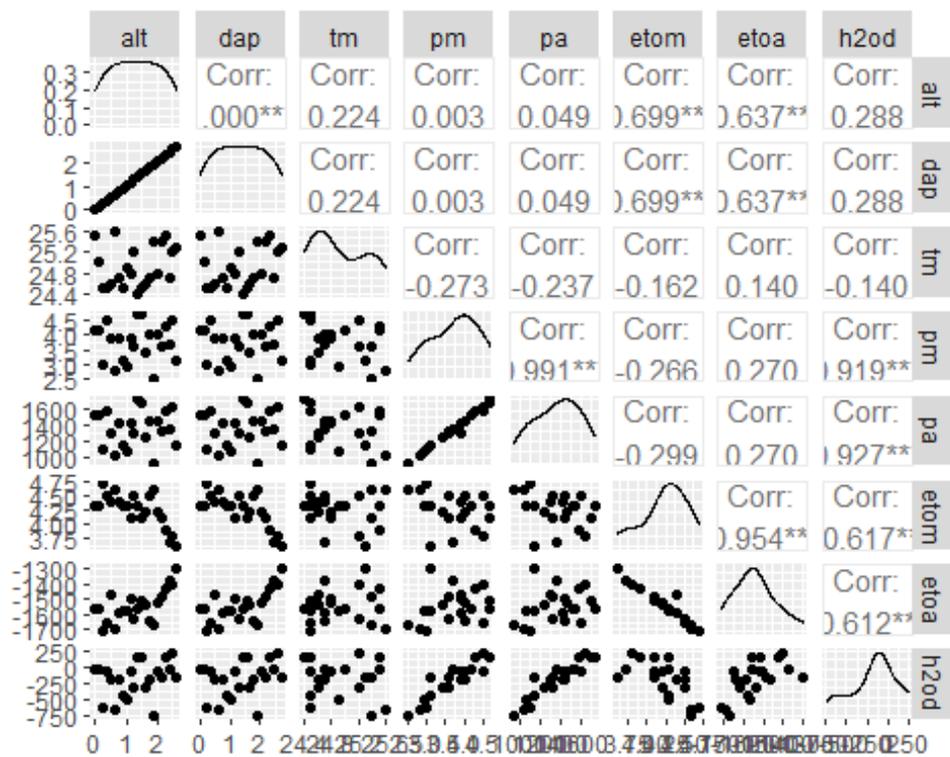
##      Ano    alt    dap    tm    pm    pa  etom    etoa    h2od
## 1 1997 0.0000 0.0000 25.5 4.2 1530.8 4.3 -1558.3 -27.5
## 2 1998 0.1254 0.1280 25.0 4.2 1523.9 4.3 -1563.2 -39.3
## 3 1999 0.2508 0.2559 24.5 3.0 1101.5 4.7 -1712.0 -610.5
## 4 2000 0.3762 0.3839 24.5 4.5 1592.3 4.5 -1656.6 -64.3
## 5 2001 0.5017 0.5119 24.6 3.9 1291.1 4.4 -1463.4 -172.3
## 6 2002 0.6271 0.6399 25.6 2.8 1030.9 4.6 -1691.7 -660.8
```

Primeiro gráfico: pares, dispersão, distribuição e correlação das variáveis

```
head(dados[-1])

##      alt    dap    tm    pm    pa  etom    etoa    h2od
## 1 0.0000 0.0000 25.5 4.2 1530.8 4.3 -1558.3 -27.5
## 2 0.1254 0.1280 25.0 4.2 1523.9 4.3 -1563.2 -39.3
## 3 0.2508 0.2559 24.5 3.0 1101.5 4.7 -1712.0 -610.5
## 4 0.3762 0.3839 24.5 4.5 1592.3 4.5 -1656.6 -64.3
## 5 0.5017 0.5119 24.6 3.9 1291.1 4.4 -1463.4 -172.3
## 6 0.6271 0.6399 25.6 2.8 1030.9 4.6 -1691.7 -660.8

ggpairs(dados[-1])
```

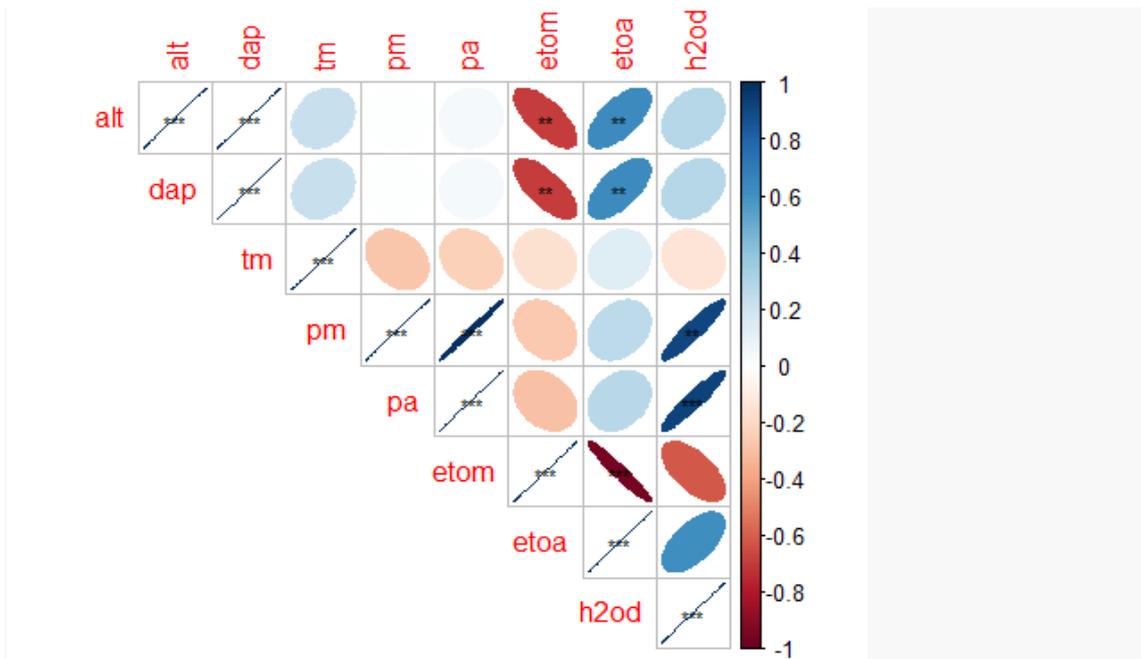


Correlação linear de Pearson:

```
mc<-cor(dados[-1],use="complete.obs")
mcp<-cor.mtest(mc, conf.level = .95)$p
```

Grafico de correlacao

```
corrplot((mc),type="upper",
         method = "ellipse",p.mat = mcp, insig = "label_sig",
         pch.col="black",pch.cex=.7,
         sig.level = c(.001,.01,.05))
```



*significativo a 5%
 **significativo a 1%

Colinearidade

Criação do modelo linear de trabalho:

```
calt<-lm(dados$alt~tm+pm+etom, data=dados)
```

Detecção da colinearidade geral:

```
omcdiag(calt)

##
## Call:
## omcdiag(mod = calt)
##
##
## Overall Multicollinearity Diagnostics
##
##
## MC Results detection
## Determinant |X'X|:      0.8052      0
## Farrar Chi-Square:     4.1522      0
## Red Indicator:         0.2390      0
## Sum of Lambda Inverse: 3.5129      0
## Theil's Method:        -0.6168      0
```

```
## Condition Number:      207.1907      1
##
## 1 --> COLLINEARITY is detected by the test
## 0 --> COLLINEARITY is not detected by the test
```

Detecção da colinearidade individual:

```
imcdiag(calt, all=TRUE)

##
## Call:
## imcdiag(mod = calt, all = TRUE)
##
##
## All Individual Multicollinearity Diagnostics in 0 or 1
##
##      VIF  TOL  Wi  Fi  Leamer  CVIF  Klein  IND1  IND2
## tm      0    0  0  1      0    0    0    0    0
## pm      0    0  0  1      0    0    0    0    0
## etom    0    0  0  1      0    0    0    0    0
##
## 1 --> COLLINEARITY is detected by the test
## 0 --> COLLINEARITY is not detected by the test
##
## tm , pm , coefficient(s) are non-significant may be due to
## multicollinearity
##
## R-square of y on all x: 0.5267
##
## * use method argument to check which regressors may be the
## reason of collinearity
## =====
```

Remoção de variáveis (remover ano, dap, pa, etoa, h2od). Refazer o modelo com as variáveis restantes (alt, tm, pm, etom), verificar significância do modelo:

```
names(dados[c(1,3,6,8,9)])
## [1] "Ano" "dap" "pa" "etoa" "h2od"

daalt<-dados[-c(1,3,6,8,9)]
modalt<-lm(alt~.,data=daalt)
summary.lm(modalt)
```

```

##
## Call:
## lm(formula = alt ~ ., data = daalt)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -1.1719 -0.3588 -0.1105  0.4120  1.0410
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)   7.8930     10.0479   0.786 0.442360
## tm             0.1177      0.3601   0.327 0.747565
## pm            -0.2258      0.2270  -0.995 0.333024
## etom          -2.0405      0.4816  -4.237 0.000496 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.6052 on 18 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.5267, Adjusted R-squared:  0.4478
## F-statistic: 6.678 on 3 and 18 DF,  p-value: 0.003179

```

Stepwise: escolher o modelo de acordo com o menor critério de Akaike (AIC):

```

step(modalt,direction="backward")
## Start:  AIC=-18.51
## alt ~ tm + pm + etom
##
##      Df Sum of Sq    RSS    AIC
## - tm   1    0.0391  6.6308 -20.3848
## - pm   1    0.3624  6.9541 -19.3375
## <none>      6.5917 -18.5150
## - etom 1    6.5735 13.1652  -5.2962
##
## Step:  AIC=-20.38
## alt ~ pm + etom
##
##      Df Sum of Sq    RSS    AIC
## - pm   1    0.5011  7.1319 -20.7821
## <none>      6.6308 -20.3848
## - etom 1    7.2970 13.9278  -6.0574
##
## Step:  AIC=-20.78
## alt ~ etom
##
##      Df Sum of Sq    RSS    AIC

```

```
## <none>          7.1319 -20.7821
## - etom  1      6.796 13.9280  -8.0572

##
## Call:
## lm(formula = alt ~ etom, data = daalt)
##
## Coefficients:
## (Intercept)          etom
##      9.533      -1.935
```

Neste caso, o modelo escolhido foi **alt ~ etom**, pois **AIC = -20.78**. Então, rodar a análise de variância novamente:

```
modalt<-lm(alt~etom, data=daalt)
summary.lm(modalt)

plot(modalt)

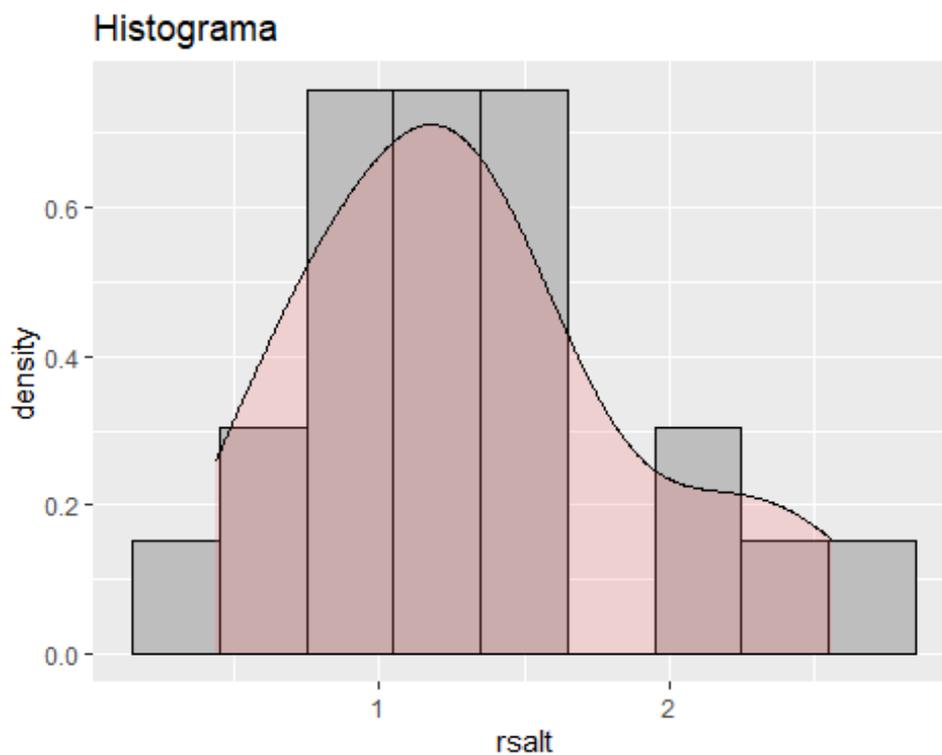
##
## Call:
## lm(formula = alt ~ etom, data = daalt)
##
## Residuals:
##      Min       1Q   Median       3Q      Max
## -1.21129 -0.31636  0.00342  0.31505  1.25049
##
## Coefficients:
##              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
## (Intercept)   9.5330     1.8863   5.054 6.08e-05 ***
## etom         -1.9353     0.4433  -4.366 0.000299 ***
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
##
## Residual standard error: 0.5972 on 20 degrees of freedom
## Multiple R-squared:  0.4879, Adjusted R-squared:  0.4623
## F-statistic: 19.06 on 1 and 20 DF, p-value: 0.0002993
```

Predição do modelo escolhido:

```
rsalt<-predict(modalt)
```

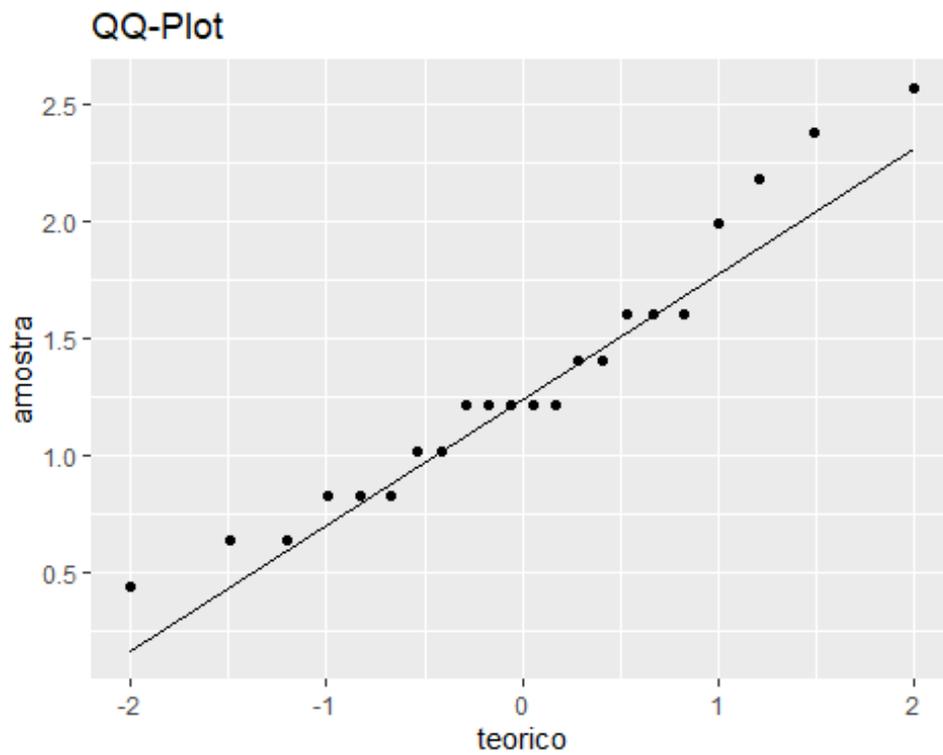
Histograma:

```
ggplot(data.frame(rsalt),aes(x=rsalt))+  
geom_histogram(aes(y=..density..),color="black",fill="gray",binwidth = .3)+  
geom_density(alpha=.2, fill="#FF6666")+  
ggtitle("Histograma")
```



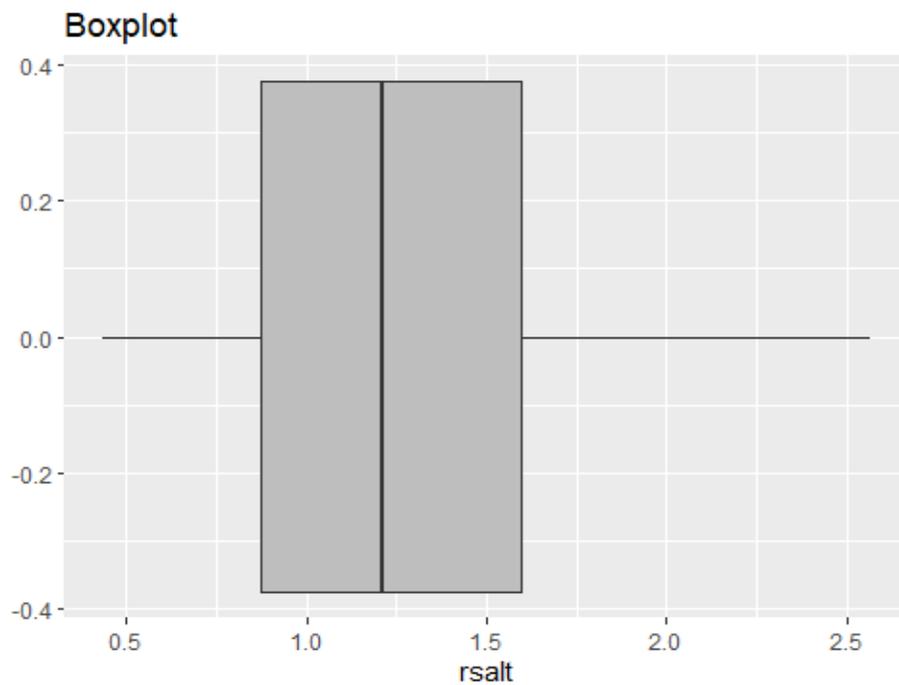
QQ-Plot:

```
ggplot(data.frame(rsalt),aes(sample=rsalt))+  
stat_qq() +  
stat_qq_line()+labs(x="teorico", y="amostra")+  
ggtitle("QQ-Plot")
```



Boxplot:

```
ggplot(data.frame(rsalt), aes(y=rsalt))+
  geom_boxplot(fill="gray")+
  coord_flip()+
  ggtitle("Boxplot")
```



Testes de normalidade dos resíduos

Shapiro-Wilk:

```
shapiro.test(rsalt)
##
## Shapiro-Wilk normality test
##
## data:  rsalt
## W = 0.94417, p-value = 0.241
```

Lilliefors:

```
lillie.test(rsalt)
##
## Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test
##
## data:  rsalt
## D = 0.16451, p-value = 0.1258
```

Anderson-Darling:

```
ad.test(rsalt)
##
## Anderson-Darling normality test
##
## data:  rsalt
## A = 0.47877, p-value = 0.2119
```

Cramer-Von Mises:

```
cvm.test(rsalt)
##
## Cramer-von Mises normality test
##
```

```
## data:  rsalt  
## W = 0.079826, p-value = 0.1973
```

Se os resultados do teste superarem o *p-value*, rejeitamos H_0 , ou seja, significa que os dados tem distribuição normal.