

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

THIAGO MASSAO ODA

Myracrodruon urundeuva: **ARRANJOS ALEATÓRIOS COM ESPÉCIES
ARBÓREAS NO SEU ENTORNO EM MODELO DE PLANTIO PARA
REFLORESTAMENTO CILIAR**

Ilha Solteira

2022

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

THIAGO MASSAO ODA

Myracrodruon urundeuva: **ARRANJOS ALEATÓRIOS COM ESPÉCIES
ARBÓREAS NO SEU ENTORNO EM MODELO DE PLANTIO PARA
REFLORESTAMENTO CILIAR**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como
parte dos requisitos para obtenção do título
de Mestre em Agronomia, na especialidade
Sistemas de Produção.

Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes
Orientador

Dr. Alexandre Marques da Silva
Coorientador

Dr. José Cambuim
Coorientador

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

O22m Oda, Thiago Massao.
Myracrodruon urundeuva: arranjos aleatórios com espécies arbóreas no seu entorno em modelo de plantio para reflorestamento ciliar / Thiago Massao
Oda. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2022
87 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2022

Orientador: Mario Luiz Teixeira de Moraes
Coorientador: Alexandre Marques da Silva
Inclui bibliografia

1. Endogamia. 2. Base genética. 3. Conservação ex-situ.


Raiane da Silva Santos

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Myracrodruon urundeuva: ARRANJOS ALEATÓRIOS COM ESPÉCIES ARBÓREAS NO SEU ENTORNO EM MODELO DE PLANTIO PARA REFLORESTAMENTO CILIAR

AUTOR: THIAGO MASSAO ODA

ORIENTADOR: MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES

COORDENADOR: JOSÉ CAMBUIM

COORDENADOR: ALEXANDRE MARQUES DA SILVA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES (Participação Presencial)
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP



Prof. Dr. BRUNO CESAR ROSSINI (Participação Presencial)
Departamento de Genética / Instituto de Biociências de Botucatu



Dr. CARLOS JOSÉ RODRIGUES (Participação Presencial)
Supervisor de Silvicultura / CESP

Ilha Solteira, 03 de maio de 2022

À minha esposa, Ariela,
pela compreensão e companheirismo.
Aos meus filhos, Francisco e Lucas, pelo
carinho de sempre.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar força, para superar todas as dificuldades nos e conseguir conquistar mais esta importante vitória.

Ao Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes, pela paciência, orientação e ensinamentos que foram fundamentais para complementar a minha formação acadêmica.

Aos meus coorientadores, Dr. Alexandre Marques Silva e Dr. José Cambuim pela amizade e por todos os ensinamentos.

Ao Auxiliar Agropecuário, senhor Alonso Ângelo da Silva, pela amizade, ensinamentos e colaboração nos trabalhos de coleta de dados.

Aos colegas do Laboratório de Genética de Populações, Evolução e Silvicultura (LGPS) pela ajuda: Selma Maria Bozzite de Moraes, Marcelo Alcantara, Patrícia Ferreira Alves e Thaisa Yuriko Kuboyama Kubota.

Aos membros das bancas examinadoras do exame de qualificação e defesa, Prof. Dr. Vitor Corrêa de Mattos Barreto, Profa. Dra. Patricia Ferreira Alves, Dr. Bruno César Rossini e ao Dr. Carlos José Rodrigues, pela colaboração e sugestões.

Aos docentes e funcionários da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/FEIS - UNESP pelo acolhimento, ensinamentos recebidos e amizade, mesmo em breve convívio.

A todos os funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/UNESP.

Ao parceiro de pós graduação José Carlos de Oliveira Junior pelo companheirismo, amizade, solidariedade, ensinamentos e colaboração nos trabalhos.

À Aparecida Juliana Martins Corrêa, pelo companheirismo e por toda ajuda na escrita deste trabalho.

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira/FEIS-UNESP pela oportunidade da realização do mestrado.

Aos meus queridos pais Célio e Margarete, pelo amor, carinho, pelo exemplo de vida, por serem pessoas de princípios e por sempre me incentivarem aos estudos.

À minha esposa Ariela, pelo amor, carinho, dedicação, compreensão, incentivo e companheirismo na minha caminhada.

Aos meus queridos filhos, Francisco e Lucas pelo amor e carinho, me incentivando a suportar e superar os obstáculos durante a vida acadêmica.

Aos meus irmãos, Fabrício e Diego, pelo incentivo e pela torcida.

Ainda, meus sinceros agradecimentos àqueles que contribuíram direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

A todos, minha eterna gratidão.

“A persistência é o caminho do êxito.”

Charles Chaplin

RESUMO

Dentre as espécies utilizadas no reflorestamento ciliar da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP de Ilha Solteira-SP, localizada em Selvíria-MS, destaca-se a aroeira (*Myracrodruon urundeuva* M. Allemão), reconhecida comercialmente pela madeira de ótima qualidade e por suas propriedades farmacológicas. Embora considerada como não ameaçada, a espécie é priorizada para a conservação genética, o que justifica a necessidade de estudos e propostas que garantam a sobrevivência e a variabilidade genética para caracteres silviculturais. O objetivo deste trabalho consistiu em avaliar, quantitativa e molecularmente, uma população de *M. urundeuva*, em polinização aberta e coletada em *bulk*, em diferentes arranjos de espécies arbóreas para um reflorestamento ciliar, junto com 13 outras espécies, em 13 módulos/progênies, com 11 mudas de *M. urundeuva* por módulo/progênie, em espaçamento 2 x 3 m. Essa forma de amostragem na população natural foi inadequada em função da presença de endogamia detectada na população. Aos 34 anos, os remanescentes de *M. urundeuva* sobreviveram em função do arranjo, da competição com outras espécies arbóreas do reflorestamento, com destaque para o arranjo formado pelas espécies *Terminalia argentea*, *Genipa americana*., *Inga marginata*, *Handroanthus heptaphyllus*, *Magnolia champaca* e *Leucaena leucocephala* no entorno. Houve florescimento, com a proporção entre machos e fêmeas, de 1,13:1, o que indica equilíbrio sexual na população, mas com baixo tamanho efetivo populacional ($N_e = 32$).

Palavras-chave: Endogamia. Base genética. Conservação *ex-situ*.

ABSTRACT

Among the species used in riparian reforestation at the Teaching, Research and Extension Farm of UNESP in Ilha Solteira-SP, located in Selvíria-MS, the mastic (*Myracrodruon urundeuva* M. Allemão) stands out, commercially recognized for its excellent quality wood and for their pharmacological properties. Although considered non-threatened, the species is prioritized for genetic conservation, which justifies the need for studies and proposals that guarantee survival and genetic variability for silvicultural traits. The objective of this work was to evaluate, quantitatively and molecularly, a population of *M. urundeuva*, in open pollination and collected in bulk, in different arrangements of tree species for riparian reforestation, together with 13 other species, in 13 modules/progenies, with 11 seedlings of *M. urundeuva* per module/progeny, spaced 2 x 3 m. This form of sampling in the natural population was inadequate due to the presence of inbreeding detected in the population. At the age of 34, the remnants of *M. urundeuva* survived due to the arrangement, competition with other tree species from the reforestation, with emphasis on the arrangement formed by the species *Terminalia argentea*, *Genipa americana*., *Inga marginata*, *Handroanthus heptaphyllus*, *Magnolia champaca* and *Leucaena leucocephala* in the surroundings. There was flowering, with a ratio between males and females of 1.13:1, which indicates sexual balance in the population, but with a low effective population size ($N_e = 32$).

Keywords: Inbreeding. Genetic basis. Ex-situ conservation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Distribuição geográfica de <i>Myracrodruon urundeuva</i> pelo território brasileiro.....	30
Figura 2	- Estágios de frutificação de <i>Myracrodruon urundeuva</i> : a) frutos verdes; b) frutos intermediários; c) frutos maduros.....	31
Figura 3	- Prancha de <i>Myracrodruon urundeuva</i>	32
Figura 4	- Localização e vegetação predominante no município de Selvíria, no estado do Mato Grosso do Sul.....	37
Figura 5	- Representação da distribuição dos módulos/progênes (M1 à M13) do reflorestamento ciliar na FEPE, em Selvíria-MS.....	38
Figura 6	- Croqui dos módulos/progênes utilizado no modelo II do reflorestamento à margem do reservatório da UHE-IS, com 11 arranjos distintos 2 ^(1 à 11) para <i>Myracrodruon urundeuva</i> em Selvíria, MS.....	45
Figura 7	- Escala de atribuição de notas para bifurcação do fuste (até 2,20m) em <i>Myracrodruon urundeuva</i>	46
Figura 8	- Escala de atribuição de notas para tortuosidade do fuste (até 2,20m) em <i>Myracrodruon urundeuva</i>	47
Figura 9	- Representação das notas para a produção de diásporos de <i>Myracrodruon urundeuva</i> (Bertonha et al., 2015)	44
Figura 10	- Etapas de extração do DNA genômico de <i>Myracrodruon urundeuva</i> : (a): acondicionamento das folhas, por indivíduos, em sacos de papel e sílica; (b): coleta de amostras das folhas dos indivíduos para extração; (c): organização do material de laboratório para extração; (d): identificação das amostras em tubos tipo Eppendorf, de 2 mL; (e): extração, separação da fase orgânica da fase aquosa; (f): DNA hidratado e armazenado em freezer para análise.....	52
Figura 11	- Índice Combinado de Crescimento de <i>M. urundeuva</i> em 11 arranjos de espécies distintas utilizados no plantio da mata ciliar da FEPE.....	55
Figura 12	- Representação da distribuição da matriz de distâncias de Mahalanobis das progênes de <i>Myracrodruon urundeuva</i> , coletadas em Ilha Solteira, implantadas no reflorestamento ciliar em 1986.....	61
Figura 13	- Médias de sobrevivência dos indivíduos de <i>Myracrodruon urundeuva</i> , por módulo/progênie, aos 34 anos de idade, em Selvíria-MS.....	63
Figura 14	- Localização dos(as) Módulos/Progênes I a VII e VIII a XIII e distribuição das árvores sobreviventes de <i>Myracrodruon urundeuva</i> nos Módulos (M1 a M13) e linhas (L1 a L11), com distinção entre indivíduos machos (M), fêmeas (F) e sem florescimento (SF), em reflorestamento de mata ciliar, aos 34 anos, em Selvíria-MS.....	66
Figura 15	- Quantidade de fêmeas de <i>Myracrodruon urundeuva</i> e a atribuição de notas para a produção de diásporos, em uma área	

	de reflorestamento ciliar, aos 34 anos de idade, em Selvíria-MS.....	69
Figura 16	- Quantidade de indivíduos de <i>Myracrodruon urundeuva</i> por progênie, que receberam notas de 1 a 5 em relação a produção de sementes, em um reflorestamento ciliar, aos 34 anos de idade, em Selvíria-MS.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Espécies utilizadas no reflorestamento ciliar, à margem do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, nos módulos/progênies analisados neste estudo.....	39
Tabela 2	- Composição de espécies dos arranjos com <i>Myracrodruon urundeuva</i> , em área de reflorestamento ciliar, aos 34 anos de idade, em Selvíria-MS.....	40
Tabela 3	- Composição de espécies do arranjo (2 ⁷) com <i>Myracrodruon urundeuva</i> , em área de reflorestamento ciliar, aos 34 anos de idade, em Selvíria- MS.....	56
Tabela 4	- Estimativas de parâmetros para os caracteres: altura total das plantas (ALT), diâmetro a altura do peito (DAP), diâmetro médio de copa (DMC), sobrevivência (SOB), forma do fuste (FOR) e produção de sementes (PSE) de <i>Myracrodruon urundeuva</i> , no interior da mata ciliar, em Selvíria-MS, aos 34 anos de idade, medidos em 2020.....	57
Tabela 5	- Espécies sobreviventes nos arranjos que tem como espécie chave <i>Myracrodruon urundeuva</i> , no ano de 2020, com a respectiva porcentagem de ocorrência, em área de reflorestamento ciliar, em Selvíria-MS.....	64
Tabela 6	- Número de plantas (N), sobreviventes (Sob), quantidade de plantas com florescimento masculino (M), feminino (F), monoicos (Mo), sem florescimento e tamanho efetivo (Ne) para <i>Myracrodruon urundeuva</i> , em um reflorestamento ciliar, aos 34 anos de idade, em Selvíria-MS.....	68
Tabela 7	- Diversidade genética, índice de fixação ($\hat{F}$) em locos microssatélites de <i>Myracrodruon urundeuva</i> , para indivíduos em uma população de reflorestamento ciliar, aos 34 anos, instalada em Selvíria-MS.....	72

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	OBJETIVOS.....	18
2.1	OBJETIVO GERAL.....	18
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
3	REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1	MATAS CILIARES.....	19
3.2	MARCOS HISTÓRICOS E LEGAIS DE PROTEÇÃO DAS MATAS CILIARES NO BRASIL.....	21
3.3	RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DE MATA CILIAR.....	24
3.4	RECOMPOSIÇÃO FLORESTAL DA MATA CILIAR DA FEPE/FEIS....	27
3.5	A ESPÉCIE <i>Myracrodruon urundeuva</i> (M. Allemão).....	28
3.6	CONSERVAÇÃO GENÉTICA <i>EX SITU</i>	33
3.7	MARCADORES MOLECULARES MICROSSATÉLITES.....	34
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	37
4.1	ÁREA DE ESTUDO.....	37
4.2	CARACTERES SILVICULTURAIS QUANTITATIVOS.....	45
4.2.1.	<i>Mensuração dos caracteres Silviculturais.....</i>	45
4.2.1.1	<i>Índice Combinado de Crescimento (ICC).....</i>	47
4.2.1.2	<i>Estatísticas de parâmetros genéticos.....</i>	47
4.2.1.3	<i>Análise de divergência genética.....</i>	48
4.2.1.4	<i>Sobrevivência.....</i>	49
4.3	SEXAGEM, TAMANHO EFETIVO E PRODUÇÃO DE DIÁSPOROS	49
4.3.1	<i>Sexagem.....</i>	49
4.3.2	<i>Tamanho efetivo da população.....</i>	49
4.3.3	<i>Produção de diásporos.....</i>	50
4.4	ANÁLISE MOLECULAR.....	51
4.4.1	<i>Amostragem e isolamento de DNA genômico.....</i>	51
4.4.2	<i>Reações de amplificação de locos microssatélites e genotipagem</i>	52

4.4.3.	<i>Análise dos dados em nível molecular.....</i>	53
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	54
5.1	CARACTERES SILVICULTURAIS QUANTITATIVOS.....	54
5.1.1	<i>Índice Combinado de Crescimento (ICC).....</i>	54
5.1.2	<i>Parâmetros genéticos.....</i>	56
5.1.3	<i>Análise de divergência genética.....</i>	60
5.1.4	<i>Sobrevivência.....</i>	61
5.2	SEXAGEM, TAMANHO EFETIVO E PRODUÇÃO DE DIÁSPOROS...	65
5.2.1	<i>Sexagem.....</i>	65
5.2.2	<i>Tamanho efetivo da população.....</i>	66
5.2.3	<i>Produção de diásporos.....</i>	68
5.3	ANÁLISE MOLECULAR.....	70
5.3.1	<i>Diversidade genética e índice de fixação.....</i>	70
6	CONCLUSÃO.....	74
	REFERÊNCIAS.....	75

1. INTRODUÇÃO

A conservação de espécies florestais nativas tem sua importância reconhecida diante dos serviços prestados ao ambiente, por meio das interações ecológicas de cada espécie. Seja por serviços ecossistêmicos diretos e/ou indiretos, conforme Fisher et al. (2009): processos bioquímicos complexos, de fixação e disponibilização de nutrientes; pela deposição de matéria orgânica, que proporciona a proteção da camada superficial do solo contra a compactação; a aeração e a infiltração de água, ocasionada pelas raízes; ou simplesmente por proporcionar o sombreamento, fator importante para o desenvolvimento inicial de outras espécies vegetais

As interações ecológicas inter e intraespecíficas de uma árvore proporcionam efeitos diversos, que garantem o equilíbrio do ambiente. As relações estabelecidas com o ecossistema trazem benefícios claros para o desenvolvimento, a manutenção e a conservação de populações de espécies, fato que pode ser observado durante a floração, cujo néctar é um atrativo para muitos polinizadores, que efetivamente auxiliam à dispersão do pólen das espécies vegetais, tanto das que compõem naturalmente o ecossistema, quanto das culturas agrícolas. Os serviços ecossistêmicos mantêm a economia e a vida do planeta e são todos os serviços e bens que a natureza nos fornece por meio dos processos e das relações ecológicas, por exemplo, água doce, ar puro, qualidade e renovação do solo, reciclagem de nutrientes, tratamento de resíduos, regulação do clima, polinização, produção de alimentos e produtos florestais, controle populacional e de pragas etc. e que garantem nossa sobrevivência e bem-estar (FERRAZ et al., 2019)

Parte do esforço para a conservação de espécies florestais ameaçadas concentra-se nas matas ciliares, pois são, por força da Lei, definidas como Áreas de Preservação Permanente, conceito pioneiro no Código Florestal, Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965), revogado, e mantido pela Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, em vigor (BRASIL, 2012).

No entanto, mesmo diante das proibições legais em relação a supressão vegetal das matas ciliares, a devastação desses ambientes, principalmente no Cerrado, tem despertado grande preocupação. Segundo Kuntschik et al. (2014), a interferência antrópica, devido ao crescimento dos centros urbanos, à

expansão de áreas agricultáveis, à construção de usinas hidrelétricas e à mineração, são as atividades de maior impacto para as matas ciliares. As intensas e desordenadas devastações podem levar ao desaparecimento de diversas espécies florestais de importância ecológica em várias regiões, com sério comprometimento de seu potencial genético. Assim, a sua restauração por meio do uso de espécies adequadas à essa finalidade (SILVA et al., 2016), é uma maneira de se acatar às exigências legais e atender à necessidade de conservação de espécies florestais nativas.

A restauração de áreas desmatadas, por meio do plantio misto de espécies nativas, com o objetivo de formar uma floresta próxima ao seu formato original, tem sido o grande anseio dos pesquisadores, que se dedicam à recuperação de áreas de proteção permanente degradadas (KAGEYAMA et al., 2001).

O emprego de espécies nativas endêmicas à mata ciliar é a melhor alternativa para a recomposição florestal, uma vez que o modelo ideal para esta ação é a composição florestal natural do ambiente. No entanto, faz-se necessário observar a interação ecológica entre as espécies e a dinâmica da sucessão (pioneiras, secundárias e clímax), para que a organização das mudas no campo favoreça a relação entre as espécies sombreadoras de rápido crescimento com as que necessitam de sombra para sobreviver.

Dentre as muitas espécies arbóreas nativas a serem utilizadas na recomposição das áreas de preservação permanente, destaca-se a aroeira (*Myracrodruon urundeuva* M. Allemão (Anacardiaceae)). Por ser considerada espécie abundante e de ampla distribuição, a aroeira não está classificada como ameaçada pelo Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFLORA, 2012). No entanto, a *Food and Agriculture Organization* (FAO) a considera prioritária para a conservação genética e iniciativas de pesquisa no Brasil (FAO, 2001).

Conhecer a origem genética das sementes é fundamental para os trabalhos de recomposição de áreas de reflorestamento ciliar, quando da adoção de plantio de mudas. Para isso, é de grande importância o estudo da variação genética de caracteres de crescimento, pois permite determinar a proporção da variação genética adaptativa, capaz de responder a alterações ambientais (FREITAS et al., 2007). Desta forma, estimar os parâmetros genéticos, como os coeficientes de variação genética e de herdabilidade, são fundamentais para

entender o potencial evolutivo de uma população e para a sua conservação (FREITAS et al., 2007).

Neste sentido, *M. urundeuva* foi utilizada nos estudos de conservação e viabilidade de uso em plantio misto para a recuperação de matas ciliares, com base num reflorestamento ciliar, instalado na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP, em Selvíria-MS, localizado à margem direita do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi de conhecer a variabilidade genética de uma população de *M. urundeuva* instalada em diferentes arranjos espaciais em um reflorestamento ciliar à margem do lago da Hidrelétrica de Ilha Solteira.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho foram:

- Determinar a diversidade genética, por meio de locos microssatélites;
- Determinar o melhor arranjo de espécies para o desenvolvimento de *M. urundeuva*, por meio do Índice Combinado de Crescimento;
- Avaliar a representatividade da população de estudo, a partir da análise de seu tamanho efetivo populacional, com base na proporção entre árvores com florescimento masculino e feminino.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Matas ciliares

Em excursão à Região de Três Lagoas, no estado de Mato Grosso do Sul, Veloso (1948) utilizou a nomenclatura “mata ciliar”, em referência à faixa muito variável de vegetação com porte arbóreo, à margem direita do Rio Paraná.

Kuhlmann (1951), na descrição dos aspectos gerais do Rio São Francisco, empregou o termo “mata ciliar” para descrever os cordões de floresta que avançam pelo interior dos campos, favorecidos pela maior umidade do solo nas margens dos cursos d’água daquela região.

O termo “mata ciliar” é utilizado para definir a formação florestal de ocorrência associada às margens de rios, córregos, lagos, represas e nascentes (CARMO, 2016). Este termo tem como referência os pêlos de proteção contra estruturas indesejáveis nos nossos olhos, os cílios. De acordo com Davide et al. (2000), assim como os cílios funcionam como uma barreira, que impede que pequenas partículas entrem nos olhos; a mata ciliar retém os sedimentos e os nutrientes, carregados pela chuva e parte dos poluentes, ao evitar o assoreamento e o declínio da qualidade da água.

As matas ciliares, também conhecidas por mata de galeria, mata de várzea, vegetação ou floresta ripária, presentes em todos os biomas brasileiros, funcionam como uma esponja, ao reter a água da chuva, ao liberá-la, gradativamente, para o lençol freático e para o corpo d’água (KUNTSCHIK, 2014). No entanto, no Cerrado, a fitofisionomia da mata ciliar diferencia-se da mata de galeria, por sua estrutura e composição florística própria (RIBEIRO; WALTER, 2008):

Por Mata Ciliar entende-se a vegetação florestal que acompanha os rios de médio e grande porte da Região do Cerrado, em que a vegetação arbórea não forma galerias. Em geral essa mata é relativamente estreita, dificilmente ultrapassando 100 m de largura em cada margem. (RIBEIRO; WALTER, 2008, p. 164)

Essa formação florestal, no Cerrado, apresenta diferentes graus de perda de folhas na estação seca. Por esta razão, é mais similar à Mata Seca, e se diferencia desta fitofisionomia pela estrutura e espécies vegetais especificamente associadas ao contato com o curso d’água. Em relação à mata

de galeria, apresenta vegetação perenifólia e forma corredores fechados, o que evidencia a diferença de composição florística e deciduidade, em comparação com a mata ciliar:

As árvores, predominantemente eretas, variam em altura de 20 a 25 metros, com alguns poucos indivíduos emergentes alcançando 30 metros ou mais. As espécies típicas são predominantemente caducifólias, com algumas sempre-verdes, conferindo à Mata Ciliar um aspecto semidecíduo. (RIBEIRO; WALTER, 2008, p. 166)

Além de evitar o assoreamento do leito dos rios e preservar a qualidade das águas, as matas ciliares desempenham o importante papel de corredor ecológico, quando ligadas à fragmentos florestais próximos, ao proporcionar passagem aos animais, o que também facilita a disseminação de pólenes e sementes, que favorecem o crescimento das populações de espécies nativas, as trocas gênicas e, conseqüentemente, a reprodução e a sobrevivência das espécies (MACEDO et al., 1993; PRIMACK; RODRIGUES, 2001; METZGER, 2003; KUNTSCHIK, 2014).

Tais formas de vegetação auxiliam o desenvolvimento da agricultura sustentável, pois fornecem refúgio e alimento para insetos e animais polinizadores das culturas agricultáveis; atuam na detoxicação de substâncias nocivas, provenientes das atividades agrícolas, por meio de microrganismos associados às raízes das plantas; são fixadoras de carbono; participam ativamente na ciclagem de nutrientes; funcionam como refúgio para os inimigos naturais de pragas da agricultura. Essa agricultura sustentável conserva solos e água, assim como recursos genéticos vegetais e animais, é ambientalmente não degradante, tecnicamente apropriada, economicamente viável e socialmente aceitável (FAO, 2007).

Essas florestas abrigam diversidade florística e faunística de grande importância para a preservação e para o equilíbrio dos ecossistemas terrestres e aquáticos. Tais características conferem à mata ciliar o título de Área de Preservação Permanente (APP), pois, de acordo com a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012), que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, APP é definida em seu Art. 3º como:

... área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a

estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas; (BRASIL, 2012)

Neste sentido, a supressão total ou parcial destas florestas é proibida. Embora tal restrição exista nas legislações estaduais e federal, Kuntschik (2014) ressalta que a agricultura e a pecuária extensivas, a construção de cidades, de estradas, de usinas hidrelétricas e a mineração tem ocasionado séria degradação ao domínio da mata ciliar.

O Cerrado é conhecido como o berço das águas. As águas que nascem neste bioma alimentam seis das oito grandes bacias hidrográficas brasileiras. Por isso, Aquino et al. (2012) afirmam que a diminuição da disponibilidade da água, provocada pela remoção da vegetação ciliar, afetaria diretamente a distribuição das águas para outras regiões, o que ocasionaria desequilíbrio imediato, propagaria e ampliaria os efeitos negativos no percurso de suas águas.

Por essa razão, a recuperação da vegetação suprimida das APPs também se faz presente na Lei nº 12.651, que estabelece que o proprietário da área, possuidor ou ocupante, a qualquer título, é obrigado a promover a recomposição da vegetação.

Durigan e Silveira (1999) afirmam que é indiscutível a importância de se manter ou recuperar a cobertura florestal junto aos corpos d'água, com base no amplo espectro de benefícios que este tipo de vegetação traz ao ecossistema, ao exercer função protetora sobre os recursos naturais bióticos e/ou abióticos.

Silva et al. (2016) afirmam que a devastação das matas ciliares tem despertado grande preocupação nas empresas ligadas ao setor de geração de energia, devido à submersão das matas nativas, provenientes da criação dos reservatórios, ao passo que, nos anos 1990, houve aumento nas iniciativas de recuperação de áreas ciliares, basicamente, pela conscientização da sociedade quanto à importância desse tipo de vegetação e por exigências legais.

3.2 Marcos históricos e legais de proteção das matas ciliares no Brasil

O histórico da legislação florestal no Brasil data do século XVIII, quando por volta de 1799 o príncipe D. Pedro II, por meio de uma resolução, determinou a distribuição gratuita de sementes com o objetivo de incentivar o plantio de

pinheiros. A primeira sistematização legislativa objetivando preservar as matas ciliares surgiu juntamente com o Código Florestal de 1934, através do Decreto Lei nº 23.793, de 23 de março de 1934, com expansão do controle e fiscalização das matas nacionais (MACHADO, 1984). De acordo com esse código, foram consideradas inalienáveis e perenes as florestas então denominadas protetoras que garantiam a conservação do regime das águas.

No entanto, o Código de 1934, sem a necessária e adequada classificação dessas florestas protetoras, não fora suficientemente intervencionista para ter a eficácia necessária e tornou-se sem qualquer efeito prático (SILVA, 2001, *apud* ANTUNES, 2002).

Por cerca de três décadas a legislação sofreu várias mudanças, o que levou em 1964 a promulgação do segundo Código Florestal Brasileiro de nº 4.771, adequando a lei ao novo modelo de uso das florestas que se apresentavam, estabelecendo a criação de áreas de preservação permanente, garantindo a preservação de espécies nativas e às funções sociais das florestas, com a conservação dos elementos naturais, bem como a manutenção da integridade dos solos e dos recursos hídricos, permitindo o uso e o manejo sustentável dos remanescentes florestais. Assim, as zonas ripárias foram consideradas como áreas de preservação permanente (APP) em decorrência de sua importância para diferentes ecossistemas ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, em faixa marginal, para tanto, foram estabelecidas as medidas mínimas de vegetação ciliar em função da largura do corpo d'água.

Nos anos de 1970, ao mesmo tempo em que protegia, o governo incentivava ações de desmatamento, e passou a fomentar recursos fiscais para a ampliação das fronteiras agrícolas, a priorização da industrialização e a ocupação produtiva do vasto território nacional, o que resultou em poucas mudanças substanciais nas práticas florestais (COSTA et al., 2020).

A década de 1980 foi o marco da evolução da legislação ambiental, medidas concretas começaram a ser tomadas para que as questões florestais realmente fossem encaradas como ambientais (KENGEN, 2001; OLIVEIRA, 2007). O marco principal foi o estabelecimento da Política Nacional do Meio Ambiente, Lei nº 6.938/1981 que criou o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e estabeleceu os princípios, as diretrizes, os instrumentos e atribuições para os diversos entes da Federação que atuam na política ambiental

nacional. Foram por meio dos dispositivos desta lei que os diferentes elementos naturais deixam de ser de utilidade imediata da espécie humana, e passa a ser considerado o valor intrínseco, bens de interesse comum de todos os habitantes do país, apesar da instituição do Código Florestal de 1965, e dos ganhos ambientais trazidos por ele (AHRENS, 2003).

No ano de 1985, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) aprovou resoluções relativas ao licenciamento ambiental, que regulam a aplicação do instrumento até a atualidade, Resoluções nº 001/1986 e nº 009/1987, que tratam, respectivamente, do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) e das audiências públicas prévias ao licenciamento.

De acordo com a Resolução Conama 001/1986, obras como barragens para fins hidrelétricos, acima de 10 MW, precisam definir no estudo de impacto ambiental as medidas mitigadoras dos impactos negativos, dentre os quais, a inundação de áreas florestais na criação dos reservatórios.

A nova Constituição Federal de 1988 também passou a contemplar questões ambientais. Os artigos 170, 186 e 225 da Constituição retratam sobre a defesa do meio ambiente, a função socioambiental e do direito de todos a um ambiente ecologicamente equilibrado.

Em 1989, por meio da Lei Nº 7.735, ocorreu a unificação dos órgãos que tratavam a questão ambiental setorialmente em único órgão federal, denominado Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais (IBAMA). Foi incluído nesta junção, o Instituto Brasileiro para o Desenvolvimento Florestal (IBDF), que era responsável pelo estabelecimento e administração das Unidades de Conservação, bem como por orientar, coordenar e executar medidas necessárias à utilização racional dos recursos naturais e promover o desenvolvimento florestal do país (COSTA et al., 2020).

A proteção das áreas de mata ciliar foi reafirmada na Lei nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, na medida em que essa lei tem como fundamento o fato de que a água, embora reconhecida como um recurso natural renovável é um recurso de domínio público; a referida lei objetiva, portanto, assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de quantidades adequados

aos respectivos usos, e a prevenção e a defesa contra eventos decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Em função da grande extensão do território brasileiro que sobrecarrega as ações fiscalizadoras do IBAMA, levou a publicação da Lei 11.284/2006 de gestão de florestas públicas, que normatiza o processo de descentralização da gestão florestal da União para os Estados e Municípios.

Em 2011, o Congresso Nacional discutiu a modificação do Código Florestal Brasileiro de 1965. Em 25 de maio de 2012, a Lei nº 12.651 entrou em vigor impondo mudanças ao antigo Código Florestal. Foram alteradas as definições de larguras mínimas de áreas de preservação permanente ao longo das faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, prevista no Código Florestal desde 1965. Nesta lei definiu-se os percentuais e localizações de APPs, nos quais as zonas ripárias se enquadram. No art. 3º parágrafo II desta lei há a definição de APP: II - Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

3.3 Recuperação de áreas degradadas de mata ciliar

O Decreto Federal 97.632/89 define o conceito de degradação ambiental como: “[...]processos resultantes de danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade produtiva dos recursos naturais [...]”.

Martins (2001), citado por Castro et al. (2012, p.14), afirma que:

Um ecossistema torna-se degradado quando perde sua capacidade de recuperação natural após distúrbios e, dependendo da intensidade do distúrbio, fatores indispensáveis para a manutenção da resiliência como, banco de sementes, banco de plântulas, capacidade de rebrota das espécies, chuva de sementes, dentre outros, podem ser perdidos, dificultando o processo de regeneração natural ou tornando-o

extremamente lento (MARTINS, 2001 *apud* CASTRO et al., 2012, p. 14)

A restauração de áreas degradadas tem o objetivo de reparar e prevenir as perdas de biodiversidade e de processos ecológicos, pois inclui os serviços ecossistêmicos, que influenciam diretamente o bem-estar das pessoas (CASTRO et al., 2012).

De acordo com Aquino et al. (2012), a mata ciliar se torna degradada ao perder sua capacidade de regeneração natural após algum distúrbio. Nestas áreas, podem ser encontradas situações com pouca, média ou muita degradação. A queda natural e/ou a derrubada de algumas árvores caracterizam áreas pouca degradadas. As áreas com média a muita degradação são derivadas de queimadas, corte e derrubada de diversas árvores, deposição de lixo, ocupação de áreas impróprias para o cultivo, entre outros.

Durigan e Silveira (1999) asseveram que grandes avanços técnico-científicos foram alcançados nos últimos tempos, com a intensificação das pesquisas em recuperação de matas ciliares, pois, inicialmente, adotavam-se reflorestamentos totalmente aleatórios, sem modelo estrutural definido, sem preocupação com as espécies e proporção entre elas. Mas, a partir dos anos 1980, houve evolução para modelos mais elaborados, a partir dos processos de sucessão secundária e da composição e estrutura das florestas naturais.

A escolha do melhor método de recuperação de áreas degradadas de mata ciliar pressupõe o conhecimento detalhado do ecossistema, pois as matas ciliares apresentam grande heterogeneidade florística, ao ocuparem diferentes ambientes ao longo das margens. Deve se levar em conta, também, a fauna dessas áreas, pois a interação entre plantas e animais é determinante para a estruturação do ecossistema, por meio de relações ecológicas fundamentais, tais como a polinização, dispersão de sementes, herbivoria e predação (KAGEYAMA et al., 2001).

A recuperação da vegetação das matas ciliares pode ser realizada por meio da regeneração natural e da regeneração artificial. A regeneração natural consiste em deixar os processos naturais atuarem na restauração da área, sem que haja interferência antrópica (AQUINO et al., 2012), ao se basear no princípio da sucessão secundária, que se encarrega de promover a colonização da área

aberta e conduz a vegetação, por meio de uma série de estádios sucessionais (MARTINS, 2007). Este método apresenta baixa custo e depende da intensidade do distúrbio, pois fatores indispensáveis para a sucessão, como banco de sementes, banco de plântulas, capacidade de rebrota das espécies, chuva de sementes, dentre outros, podem ser perdidos, o que dificulta o processo de regeneração e o torna extremamente lento. Já a regeneração artificial, ou restauração induzida, conforme Aquino et al. (2012), consiste em recompor o solo, semear, plantar mudas, entre outras ações, que promovam o retorno da vegetação nativa e dos animais. Para tanto, é necessário selecionar as espécies nativas que serão plantadas ou semeadas, ao utilizar, preferencialmente, espécies que ocorram naturalmente na região. Possui custo elevado para o estabelecimento e a utilização intensiva de mão-de-obra e equipamentos.

Em muitas áreas ciliares, o processo de degradação pode ser agravado com a redução da fertilidade do solo, devido à prática de queimadas e pela compactação do solo ocasionada pelo pisoteio do gado e pelo trânsito de máquinas agrícolas (MARTINS, 2007). Neste sentido, o processo de regeneração natural para matas ciliares pode se tornar inviável, uma vez que o processo é lento e que, na maioria das áreas degradadas, a necessidade de proteção do solo e do curso d'água torna-se urgente. Por esta razão, devem ser adotadas medidas e técnicas que acelerem a sucessão ecológica, para a formação de floresta em área ciliar num curto período (CASTRO et al., 2012).

Em detrimento ao avançado grau de perturbação que assola as formações florestais, para Kageyama et al. (2003), a regeneração artificial é prioritária para a recuperação de áreas degradadas. Barnett e Baker (1991) elencam algumas vantagens no método de regeneração artificial, tais como: o bom controle sobre a densidade, sobre o espaçamento do povoamento e o uso de material geneticamente superior. A regeneração artificial, por meio do plantio de mudas ou pela semeadura direta, pode ser utilizada em área total, em locais onde não há vegetação arbórea e dentro de sistemas de enriquecimento (DAVIDE, 2000; BOTELHO, 2002).

A seleção das espécies para o sucesso da regeneração artificial de matas ciliares é fundamental. Salvador (1989) esclarece que a utilização de espécies vegetais adequadas na restauração, é uma necessidade urgente e imprescindível para a conservação dos recursos hídricos de bacias hidrográficas

alteradas. Aquino et al. (2012) recomendam selecionar o maior número possível de espécies de plantas nativas, com ocorrência na mesma bacia hidrográfica ou da região e plantar espécies atrativas para animais, que realizam a dispersão do pólen e de sementes.

Kageyama et al. (2001) elucidam que a recomendação do uso de espécies nativas deve-se ao fato de que aquelas que evoluíram no mesmo local têm mais probabilidade de ter aí os seus polinizadores naturais, importantes para que as populações implantadas tenham suas reproduções e regeneração natural garantidas.

Todos os métodos de recuperação, sejam naturais ou artificiais, têm limitações, impostas pelas características ambientais da área a ser recuperada. Por esta razão, técnicas de manejo podem ser adotadas. Aquino et al. (2012) recomendam: isolamento da área por meio de cercas ou construção/manutenção de aceiros; abertura de covas, com largura e profundidade suficiente para o plantio de mudas; correção do solo, quando recomendado por um profissional da área; adubação das covas ou do solo; uso de cobertura orgânica morta sobre o solo, para a garantia de umidade e diminuição da temperatura; estabelecimento de curvas de nível; controle de formigas e controle de plantas competidoras.

Durigan e Silveira (1999) ressaltam que, nas regiões de Cerrado, os reflorestamentos das áreas ciliares podem ser extremamente difíceis. Isto se deve ao fato dos solos, nessas áreas, serem pobres em nutrientes, ácidos, com elevada saturação de alumínio e, muitas vezes, com drenagem deficiente. Por esta razão existem poucas informações disponíveis sobre a vegetação natural das margens dos rios, e ainda menos resultados, de pesquisas disponíveis sobre técnicas de revegetação no Cerrado.

3.4 Recomposição florestal da mata ciliar da FEPE/FEIS

A Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FEIS/UNESP), localiza-se à margem direita do Rio Paraná, no município de Selvíria, estado de Mato Grosso do Sul. A sua vegetação original era do tipo “Cerradão” (SILVA et al., 2016). No ano de 1977, a área foi cedida

pela Companhia Energética de São Paulo (CESP), em comodato para a UNESP, para que fossem desenvolvidas pesquisas agrônômicas. Neste mesmo ano, foi iniciado o desflorestamento de toda a área cedida, até a margem do rio Paraná, que sofreu intensiva mecanização agrícola para o plantio de arroz (SILVA et al., 2016).

Diante da necessidade de se implantar uma APP à margem do lago da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira (UHE-IS), em cumprimento à legislação vigente na época, foi realizado, após várias tentativas, o plantio de mudas, fornecidas pela CESP (SILVA et al., 2016). O reflorestamento ciliar foi feito nos meses de fevereiro e março de 1986 em uma área total de 9,5 ha. O plantio foi realizado em módulos, compreendidos em dois modelos com números diferentes de espécies. O modelo I, composto por 21 espécies plantadas, em 36 módulos/progênies; e o modelo II, com 14 espécies, em 13 módulos/progênies, em espaçamento 2 x 3 m, com 11 linhas de plantio (SILVA et al., 2016).

De acordo com Silva (1992), a escolha das mudas ocorreu pelo fato de que as espécies nativas seriam menos exigentes e mais resistentes. Devido à ausência de mudas de nativas no mercado, foram realizadas coletas e construídas as sementeiras. Silva (1992), ainda, relata que as coletas não seguiram orientação científica e também não houve acompanhamento taxonômico, o que leva a crer que as espécies plantadas talvez não sejam exclusivamente nativas. Por esta razão foi utilizada a nomenclatura "espécies de circum-região".

3.5 A espécie *Myracrodruon urundeuva* (M. Allemão)

M. urundeuva (Anacardiaceae), com sinonímia *Astronium urundeuva* (Fr. Allem.) Engl., é conhecida também pelos nomes populares: almecega, aroeira, aroeira d'água, aroeira-da-serra, aroeira-do-campo, aroeira-do-cerrado, aroeira-do-sertão, aroeira-preta, pandeiro, arindeúva, orindeúva, urindeúva, urundeúva, no Brasil (CARVALHO, 2003). Na Bolívia, é conhecida como *cuchi*; no Paraguai, por *urundeh-mi*, *urunde-i* e *urundei-mi*, e na Argentina, como *urundel* (FLÖRSHEIM; TOMAZELLO, 1994).

O termo *Myracrodruon* vem de *myra*, bálsamo; *urundeuva* é nome guarani (*uba* = árvore). A palavra aroeira significa "árvore da arara", por ser a árvore em

que, de preferência, essa ave pousa e vive (BRAGA, 1976, citado por CARVALHO, 2003).

De acordo com o Sistema de Classificação APG III (THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP, 2009), a taxonomia de *M. urundeuva* obedece aos seguintes clados hierárquicos: Angiospermae, Eudicotiledoneas superiores, Malvidae/Roside II, Ordem: Sapindales, Família: Anacardiaceae, Espécie: *Myracrodruon urundeuva* (M. Allemão).

Apresenta ampla distribuição geográfica (Figura 1), encontrada em quase todo o Brasil. Sua distribuição natural se estende pelas Regiões Nordeste, Sudeste e Centro Oeste, até as regiões de Chaco na Bolívia, Argentina e Paraguai, (SANTIN; LEITÃO-FILHO, 1991; LORENZI, 1992; CARVALHO, 2003). Essa espécie é encontrada em diferentes formações florestais: desde a Floresta Estacional Semidecidual; Floresta Estacional Decidual, Cerrado e Cerradão, Caatinga, Chaco Sul-mato-grossense e Pantanal Mato-grossense (CARVALHO, 1994).

Devido às grandes devastações e fragmentação das florestas, na região Centro-Sul, principalmente no estado de São Paulo, não se observa a presença da espécie em grandes proporções, em seu estado silvestre, exceto em reservas estaduais e particulares (MORAES et al., 2005).

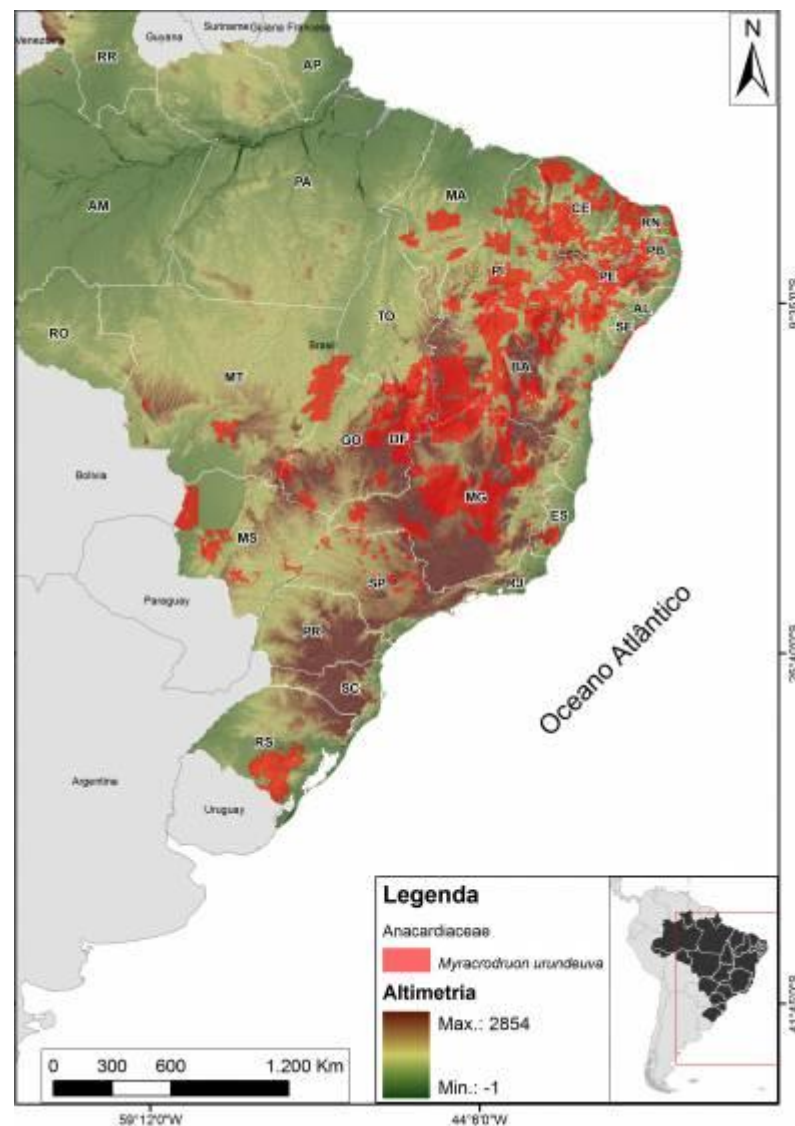
A espécie exibe comportamento arbóreo e é possível observar diferenças em seu porte, principalmente nas regiões em que ocorre naturalmente, capaz de atingir 30 metros de altura (RIZZINI, 1971) e 100 cm de diâmetro a altura do peito (DAP) (NOGUEIRA, 2010). No Brasil, ocorre em altitude de 18 metros, no Rio Grande do Norte, a 1.200 metros, no Distrito Federal (CARVALHO, 2003).

A espécie exibe comportamento arbóreo e é possível observar diferenças em seu porte, principalmente nas regiões em que ocorre naturalmente, capaz de atingir 30 metros de altura (RIZZINI, 1971) e 100 cm de diâmetro a altura do peito (DAP) (NOGUEIRA, 2010). No Brasil, ocorre em altitude de 18 metros, no Rio Grande do Norte, a 1.200 metros, no Distrito Federal (CARVALHO, 2003).

Segundo Nogueira (1977), é uma árvore longa e grande. Decídua, heliófita e seletiva xerófita (LORENZI, 1992). Sua classificação, segundo o grupo ecológico, é de espécie secundária tardia (FERRETTI et al., 1995), mas também pode ser classificada como secundária ou pioneira antrópica: secundárias e

normalmente raras na floresta primária, mas que, em áreas antrópicas fazem o papel de pioneiras (KAGEYAMA et al., 2001).

Figura 1 - Distribuição geográfica de *Myracrodruon urundeuva* pelo território brasileiro.



Fonte: CNCFlora. *Myracrodruon urundeuva* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.

Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Myracrodruon urundeuva](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Myracrodruon%20urundeuva)> .

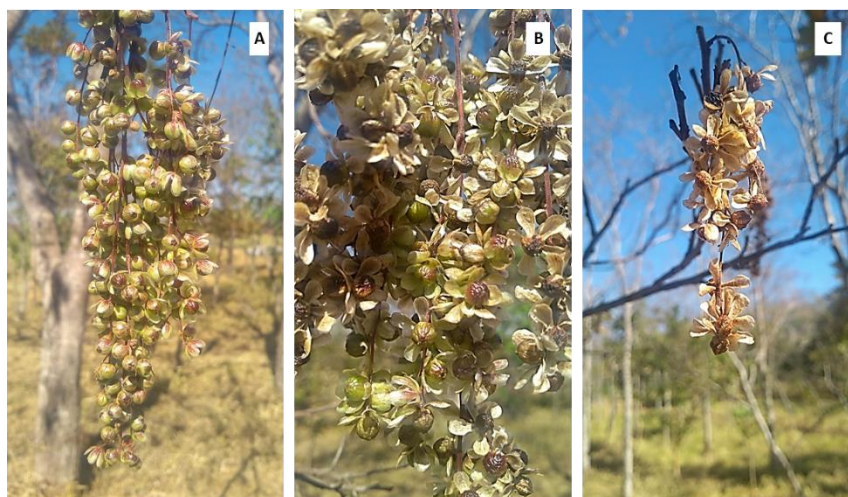
Segundo Nogueira (1977), é uma árvore longa e grande. Decídua, heliófita e seletiva xerófita (LORENZI, 1992). Sua classificação, segundo o grupo ecológico, é de espécie secundária tardia (FERRETTI et al., 1995), mas também pode ser classificada como secundária ou pioneira antrópica: secundárias e

normalmente raras na floresta primária, mas que, em áreas antrópicas fazem o papel de pioneiras (KAGEYAMA et al., 2001).

Considerada dioica, mas já foram observados casos de monoicia (NOGUEIRA et al., 1982) e ocorrência de hermafroditismo, juntamente com dioicia (CARVALHO, 1994). Seu florescimento ocorre na estação seca, entre os meses de julho e setembro; a maturação dos seus frutos, de setembro a outubro (LORENZI, 1992). Na estação chuvosa ocorre o brotamento da espécie (NUNES et al., 2008). No entanto, apresenta fenofases reprodutiva e vegetativa influenciadas pelas variáveis ambientais precipitação e temperatura. Por esta razão, a floração é ampla e variada, com ocorrência em períodos distintos, nas diversas regiões: em janeiro, em Pernambuco; de março a abril, no Ceará; de maio a julho, em Minas Gerais; de junho a agosto, em São Paulo; de julho a agosto, no Distrito Federal; de agosto a setembro, no Mato Grosso do Sul e em outubro, no Rio Grande do Norte (CARVALHO, 1994).

A polinização é entomófila, realizada principalmente por abelhas, e a dispersão dos diásporos, agrupados em cachos pendentes, é anemocórica (SANTIN; LEITÃO FILHO, 1991). Os frutos são do tipo drupas globosas ou ovóides, com cálice persistente (Figura 2), considerado um fruto-semente (FELICIANO et al., 2008). A semente é única, desprovida de endosperma, possui comportamento ortodoxo (MEDEIROS, 1996) e sem dormência (NUNES et al., 2008).

Figura 2 – Estágios de frutificação de *Myracrodruon urundeuva*: a) frutos verdes; b) frutos intermediários; c) frutos maduros.



Fonte: autoria própria (2021).

As folhas são alternas, imparipinadas, com folíolos ovados, de base desigual (Figura 3). Quando maduras, são atrativas para animais herbívoros. Apresenta casca íntegra, cinzenta, com lenticelas nas árvores jovens, e castanho-escuro com placas escamiformes nas árvores adultas (FLÖRSHEIM; TOMAZELLO, 1994).

Figura 3 - Prancha de *Myracrodruon urundeuva*.



A = folha, B = inflorescência feminina e C = fruto.

Fonte: Flörsheim e Tomazello (1994).

Tem reconhecido valor econômico devido a sua madeira, de alta durabilidade e resistência (LORENZI, 2008; NOGUEIRA, 2010). Além disso, possui propriedades anti-inflamatórias e curativas, o que justifica a sua ampla utilização farmacológica (LUCENA et al., 2008; RAMOS et al., 2008; ROQUE et al., 2010; SILVA et al., 2012; MONTEIRO et al., 2014; VIANA et al., 2014). Todas essas propriedades apresentadas tornam a espécie atrativa aos olhos humanos, que a exploram de forma predatória, o que, associado à devastação de seus habitats, promove o comprometimento de suas populações naturais, e, portanto, requer estudos para garantir sua conservação (ANDRADE et al., 2013).

As populações naturais de *M. urundeuva* tem sido eliminadas arbitrariamente, pela exploração humana, e por apresentar crescimento lento,

seu plantio comercial é desestimulado (FONSECA et al., 2003), o que pode causar perda de diversidade genética e se concretizar como ameaça a sua sobrevivência.

3.6 Conservação genética *ex situ*

Os ecossistemas naturais representam fonte imensa de recursos genéticos. No entanto, as populações naturais, principalmente as de interesse econômico, são alvos da ação humana e tem sido eliminadas arbitrariamente, o que provoca perdas de diversidade genética e extinção de espécies. Logo, com a finalidade de reverter este quadro e ter-se uma maior garantia da sobrevivência dessas populações faz-se necessária a conservação *ex situ* de seus germoplasmas, o que garante a manutenção de genes ou complexos de genes em condições artificiais, fora do seu habitat natural (PAIVA; VALOIS, 2001).

A conservação genética *ex situ* implica na manutenção de genes ou complexos de genes em condições artificiais, fora do seu habitat natural (PAIVA, 1994). Pode ser feita por meio de coleções permanentes de pólen, sementes, culturas de tecidos, ou coleções de plantas mantidas em campo, entre outros (PAIVA; VALOIS, 2001). Deste modo, é possível manter amostras representativas de populações com quantidade suficiente de alelos e combinações gênicas, para que, após sua caracterização, avaliação e multiplicação, estejam disponíveis para o melhoramento genético, a conservação e às pesquisas correlatas (LLERAS, 1992; VALOIS et al., 2001).

A importância dessa estratégia de conservação não se faz presente apenas na manutenção da variabilidade da espécie perante o panorama de desflorestamento das populações naturais, mas também para o desenvolvimento do melhoramento genético, com a adaptação de genótipos aos diferentes ambientes (SILVA, 2019).

A maior ameaça à diversidade biológica é a perda de habitat, o que faz necessária a adoção de estratégias para a conservação das espécies (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Neste sentido, o reflorestamento ciliar pode ser utilizado para a conservação *ex situ* das espécies, pois apresenta multifuncionalidade, além de exercer a proteção dos corpos d'água, proteção e produção de alimentos para a fauna e funcionar como corredor ecológico, o

reflorestamento passa a ser um banco de germoplasma com a finalidade de abastecer outros reflorestamentos, sem a perda do material genético com o decorrer dos anos (SILVA, 2007). Ademais, permite que toda a comunidade conservada possa evoluir, o que também inclui a coevolução entre plantas, animais e microrganismos (KAGEYAMA et al., 2001).

Aguiar et al. (2013) relataram que o sucesso de qualquer estratégia de conservação depende do conhecimento da manutenção da variabilidade genética. Para tanto, as estimativas dos coeficientes de variação genética são fundamentais, pois indicam se o material conservado reteve parte substancial da variação genética das procedências, quanto aos caracteres avaliados (SEBBENN et al., 2009). Ademais, os avanços nas técnicas de biologia molecular abriram novas perspectivas para os estudos populacionais, pois as espécies podem ser analisadas na escala do DNA.

3.7 Marcadores moleculares microssatélites

A avaliação da diversidade genética é considerada vital para a formulação de estratégias de conservação, principalmente para espécies ameaçadas de extinção. Somente com a conservação da diversidade genética podem ser mantidos os processos evolutivos atuantes nas populações (GLASENAPP et al., 2014).

A genética quantitativa e os marcadores moleculares, conforme Melo (2016), são ferramentas fundamentais para estudos sobre diversidade e estrutura genética de populações. Tais ferramentas auxiliam no manejo de populações naturais e recuperação de áreas degradadas, para fins de conservação e futuros programas de melhoramento de espécies florestais. Melo (2016) abordou a diversidade genética, estrutura genética espacial, sistema de reprodução e fluxo gênico do Jenipapo (*Genipa americana* Linnaeus), utilizando marcadores microssatélites; Berti et al. (2017) estimaram a diversidade genética de populações naturais de Baru (*Dipteryx alata*) localizadas nos municípios de Brasilândia/MS, Indiará/GO e Itarumã/GO; Alcantara (2019) estimou a diversidade genética e índice de fixação em oito locos microssatélites de regenerantes de Gonçalves (*Astronium fraxinifolium* Schott) em área degradada de Cerrado; Rolim (2021) caracterizou a variabilidade genética em

árvores de Copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne) de plantação e população natural com o uso marcadores microssatélites heterólogos.

De acordo com Ferreira e Grattapaglia (1998), os marcadores moleculares são definidos como qualquer fenótipo molecular, originado de um gene ou de um segmento específico de DNA. São utilizados em análises genéticas: na identificação de clones, cultivares e genes de interesse para o melhoramento genético; nas estimativas da diversidade genética, fluxo gênico e taxas de cruzamento; na construção de mapas genéticos (KARP, 1997; BUSO et al., 2003).

Os marcadores de DNA são empregados na análise de variações genotípicas (polimorfismos) dentro da sequência nucleotídica, ao incluir inserções, deleções, translocações, duplicações e mutações pontuais, e oferecem várias vantagens em relação aos marcadores fenotípicos: i) podem ser encontrados em muitas partes do genoma (introns, éxons e regiões reguladoras); ii) são estáveis e detectáveis em todos os tecidos, em qualquer estágio do desenvolvimento; iii) são geralmente neutros, não afetados pelo ambiente e iv) alguns são codominantes, o que permite distinguir indivíduos homo e heterozigotos (MONDINI et al., 2009)

Características como grau de polimorfismo, número de locos, reprodutibilidade, praticidade e custo devem ser levadas em conta na seleção dos marcadores (MONDINI et al., 2009). Desta forma, os marcadores mais utilizados em estudos de polimorfismo entre indivíduos ou sequências de DNA são os microssatélites (ou *Simple Sequence Repeats*, SSR), pois, ao analisar um maior número de locos, permitem maior cobertura do genoma (PÉREZ DE LA VEGA; GARCIA, 2000; SCHULMAN, 2007).

Esta técnica se baseia na utilização de pares de *primers* na Reação em Cadeia pela Polimerase (PCR), a fim de detectar variações em locos de sequências repetidas de até seis nucleotídeos, pareados lado a lado, no genoma de eucariotos. Essas variações no número de repetições estão relacionadas ao comprimento do segmento detectado pela PCR e na separação de fragmentos, amplificados em gel de eletroforese (BUSO et al., 2003).

O uso de marcadores moleculares em estudos de genética de populações de espécies arbóreas tem se mostrado eficaz. Recentemente, Souza et al. (2018) utilizaram microssatélites na análise de *M. urundeuva* em populações de

biomas diferentes, cujos resultados enfatizaram a importância desses marcadores em estudos de genética de populações, além de sua contribuição para a caracterização genética das espécies em fragmentos florestais.

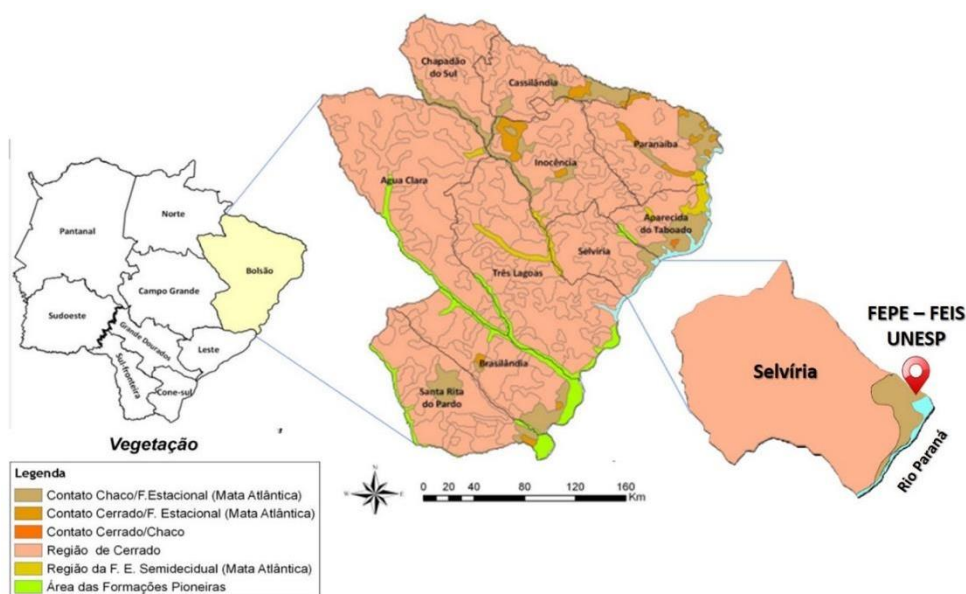
Com o desenvolvimento de novas técnicas de sequenciamento, a caracterização por microssatélites tornou-se mais rápida e mais eficiente, o que permite a identificação de milhares de locos apenas em uma corrida (SOUZA et al., 2018).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na área de mata ciliar à margem direita do reservatório da Hidrelétrica de Ilha Solteira (APP), pertencente à Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia, da Universidade Estadual Paulista, Campus de Ilha Solteira (FEIS/UNESP), no município de Selvíria–MS (22°22' latitude S, 51°22' longitude W), com altitude de 335 m. Sua vegetação original era do tipo “Cerradão” (Figura 4) (SILVA et al., 2016), caracterizada por sub-bosque formado por pequenos arbustos e ervas, com poucas gramíneas e também por espécies florestais, particularmente as da Mata Seca Semidecídua e da Mata de Galeria não-Inundável (SANO et al., 2008). O solo é classificado como Latossolo Vermelho Escuro, segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018). O clima local é considerado tropical, com inverno seco, do tipo Aw no sistema de classificação de Köppen (ALVARES et al., 2014), temperatura média anual de 26,2 °C e precipitação anual de 964,8 mm (UNESP, 2021).

Figura 4 – Localização e vegetação predominante no município de Selvíria, no estado do Mato Grosso do Sul.



Fonte: SEMAC/MS (2011).

Em meados de 1977, houve o desflorestamento de toda a área da FEPE, até a margem direita do rio Paraná, que sofreu intensiva mecanização agrícola para o plantio de arroz (SILVA et al., 2016).

A operação de plantio ocorreu entre os meses de fevereiro e março de 1986, com o plantio de mudas doadas pela CESP, atual Auren Energia, em módulos/progênieis compreendidos em dois modelos, com números diferentes de espécies, em uma área total de 9,5 ha (Figura 5). O modelo I, é composto por 21 espécies plantadas; e o modelo II, por 14 espécies.

Figura 5 – Representação da distribuição dos módulos/progênieis (M1 à M13) do reflorestamento ciliar na FEPE, em Selvíria-MS.



Fonte: Google Earth, 2021.

Esta pesquisa ficou concentrada no modelo II do reflorestamento ciliar, com aproximadamente 1,2 ha. É composto por 14 espécies (Tabela 1), distribuídas aleatoriamente, em cada uma das 11 linhas, que compõem os 13 módulos/progênieis. O espaçamento empregado foi de 2 x 3 m, com uma planta por parcela, sem delineamento experimental.

Tabela 1 - Espécies utilizadas no reflorestamento ciliar, à margem do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira, nos módulos/progênes analisados neste estudo.

IDT	Nome científico	Nome vulgar	Família/ Subfamília	Ocorrência Cerrado	Grupo ecológico
1	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg	Angico-roxo	Fabaceae	Nativa (MG, MS, CE)	Pi, Si
2	<i>Myracrodruon urundeuva</i> M. Allemão	Aroeira	Anacardiaceae	Nativa (MC, MS CE, CT, CR)	Pi, St
3	<i>Cordia ecalyculata</i> Vell.	Café-de-bugre	Boraginaceae	Exótica (Mata Atlântica)	Pi, Si
4	<i>Mabea fistulifera</i> Mart.	Canudo-de-pito	Euphorbiaceae	Nativa (MC, MG)	Pi
5	<i>Terminalia argentea</i> Mart. & Zucc.	Capitão-do-campo	Combretaceae	Nativa (MS, CE, CT)	Pi
6	<i>Genipa americana</i> L.	Jenipapo	Rubiaceae	Nativa (MC, MG, MS, CE)	Pi
7	<i>Inga marginata</i> Willd	Ingá feijão	Fabaceae	Nativa (MC, MG, MS)	Pi, Si, Cl
8	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	Ipê-do-cerrado	Bignoniaceae	Nativa (CT, CR)	Si
9	<i>Handroanthus heptaphyllus</i> (Vell.) Mattos	Ipê-rosa	Bignoniaceae	Nativa (MC, MG)	Si
10	<i>Magnolia champaca</i> (L.) Baill. ex Pierre	Magnólia-amarela	Magnoliaceae	Exótica (Índia, Himalaia)	In
11	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	Nespereira	Rosaceae	Exótica (Japão)	In
12	<i>Adenanthera pavonina</i> L.	Olho-de-dragão	Fabaceae	Exótica (Índia e sul da China)	Pi
13	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Leucena	Fabaceae	Exótica (América Central)	Pi
14	<i>Melia azedarach</i> L.	Santa-bárbara	Meliaceae	Exótica (Índia, China e Taiwan)	Pi

IDT: identificação utilizada no campo. Ocorrência: Mata de Galeria (MG), Mata Ciliar (MC), Mata Seca (MS) e Cerradão (CE), Cerrado Típico (CT), Cerrado Rupestre (CR), (RIBEIRO et al., 2018). Grupo ecológico: Pioneira (Pi), Secundária inicial (Si), Secundária tardia (St), Clímax (Cl), Indeterminado (In). A identificação da nomenclatura botânica de todas as espécies foi conferida na Lista de Espécies da Flora do Brasil (<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br>>).

As sementes de *M. urundeuva* utilizadas para a produção de mudas, fornecidas pela CESP, foram coletadas em 13 árvores de polinização livre, em uma população de Ilha Solteira-SP. Em seguida, as sementes foram misturadas ao acaso, durante o beneficiamento, formaram um *bulk*, em que foram retiradas 13 amostras, a fim de representar a população amostrada. De cada amostra, foram utilizadas 11 mudas, plantadas em 11 arranjos (combinações diferentes de *M. urundeuva* com outras espécies) (Tabela 2), dentro de cada um dos 13 módulos/progênes do reflorestamento ciliar (Figura 6).

Tabela 2 - Composição de espécies dos arranjos com *Myracrodruon urundeuva* (2ⁿ = n° do arranjo), em área de reflorestamento ciliar, aos 34 anos de idade, em Selvíria-MS.

Arranjo (2 ⁿ)	Nome científico	Nome vulgar	Família/ Subfamília	Ocorrência Cerrado	Grupo ecológico
2 ¹	<i>Anadenanthera peregrina</i>	Angico-roxo	Fabaceae	Nativa (MG, MS, CE)	Pi, Si
	<i>Mabea fistulifera</i>	Canudo-de-pito	Euphorbiaceae	Nativa (MC, MG)	Pi
	<i>Adenanthera pavonina</i>	Olho-de-dragão	Fabaceae	Exótica (Índia e sul da China)	Pi
	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucena	Fabaceae	Exótica (América Central)	Pi
2 ²	<i>Cordia ecalyculata</i>	Café-de-bugre	Boraginaceae	Exótica (Mata Atlântica)	Pi, Si
	<i>Mabea fistulifera</i>	Canudo-de-pito	Euphorbiaceae	Nativa (MC, MG)	Pi
	<i>Genipa americana</i>	Jenipapo	Rubiacea	Nativa (MC, MG, MS, CE)	Pi
	<i>Inga marginata</i>	Ingá feijão	Fabaceae	Nativa (MC, MG, MS)	Pi, Si, Cl
	<i>Handroanthus ochraceus</i>	Ipê-do-cerrado	Bignoniaceae	Nativa (CT, CR)	Si
	<i>Adenanthera pavonina</i>	Olho-de-dragão	Fabaceae	Exótica (Índia e sul da China)	Pi

Arranjo (2 ⁿ)	Nome científico	Nome vulgar	Família/ Subfamília	Ocorrência Cerrado	Grupo ecológico
2 ³	<i>Anadenanthera peregrina</i>	Angico-roxo	Fabaceae	Nativa (MG, MS, CE)	Pi, Si
	<i>Cordia ecalyculata</i>	Café-de-bugre	Boraginaceae	Exótica (Mata Atlântica)	Pi, Si
	<i>Mabea fistulifera</i>	Canudo-de-pito	Euphorbiaceae	Nativa (MC, MG)	Pi
	<i>Terminalia argentea</i>	Capitão-do-campo	Combretaceae	Nativa (MS, CE, CT)	Pi
	<i>Inga marginata</i>	Ingá feijão	Fabaceae	Nativa (MC, MG, MS)	Pi, Si, Cl
	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Ipê-rosa	Bignoniaceae	Nativa (MC, MG)	Si
2 ⁴	<i>Adenanthera pavonina</i>	Olho-de-dragão	Fabaceae	Exótica (Índia e sul da China)	Pi
	<i>Anadenanthera peregrina</i>	Angico-roxo	Fabaceae	Nativa (MG, MS, CE)	Pi, Si
	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Aroeira	Anacardiaceae	Nativa (MC, MS CE, CT, CR)	Pi, St
	<i>Genipa americana</i>	Jenipapo	Rubiacea	Nativa (MC, MG, MS, CE)	Pi
	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Ipê-rosa	Bignoniaceae	Nativa (MC, MG)	Si
	<i>Magnolia champaca</i>	Magnólia-amarela	Magnoliaceae	Exótica (Índia, Himalaia)	In
	<i>Eriobotrya japonica</i>	Nespereira	Rosaceae	Exótica (Japão)	In
2 ⁵	<i>Melia azedarach</i>	Santa-bárbara	Meliaceae	Exótica (Índia, China e Taiwan)	Pi
	<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg	Angico-roxo	Fabaceae	Nativa (MG, MS, CE)	Pi, Si
	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Aroeira	Anacardiaceae	Nativa (MC, MS CE, CT, CR)	Pi, St

Arranjo (2 ⁿ)	Nome científico	Nome vulgar	Família/ Subfamília	Ocorrência Cerrado	Grupo ecológico
	<i>Mabea fistulifera</i>	Canudo-de-pito	Euphorbiaceae	Nativa (MC, MG)	Pi
	<i>Inga marginata</i>	Ingá feijão	Fabaceae	Nativa (MC, MG, MS)	Pi, Si, Cl
	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Ipê-rosa	Bignoniaceae	Nativa (MC, MG)	Si
	<i>Eriobotrya japonica</i>	Nespereira	Rosaceae	Exótica (Japão)	In
	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucena	Fabaceae	Exótica (América Central)	Pi
2 ⁶	<i>Cordia ecalyculata</i>	Café-de-bugre	Boraginaceae	Exótica (Mata Atlântica)	Pi, Si
	<i>Genipa americana</i>	Jenipapo	Rubiaceae	Nativa (MC, MG, MS, CE)	Pi
	<i>Inga marginata</i>	Ingá feijão	Fabaceae	Nativa (MC, MG, MS)	Pi, Si, Cl
	<i>Handroanthus ochraceus</i>	Ipê-do-cerrado	Bignoniaceae	Nativa (CT, CR)	Si
	<i>Eriobotrya japonica</i>	Nespereira	Rosaceae	Exótica (Japão)	In
	<i>Adenanthera pavonina</i>	Olho-de-dragão	Fabaceae	Exótica (Índia e sul da China)	Pi
2 ⁷	<i>Terminalia argentea</i>	Capitão-do-campo	Combretaceae	Nativa (MS, CE, CT)	Pi
	<i>Genipa americana</i>	Jenipapo	Rubiaceae	Nativa (MC, MG, MS, CE)	Pi
	<i>Inga marginata</i>	Ingá feijão	Fabaceae	Nativa (MC, MG, MS)	Pi, Si, Cl
	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Ipê-rosa	Bignoniaceae	Nativa (MC, MG)	Si
	<i>Magnolia champaca</i>	Magnólia-amarela	Magnoliaceae	Exótica (Índia, Himalaia)	In
	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucena	Fabaceae	Exótica (América Central)	Pi

Arranjo (2 ⁿ)	Nome científico	Nome vulgar	Família/ Subfamília	Ocorrência Cerrado	Grupo ecológico
2 ⁸	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Aroeira	Anacardiaceae	Nativa (MC, MS CE, CT, CR)	Pi, St
	<i>Cordia ecalyculata</i>	Café-de-bugre	Boraginaceae	Exótica (Mata Atlântica)	Pi, Si
	<i>Mabea fistulifera</i>	Canudo-de-pito	Euphorbiaceae	Nativa (MC, MG)	Pi
	<i>Genipa americana</i>	Jenipapo	Rubiaceae	Nativa (MC, MG, MS, CE)	Pi
	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Ipê-rosa	Bignoniaceae	Nativa (MC, MG)	Si
	<i>Magnolia champaca</i>	Magnólia-amarela	Magnoliaceae	Exótica (Índia, Himalaia)	In
	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucena	Fabaceae	Exótica (América Central)	Pi
2 ⁹	<i>Melia azedarach</i>	Santa-bárbara	Meliaceae	Exótica (Índia, China e Taiwan)	Pi
	<i>Anadenanthera peregrina</i>	Angico-roxo	Fabaceae	Nativa (MG, MS, CE)	Pi, Si
	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Aroeira	Anacardiaceae	Nativa (MC, MS CE, CT, CR)	Pi, St
	<i>Cordia ecalyculata</i>	Café-de-bugre	Boraginaceae	Exótica (Mata Atlântica)	Pi, Si
	<i>Terminalia argentea</i>	Capitão-do-campo	Combretaceae	Nativa (MS, CE, CT)	Pi
	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Ipê-rosa	Bignoniaceae	Nativa (MC, MG)	Si
	<i>Eriobotrya japonica</i>	Nespereira	Rosaceae	Exótica (Japão)	In
2 ¹⁰	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucena	Fabaceae	Exótica (América Central)	Pi
	<i>Anadenanthera peregrina</i>	Angico-roxo	Fabaceae	Nativa (MG, MS, CE)	Pi, Si

Arranjo (2 ⁿ)	Nome científico	Nome vulgar	Família/ Subfamília	Ocorrência Cerrado	Grupo ecológico
	<i>Cordia ecalyculata</i>	Café-de-bugre	Boraginaceae	Exótica (Mata Atlântica)	Pi, Si
	<i>Mabea fistulifera</i>	Canudo-de-pito	Euphorbiaceae	Nativa (MC, MG)	Pi
	<i>Genipa americana</i>	Jenipapo	Rubiaceae	Nativa (MC, MG, MS, CE)	Pi
	<i>Handroanthus ochraceus</i>	Ipê-do-cerrado	Bignoniaceae	Nativa (CT, CR)	Si
	<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Ipê-rosa	Bignoniaceae	Nativa (MC, MG)	Si
	<i>Adenanthera pavonina</i>	Olho-de-dragão	Fabaceae	Exótica (Índia e sul da China)	Pi
	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucena	Fabaceae	Exótica (América Central)	Pi
	<i>Anadenanthera peregrina</i>	Angico-roxo	Fabaceae	Nativa (MG, MS, CE)	Pi, Si
	<i>Eriobotrya japonica</i>	Nespereira	Rosaceae	Exótica (Japão)	In
2 ¹¹	<i>Adenanthera pavonina</i>	Olho-de-dragão	Fabaceae	Exótica (Índia e sul da China)	Pi
	<i>Melia azedarach</i>	Santa-bárbara	Meliaceae	Exótica (Índia, China e Taiwan)	Pi

Figura 6 - Croqui dos módulos/progênes utilizado no modelo II do reflorestamento à margem do reservatório da UHE-IS, com 11 arranjos distintos 2^(1 à 11) para *Myracrodruon urundeuva* em Selvíria, MS.

Linhas	Colunas														PROX. MOD
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	
L1	14	9	4	3	6	1	5	13	2 ¹	12	10	7	8	11	14
L2	9	11	8	2 ²	12	7	10	4	1	13	6	14	3	5	9
L3	9	11	7	12	4	3	8	6	10	14	13	5	1	2 ³	9
L4	7	6	14	8	13	5	10	9	2 ⁴	11	3	1	4	12	7
L5	10	8	7	3	6	4	12	1	2 ⁵	9	11	14	13	5	10
L6	11	8	2 ⁶	6	9	10	12	7	4	13	3	1	14	5	11
L7	5	12	11	7	2 ⁷	6	13	1	8	3	10	4	9	14	5
L8	9	11	1	7	13	5	4	8	14	10	12	6	2 ⁸	3	9
L9	1	14	5	11	7	9	6	4	3	8	12	10	13	2 ⁹	1
L10	9	3	7	14	12	1	2 ¹⁰	8	6	13	4	10	5	11	9
L11	1	8	6	11	2 ¹¹	12	13	3	4	10	5	14	7	9	1

Fonte: autoria própria (2021).

4.2 Caracteres silviculturais quantitativos

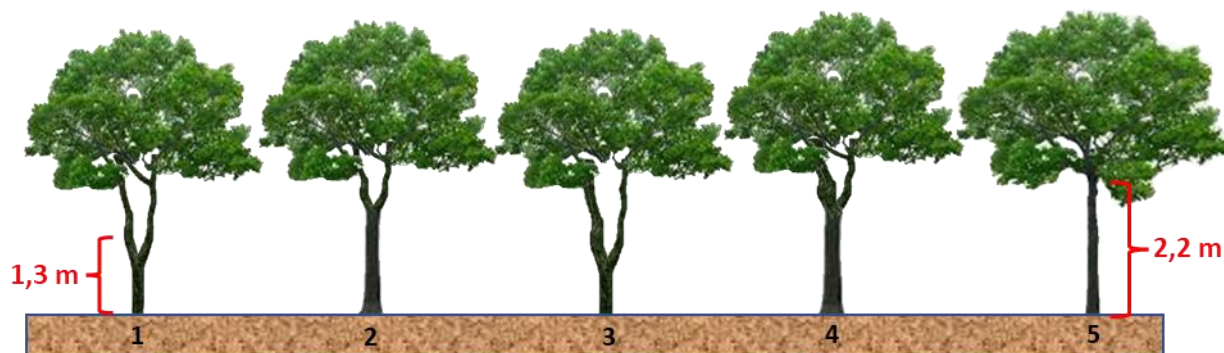
4.2.1 Mensuração dos caracteres silviculturais

No ano de 2020, 34 anos após o plantio do reflorestamento ciliar, foram avaliados os seguintes caracteres de crescimento, apenas em *M. urundeuva*: altura (ALT, m), diâmetro a altura do peito (DAP, cm), diâmetro médio da copa (DMC, m).

As coletas de dados ocorreram entre os meses de julho a outubro, pois, no início do referido período, *M. urundeuva* perde suas folhas, floresce e frutifica, o que facilita o reconhecimento do sexo da planta, com base na identificação visual das flores masculinas e femininas dentro da mata ciliar, e a mensuração da altura e DMC.

Para a medição da circunferência à altura do peito (CAP, cm), foi utilizada fita métrica. O DAP foi obtido pela seguinte expressão: $DAP = CAP/\pi$. A altura das árvores, bem como o DMC = $(L1+L2)/2$, em que L1: leitura do diâmetro da projeção da copa na linha, e L2: leitura do diâmetro da projeção da copa na entrelinha, foram mensurados com o auxílio do aparelho dendrométrico VERTEX II. Foram atribuídas notas para a qualidade do fuste: bifurcação (Figura 7) e tortuosidade (Figura 8), em que a forma é dada pela média entre as notas da bifurcação e da retidão do fuste, conforme Oliveira et al. (2000) e Cambuim (2013).

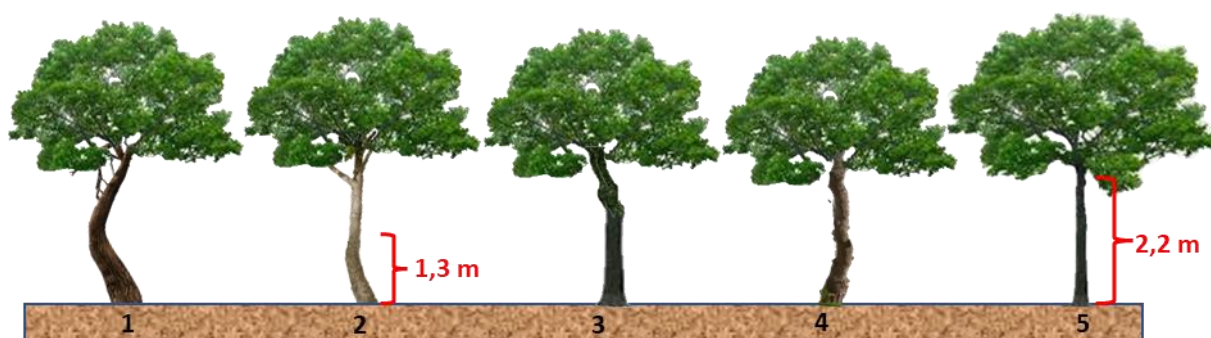
Figura 7 - Escala de atribuição de notas para bifurcação do fuste (até 2,20m) em *Myracrodruon urundeuva*.



- 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.

Fonte: adaptado de Oliveira et al. (2000) e Cambuim (2013).

Figura 8 - Escala de atribuição de notas para tortuosidade do fuste (até 2,20m) em *Myracrodruon urundeuva*.



- 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: adaptado de Oliveira et al. (2000) e Cambuim (2013).

4.2.1.1 Índice Combinado de Crescimento (ICC)

A partir das variáveis sobrevivência, altura e DAP, foi calculado o Índice Combinado de Crescimento (ICC), conforme Carvalho et al. (1999), dos arranjos formados pela espécie chave *M. urundeuva* (Tabela 2), e as demais espécies utilizadas na implantação da mata ciliar (Tabela 1). Com base no ICC, foi realizada a classificação dos melhores arranjos para o desenvolvimento de *M. urundeuva*.

Para o cálculo do Índice Combinado de Crescimento dos arranjos, foi utilizada a expressão:

$$ICC = n \cdot \underline{h} \cdot \underline{DAP}$$

(1)

em que: ICC (índice Combinado de Crescimento) = n (plantas vivas (%)) x $\underline{h}$ (altura média (m)) x $\underline{DAP}$ diâmetro médio a altura do peito (m), (CARVALHO et al., 1999).

4.2.1.2 Estatísticas de parâmetros genéticos

As análises estatísticas foram feitas a partir dos 11 arranjos (que representam as linhas e colunas, dentro dos módulos/progênies) e dos 13 módulos/progênies (amostras do *bulk*). Os componentes da variância e os parâmetros genéticos foram estimados via modelos lineares mistos, por meio do procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), no *software* SELEGEN- REML/BLUP – modelo 58 (1), adaptado a uma planta por parcela. Conforme a:

$$y = Xu + Zg + Wl + Tc + e \quad (2)$$

em que: y , u , g , l , c e e são os vetores de dados e os vetores dos efeitos de: média geral, genotípicos de linhas, de colunas e de erros, respectivamente. As letras: X , Z , W e T representam as matrizes de incidência dos referidos efeitos (RESENDE, 2007, 2016).

A partir deste modelo, foram estimados os seguintes parâmetros: 1. Variâncias: genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$), ambiental entre linhas ($\hat{\sigma}_l^2$) e entre colunas ($\hat{\sigma}_c^2$), residual ($\hat{\sigma}_e^2$) e fenotípica individual ($\hat{\sigma}_f^2$); 2. Herdabilidades: individual, dos efeitos genotípicos totais ($\hat{h}_g^2$), individual ajustada para os efeitos de linha e coluna ($\hat{h}_{aj}^2$); 3. Coeficientes de determinação: dos efeitos de linha ($\hat{c}_l^2$) e de colunas ($\hat{c}_c^2$); 4. Coeficientes de variação: genotípica entre progênies (CV_g) e residual (CV_e); $\hat{m}$, média geral; LRT, Teste de razão de verossimilhança dos genótipos, da parcela e das procedências; χ^2 , qui-quadrado da *deviance*. As expressões matemáticas desses parâmetros podem ser encontradas em: Vencovsky e Barriga (1992) e Resende (2002, 2007). Os genótipos selecionados tiveram por base os seus valores de BLUP, representado por “a”, no SELEGEN.

4.2.1.3 Análise de divergência genética

Após a análise dos dados silviculturais no modelo 58, foi utilizado o modelo 104, do SELEGEN para efetuar a análise de agrupamentos genéticos: divergência genética, para a obtenção das correlações genéticas entre os caracteres.

Medidas de dissimilaridade foram obtidas por meio da distância de Mahalanobis e com base nelas, foi realizado o agrupamento proposto por

Tocher. O dendrograma resultante; foi feito no *R* (R CORE TEAM, 2022), a partir dos pacotes *ggplot2* (WICKHAM, 2016), *ggdendro* (DE VRIES; RIPLEY, 2022) e *ggdendroplot* (HUBER, 2021).

4.2.1.4 Sobrevivência

A variável sobrevivência foi verificada ao considerarmos as árvores de *M. urundeuva* plantadas no estabelecimento da mata ciliar. Para tanto, os indivíduos vivos receberam o valor 1 (um) e os mortos o valor 0 (zero).

Após a análise estatística com o modelo 58, foi utilizada a média da sobrevivência por módulo/progênie, calculada pela razão entre o número de indivíduos sobreviventes por módulo/progênie, sobre o número total de indivíduos instalados no momento do plantio (11), multiplicado por 100%, com dado resultante em porcentagem, para a composição dos dados relativos à sobrevivência nos(as) módulos/progênies estudados(as).

4.3 Sexagem, tamanho efetivo e produção de diásporos

4.3.1 Sexagem

A sexagem foi realizada por conta da avaliação dos caracteres de desenvolvimento, com a necessidade de identificar os indivíduos com flores masculinas e/ou flores femininas. A verificação da sexagem foi realizada durante a decíduidade das folhas, no início do florescimento. Desta forma, a população objeto do estudo pode ser subdividida em florescimento masculino (M), florescimento feminino (F), monoicos (Mo) e sem florescimento (SF).

4.3.2 Tamanho efetivo da população

O tamanho efetivo (N_e) da população foi estimado de acordo com o número de indivíduos com flores masculinas e femininas na população. O N_e foi calculado de acordo com:

$$(3)$$

$$Ne = \frac{4.Nm.Nf}{Nm+Nf}$$

em que: N_m é o número total de plantas com florescimento masculino, e N_f é o número total com florescimento feminino.

Para estimar o tamanho efetivo individualmente de cada progênie (N_e), considerando que a espécie é dioica, não foi levado em conta o parentesco entre os indivíduos e o método utilizado foi descrito por Vencovsky et al. (2012), quando não há controle de gametas (RS: Random Sampling):

(4)

$$Ne = \frac{4.t}{D_5}$$

(5)

$$\text{em que: } t = N_f + N_m \text{ e } D_5 = \frac{1}{r.(1-r)} + \frac{(1-u).t-1}{F} + \frac{(1-v).t-1}{M}$$

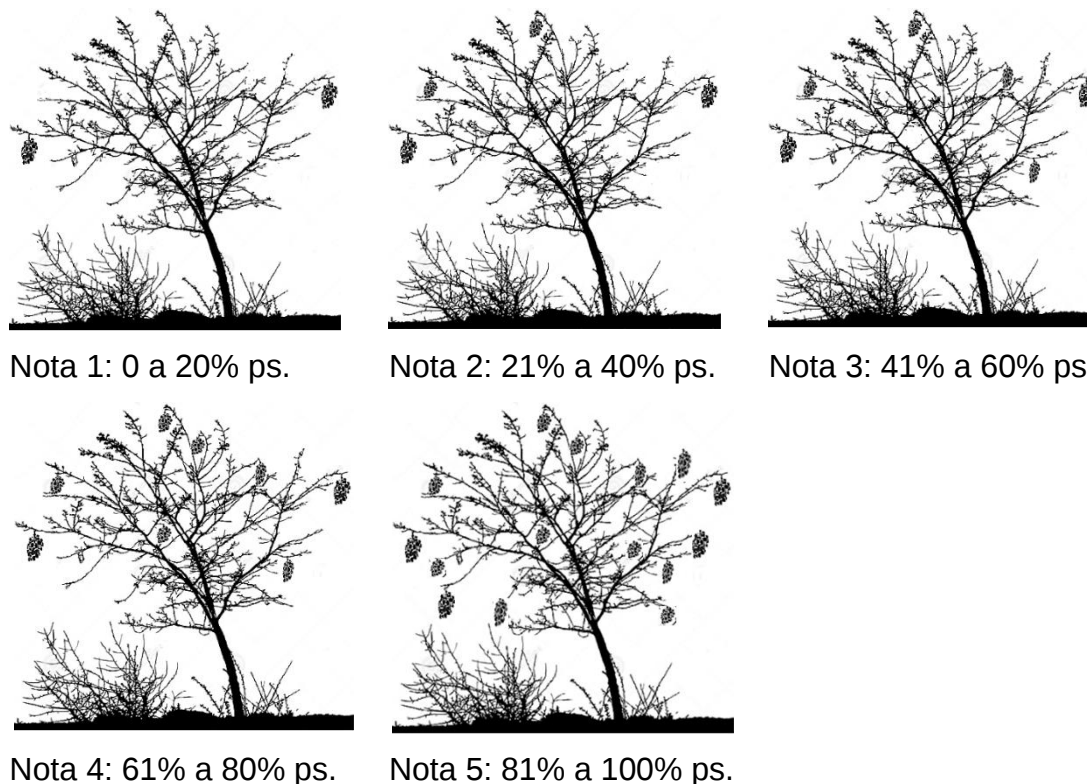
F e M correspondem ao número de plantas com florescimento feminino (F) e florescimento masculino (M), que efetivamente participam do evento reprodutivo; $u = F/N_f$ ($0 < u \leq 1$) e $v = M/N_m$ ($0 < v \leq 1$).

4.3.3 Produção de Diásporos

Para as árvores femininas observadas na Mata Ciliar, foram estabelecidas, arbitrariamente, notas, conforme a produção de diásporos: nota 1 (0 a 20%); nota 2 (21 a 40%); nota 3 (41 a 60%); nota 4 (61 a 80%); nota 5 (81 a 100%) (BERTONHA et al., 2015).

Esquemáticamente, as notas foram estabelecidas para as árvores femininas, conforme diagramas representativos da produção de diásporos, em quantidade de panículas ou porções da copa com ocorrência dos frutos (Figura 9)

Figura 9 – Representação das notas para a produção de diásporos de *Myracrodruon urundeuva*



Fonte: Bertonha et al. (2015)

4.4 Análise molecular

4.4.1 Amostragem e isolamento de DNA genômico

No ano de 2021, aos 35 anos da implantação do reflorestamento ciliar na FEPE, foram coletadas folhas das árvores de *M. urundeuva*, cujo DNA foi extraído a partir do protocolo CTAB (DOYLE; DOYLE, 1990) (Figura 10). As amostras de DNA foram lidas em géis de agarose a 1%, em TBE (1X), a 120V de tensão constante, por uma hora. A qualidade e a concentração de DNA de cada amostra foi determinada em espectrofotômetro (NanoDrop 2000/2000c), a 260 e 280 nm de absorbância. Foi utilizada a concentração final de 50 ng μl^{-1} para cada amostra (SOUZA, 2017).

Figura 10 – Etapas de extração do DNA genômico de *Myracrodruon urundeuva*: (a): acondicionamento das folhas, por indivíduos, em sacos de papel e sílica; (b): coleta de amostras das folhas dos indivíduos para extração; (c): organização do material de laboratório para extração; (d): identificação das amostras em tubos tipo *Eppendorf*, de 2 mL; (e): extração, separação da fase orgânica da fase aquosa; (f): DNA hidratado e armazenado em freezer para análise.



Fonte: autoria própria (2021).

4.4.2 Reações de amplificação de locos microsatélites e genotipagem

Para a análise de polimorfismo, foram utilizados oito locos microsatélites desenvolvidos por Souza (2017): Aro05, Aro06, Aro10, Aro11, Aro14, Aro16, Aro18, Aro19. Cada amostra foi preparada para um volume final de 10 µl, com: 1 µl de DNA; 5 µl de *GoTaq Colorless Master Mix*; 0,25 µl do *primer Forward*; 0,25 µl do *primer Reverse*; 0,3 µl do *primer* com a cauda M13 (FAM, VIC, PET

ou NED); 3,2 µl de água ultrapura autoclavada. As reações de PCR, utilizadas para amplificação de regiões microssatélites, foram realizadas em termocicladores *Eppendorf* e consistiram de: um ciclo de 94° C por 5 min; 35 ciclos de 94° C durante 1 min, que é a temperatura de anelamento do *primer* (SOUZA et al., 2018), durante 1 min e 30 s, e 72° C durante 1 min; 12 ciclos de 94° C por 30 s, 53° C por 1 min e 30 s, e 72° C por 1 min; e um ciclo final, a 72° C, durante 5 min. Os produtos da amplificação (1,0 µl de cada amostra) foram dispostos em *multiplex* de até quatro locos distintos, com adição de 0,25 µl de *Gene Scan LIZ* (marcador de peso molecular conhecido) e complementação com formamida Hi Di, para o volume final de 10 µl de solução. Os locos *multiplex* foram desnaturados a 94 °C, durante 4 min, e genotipados em sequenciador automático *ABI 3130xl* (*Applied Biosystems*). A identificação dos alelos se deu por meio do programa *GeneMapper®* v.5.0.

4.4.3. Análise dos dados em nível molecular

A diversidade genética da população foi estimada por meio do agrupamento de todas as progênies, para cada loco e a média entre locos, para os seguintes índices: número total de alelos por loco (k), riqueza alélica (R), por rarefação (EL-MOUSADIK; PETIT, 1996); e heterozigosidades observada (H_o) e esperada (H_e), em Equilíbrio de Hardy-Weinberg.

Os níveis de endogamia dentro das amostras foram quantificados pelo índice de fixação médio entre progênies (F) (WEIR; COCKERHAM, 1984):

$$F = 1 - \frac{H_o}{H_e}$$

(6)

A significância estatística dos valores de F foi testada por permutação de alelos entre indivíduos (1.000), a partir da correção de Bonferroni (95%, $\alpha = 0,05$). Todas as análises foram realizadas no programa *FSTAT*, v.2.9.3.2 (GOUDET, 2002).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracteres silviculturais quantitativos

A maior quantidade de sobreviventes, os indivíduos com maior DAP, altura e DMC, concentraram-se nos módulos/progênes de VIII a XIII.

O exemplar de aroeira que desenvolveu o maior DAP (36,92 cm) está presente na linha 6, do módulo/progênie XIII, e é do sexo masculino. Na linha 8, do módulo/progênie IX, encontra-se o indivíduo de maior altura (24,5 m), também do sexo masculino. Ainda, na linha 3 do mesmo módulo/progênie, foi verificado que o indivíduo que apresentou o maior DMC (9,8 m), foi do sexo feminino.

A maior concentração de indivíduos com desenvolvimento superior quanto às características silviculturais podem estar ligados à localização dos(as) módulos/progênes, pois os(as) módulos/progênes de VIII a XIII possuem, na sua vizinhança, ampla área de vegetação arbórea, o que proporciona maior proteção contra adversidades ambientais, maior interação entre flora e fauna e, conseqüentemente, o melhor desenvolvimento vegetal.

Ao estudar a área do reflorestamento ciliar à margem do Reservatório da UHE-IS, em diferentes modelos de plantio, Silva (2007) constatou que maiores valores de pH, teores de magnésio (Mg), potássio (K) e matéria orgânica ocorrem com maior frequência dos(as) módulos/progênes VIII ao XIII. De uma maneira geral, estes(as) módulos/progênes apresentaram propriedades químicas de solo melhores do que os demais, visto que estão separados por certa distância e em posições diferentes no relevo, o que pode ter ajudado a receber com maior frequência, produtos químicos de áreas adjacentes, e conseqüentemente, contribuir para mudanças nas propriedades químicas do solo (SILVA, 2007).

5.1.1 Índice Combinado de Crescimento (ICC)

Com base no cálculo do ICC, foi constatado que o arranjo que mais favoreceu o desenvolvimento de *M. urundeuva* foi o de número (2⁷), composto pelas seguintes espécies: *G. americana* L (Jenipapo), *H. heptaphyllus* (Ipê rosa), *T. argentea* (Capitão do Campo), *M. champaca* (Magnólia amarela) e *L. leucocephala* (leucena) e *I. marginata* Wild (Ingá feijão) (Figura11).

Com exceção da espécie *G. americana*, e *T. argentea* com poucos sobreviventes, o restante das espécies morreram, e deram condições de espaço e luz para o desenvolvimento de *M. urundeuva*. De acordo com Silva (2007), as espécies com baixa sobrevivência de plantas, na área de estudo, são espécies exóticas ou de regiões que não são de mata ciliar.

O grupo ecológico a qual pertence a maioria das espécies elencadas no arranjo 2⁷, contribuiu para a sobrevivência e consequentemente com o desenvolvimento das características silviculturais Altura e DAP de *M. urundeuva*, que de acordo com Ferretti et al. (1995) e Kageyama et al.(2003), pode desempenhar o papel de pioneira antrópica e/ou secundária tardia. As espécies utilizadas, em sua maioria, pertencem ao grupo ecológico pioneiras (Pi) (Tabela 3), que são caracterizadas pelo crescimento rápido e vigoroso, mas geralmente apresentam ciclo de vida curto, estão presentes na primeira fase da sucessão ecológica, proporcionando condições adequadas de microclima e solo para estabelecimento de outros grupos de plantas - secundárias - espécies que necessitam de menos luz e melhores condições de solo (ALMEIDA, 2016).

Figura 11 – Índice Combinado de Crescimento de *M. urundeuva* em 11 arranjos de espécies distintas utilizados no plantio da mata ciliar da FEPE

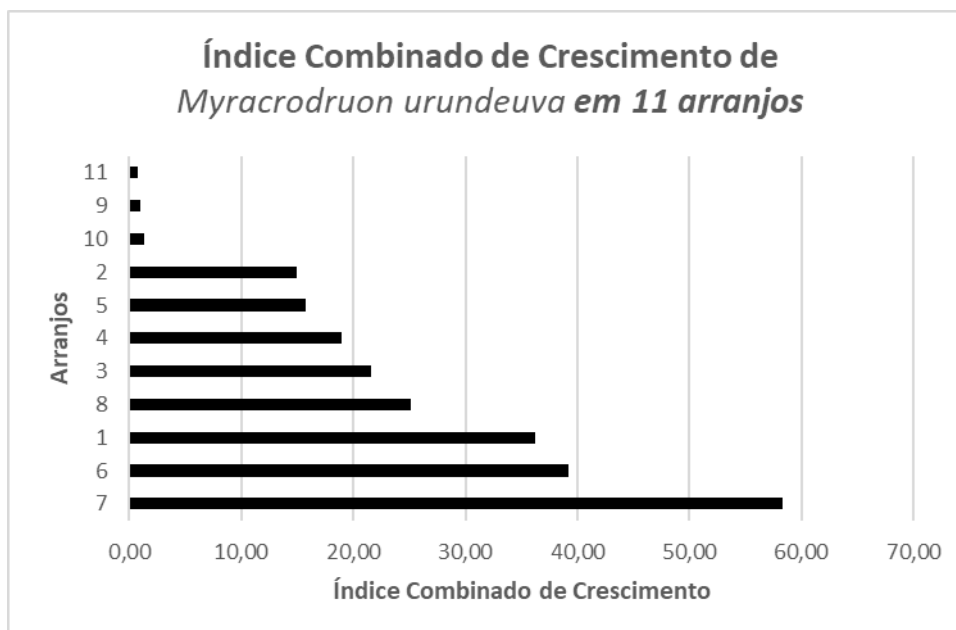


Tabela 3 – Composição de espécies do arranjo (2⁷) com *Myracrodruon urundeuva*, em área de reflorestamento ciliar, aos 34 anos de idade, em Selvíria-MS.

Nome científico	Nome vulgar	Família/ Subfamília	Ocorrência Cerrado	Grupo ecológico
<i>Terminalia argentea</i>	Capitão-do-campo	Combretaceae	Nativa (MS, CE, CT)	Pi
<i>Genipa americana</i>	Jenipapo	Rubiaceae	Nativa (MC, MG, MS, CE)	Pi
<i>Inga marginata</i>	Ingá feijão	Fabaceae	Nativa (MC, MG, MS)	Pi, Si, Cl
<i>Handroanthus heptaphyllus</i>	Ipê-rosa	Bignoniaceae	Nativa (MC, MG)	Si
<i>Magnolia champaca</i>	Magnólia-amarela	Magnoliaceae	Exótica (Índia, Himalaia)	In
<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucena	Fabaceae	Exótica (América Central)	Pi

Ocorrência: Mata de Galeria (MG), Mata Ciliar (MC), Mata Seca (MS) e Cerradão (CE), Cerrado Típico (CT), Cerrado Rupestre (CR), (RIBEIRO et al., 2018). Grupo ecológico: Pioneira (Pi), Secundária inicial (Si), Secundária tardia (St), Clímax (Cl), Indeterminado (In).

Fonte: autoria própria (2022).

5.1.2 Parâmetros genéticos

Em relação às análises estatísticas, os valores da variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$) foram os que mais contribuíram para a variância fenotípica em todos os caracteres avaliados (Tabela 4), ou seja, as condições ambientais foram preponderantes sobre o genótipo. Por esta razão, a herdabilidade individual no sentido amplo ($\hat{h}_g^2$) e a herdabilidade individual ajustada para os efeitos de linha e coluna ($\hat{h}_{aj}^2$) apresentaram valores baixos para ALT, DAP, SOB, FOR e PSE, o que indica a necessidade de utilização de métodos mais acurados para se obter ganhos na seleção nesta população. Os valores do DMC para os indivíduos avaliados, foram medianos, o que indica colaboração considerável da base genética da população para a variação fenotípica.

Tabela 4 - Estimativas de parâmetros para os caracteres: altura total das plantas (ALT), diâmetro a altura do peito (DAP), diâmetro médio de copa (DMC), sobrevivência (SOB), forma do fuste (FOR) e produção de sementes (PSE) de *Myracrodruon urundeuva*, no interior da mata ciliar, em Selvíria-MS, aos 34 anos de idade, medidos em 2020.

Estimativas	ALT (m)	DAP (cm)	DMC (m)	SOB	FOR	PSE
$\hat{\sigma}_g^2$	4,9346	15,7453	1,3827	0,0420	0,0011	0,1993
$\hat{\sigma}_l^2$	0,0576	0,5044	0,0166	0,0049	0,0019	0,0257
$\hat{\sigma}_c^2$	0,0497	6,7142	0,0024	0,0003	0,0017	2,0304
$\hat{\sigma}_e^2$	20,0087	45,0002	2,6965	0,1992	0,5132	1,0371
$\hat{\sigma}_f^2$	25,0506	67,9641	4,0983	0,2464	0,5180	3,2927
$\hat{h}_g^2$	0,20±0,16	0,23±0,18	0,34±0,22	0,17±0,10	0,00±0,02	0,06±0,18
$\hat{h}_{aj}^2$	0,20	0,26	0,34	0,17	0,00	0,16
$\hat{c}_l^2$	0,0023	0,0074	0,0041	0,0198	0,0037	0,0078
$\hat{c}_c^2$	0,0020	0,0988	0,0006	0,0013	0,0033	0,6166
CV_g (%)	16,68	23,98	24,30	50,59	0,73	11,87
CV_e (%)	33,59	40,54	33,94	110,22	15,81	27,08
CV_r	0,50	0,59	0,72	0,46	0,05	0,44
$\hat{m}$	13,32	16,55	4,84	40,49	4,53	3,76
LRTg(²)	3,16 ^{ns}	4,20*	7,54**	10,82**	0 ^{ns}	0 ^{ns}

*,**significativo a 5% e 1% de significância, com 1 grau de liberdade; ^{ns} não significativo. $\hat{\sigma}_g^2$:

variância genotípica; $\hat{\sigma}_l^2$: variância ambiental entre linhas; $\hat{\sigma}_c^2$: variância ambiental entre

colunas; $\hat{\sigma}_e^2$: variância residual (ambiental + não aditiva); $\hat{\sigma}_f^2$: variância fenotípica individual;

$\hat{h}_g^2$: herdabilidade individual no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais; $\hat{h}_{aj}^2$:

herdabilidade individual no sentido amplo, ajustada para os efeitos de linha e coluna; $\hat{c}_l^2$:

coeficiente de determinação dos efeitos de linhas; $\hat{c}_c^2$: coeficiente de determinação dos efeitos

de colunas; CV_g : coeficiente de variação genotípica; CV_e : coeficiente de variação

experimental; CV_r : coeficiente de variação relativa; $\hat{m}$: média geral ; LRTg: Teste da razão de verossimilhança genotípico; χ^2 qui-quadrado da *deviance*.

Fonte: autoria própria (2021).

A utilização de 13 árvores matrizes para a coleta de sementes colaborou para o estreitamento da base genética, e/ou a avaliação do espaçamento entre as matrizes para a colheita foi realizado sem os devidos cuidados para se evitar parentesco, o que pode ter colaborado para os baixos valores da herdabilidade individual no sentido amplo ($\hat{h}_g^2$). Silva (1992), em seu trabalho sobre a recomposição de matas nativas empreendida pela CESP, relatou que entre os anos de 1972 e 1977 as coletas não seguiram orientação científica e também não houve acompanhamento taxonômico das espécies.

Nunes et al. (2021) destacaram que a grande maioria dos reflorestamentos e/ou projetos de restauração, tem sido realizados sem levar em consideração a genética de populações das espécies. Usualmente, são coletadas as sementes de uma ou poucas árvores matrizes, e se procede ao plantio na área a ser restaurada ou a ser conservada, sem quantificar os impactos genéticos dessas ações (NUNES et al., 2021).

A influência da variância genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$) para ALT, foi de 19,7% do valor da variância fenotípica ($\hat{\sigma}_f^2$), enquanto que, a variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$) atuou com 79,8%. Para o DAP, houve a participação de 66% da variância residual e de 23% para a variância genotípica. O valor da variância fenotípica para SOB foi de 0,2464, a variância residual colaborou com, aproximadamente, 81% e a variância genotípica, apenas 17%. O aporte da variância residual para DMC foi de 65,8%, frente a 33,7% de contribuição da variância genotípica. A variância residual para FOR teve a participação de 99% na variação fenotípica.

Para os caracteres silviculturais ALT, DAP, SOB e FOR houve predomínio da variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$), indicativo de que os fatores ambientais tiveram influência determinante para as características fenotípicas em comparação aos fatores genéticos. A predominância da variância residual ($\hat{\sigma}_e^2$) sobre a variância

genotípica ($\hat{\sigma}_g^2$) está relacionada à herdabilidade individual no sentido amplo, ou seja, dos efeitos genotípicos totais, pois neste caso, se considera a variância aditiva a não aditiva como variância genética.

Os valores da variância ambiental entre linhas ($\hat{\sigma}_l^2$) e a variância ambiental entre colunas ($\hat{\sigma}_c^2$) quando comparados, apresentaram valores baixos para ALT (0,0576; 0,0497), DMC (0,0166; 0,0024), SOB (0,0049; 0,0003) e FOR (0,0019, 0,0017). Entretanto, para o DAP, a variância ambiental entre colunas (6,7142) coopera com, aproximadamente, 10% e possui maior influência sob a variância fenotípica, em comparação com a variância ambiental entre linhas (0,5044) cuja participação não chega a 1%.

Para a produção de sementes (PSE), a variância ambiental entre colunas (2,0304) participou com 61,6% na variância fenotípica, enquanto que a variância residual entre linhas (0,0257) com apenas 0,8%. A variância ambiental entre colunas se sobressaiu também sobre a variância residual (1,0371) 31,5% e genotípica (0,1993), 6%, o que indica que o espaçamento entre colunas possui maior influência sobre a produção de sementes do que os fatores ambientais e genéticos.

Os coeficientes de determinação dos efeitos de colunas ($\hat{c}_c^2$) para DAP e PSE acompanharam a variância ambiental entre colunas com os maiores valores entre as variáveis estudadas, 0,0988 e 0,6166, respectivamente.

As participações dos efeitos da variância ambiental entre colunas nas variâncias fenotípicas para o DAP e PSE, podem ser derivadas do espaçamento adotado para o reflorestamento ciliar, 3 m (entre linhas) x 2 m (entre colunas). O menor espaçamento (2 metros) estimula a competição entre as árvores, interfere no crescimento do vegetal e, conseqüentemente, no diâmetro do fuste e da copa. Segundo preceitos teóricos silviculturais, o espaçamento tem influência maior no desenvolvimento do DAP do que no desenvolvimento em altura das árvores (BALLONI; SIMÕES, 1980). Begon et al. (2007) definem a competição em ambientes florestais como uma interação entre árvores, causada pela concorrência por recursos em quantidade limitada, o que acarreta na redução da sobrevivência, crescimento e/ou a reprodução do indivíduo em questão.

Já ALT exibiu o menor valor para o coeficiente de variação genética (16,68%), DAP e DMC demonstraram valores aproximados (23,98% e 24,30%, respectivamente), e SOB (50,59%), foi superior aos demais, o que indica a existência de variabilidade genética herdável na população em relação a esse parâmetro.

Os altos valores verificados para o coeficiente de variação experimental CV_e (%), com destaque para DAP (40,54%). De acordo com Pupin et al. (2017), altos valores de coeficiente de variação experimental são derivados dos efeitos ambientais, que incidiram sobre os indivíduos de *M. urundeuva*, como a competição entre as outras 13 espécies arbóreas da Mata Ciliar.

O coeficiente de variação relativa foi intermediário para todos os caracteres, no entanto, o valor para DMC se destaca dos demais (0,72), indicativo de utilização para a condução de um possível processo de seleção, caso desejado. O coeficiente de variação relativa é um parâmetro utilizado para indicar um caractere para seleção, quando muitas variáveis são avaliadas (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992).

Para o DAP, DMC e SOB, o teste da razão de verossimilhança $LRT(\chi^2)$ culminou em resultado significativo (4,20*, a 5%) para o primeiro caráter, e resultados significativos (7,54** e 10,82**, a 1%) para os caracteres subsequentes respectivamente, o que demonstra a existência de diferenças genéticas entre as árvores amostradas. De acordo com Kremer et al. (2012), resultados significativos para o LRT remetem à uma condição fundamental e intimamente relacionada ao potencial evolutivo, particularmente importante para espécies florestais nativas e ameaçadas de extinção, pois isso influencia a capacidade adaptativa (KREMER et al., 2012).

O valor da média geral para SOB (40,5%), após 34 anos do plantio, denota que apesar da influência dos fatores ambientais serem preponderantes, a variabilidade genética proporcionou considerável adaptação ao local do Reflorestamento Ciliar.

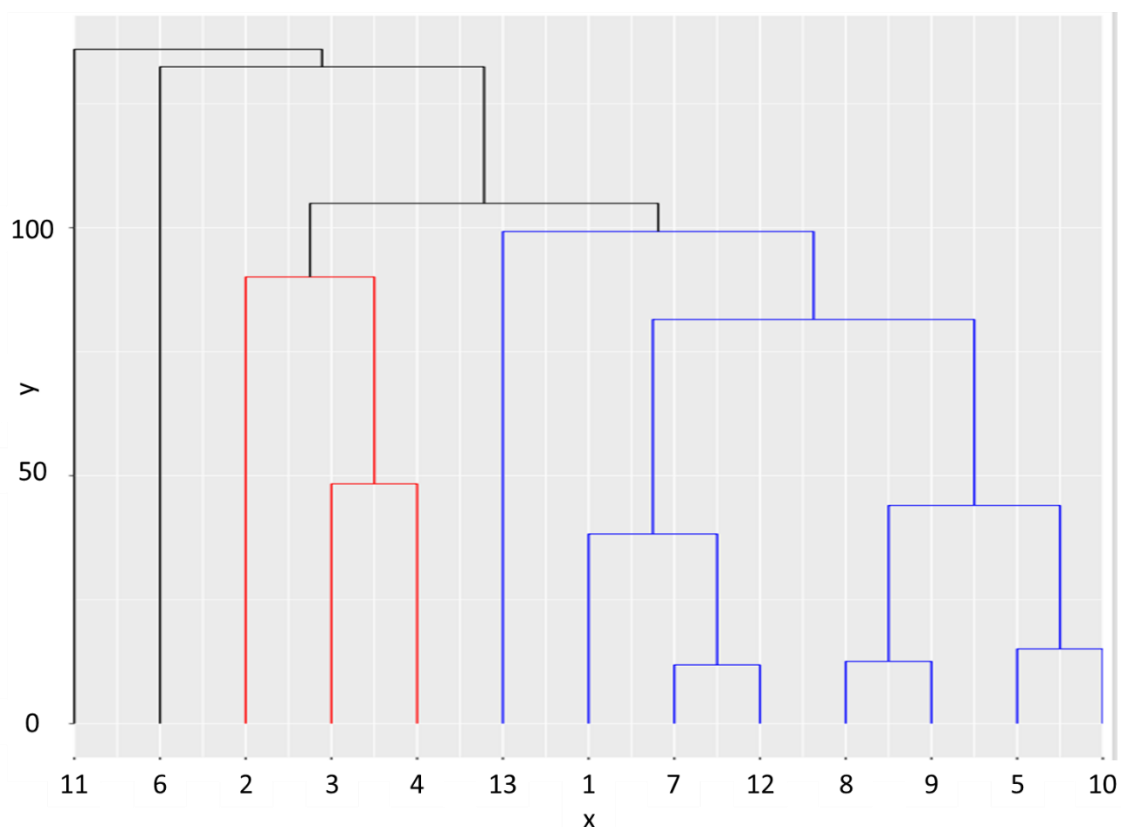
5.1.3 Análise de divergência genética

O método de agrupamento de Tocher permitiu a formação de três grupos distintos na população analisada (Figura 12), o que confirma a presença de variabilidade no germoplasma e divergência entre as progênies. Mesmo assim, o grupo I reuniu o maior número de progênies (1, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 13), o que demonstra que eles são similares entre si. O grupo II, reuniu as progênies (2, 3, 4) e o grupo III, as progênies (6 e 11).

A concentração de 8 das 13 progênies em um único grupo, de acordo com Silva (2019), sugere que a maioria dos cruzamentos foi entre genótipos com similaridade genética. A formação dos grupos tem por base as estimativas de distância, ou seja, quanto mais similares forem, maior será a concentração de progênies em um determinado grupo.

Na prática, isso significa que é possível a escolha de qualquer matriz dentro de cada grupo para representar a variabilidade genética dessa população.

Figura 12 – Representação da distribuição da matriz de distâncias de Mahalanobis das progênies de *Myracrodruon urundeuva*, coletadas em Ilha Solteira, implantadas no reflorestamento ciliar em 1986.



5.1.4 Sobrevivência

No reflorestamento ciliar, foram plantadas 2002 mudas, representantes de 14 espécies de árvores nativas e exóticas, em 13 módulos/progênes, na margem direita do rio Paraná. No ano de 2020, 341 árvores remanescentes estavam presentes na área original. Considerando que, em cada módulo/progênie, foram plantadas 11 árvores de *M. urundeuva*, houve um total de 143 indivíduos, distribuídos em 13 módulos/progênes.

Silva (2007), aos 20 anos de plantio, constatou a presença de 89 indivíduos de *M. urundeuva* no modelo II, na mesma área; em contrapartida, aos 34 anos, foi verificada a presença de 58 sobreviventes. Quando se leva em conta que a espécie em foco é classificada também como pioneira, observa-se, com naturalidade, o declínio da sobrevivência, uma vez que parte dos indivíduos da espécie já cumpriu o papel de fornecer condições para o surgimento e estabelecimento de outras.

Outros fatores que colaboraram com a diminuição dos indivíduos de *M. urundeuva*, bem como das outras espécies, foram a competição com ervas daninhas e a ocorrência de pragas e doenças no início do estabelecimento das mudas no local (SILVA, 2007), bem como a presença de lianas na área, entrelaçadas no fuste e na copa de diversas árvores. Fonseca e Oliveira (1998) descrevem que trepadeiras lenhosas, conhecidas como lianas, podem atingir o dossel da floresta, são capazes de desenvolver copas tão grandes como as das árvores que as sustentam, portanto, competem e interferem na simetria de crescimento e taxas de mortalidade.

Os módulos/progênes de I a VII tem 23 sobreviventes, enquanto que os(as) módulos/progênes de VIII a XIII, tem 35. Vale ressaltar que estes conjuntos de módulos/progênes estão separados por uma distância aproximada de 650 metros e estão em posições diferentes no relevo, o que pode favorecer, de acordo com Silva (2007), o recebimento de produtos químicos derivados da área de agricultura, ao contribuir para as mudanças nas propriedades químicas do solo. As variações entre os(as) módulos/progênes em relação à sobrevivência de plantas estão relacionadas com a posição de cada módulo/progênie e as condições que cada um forneceu para o desenvolvimento destas espécies (SILVA, 2007).

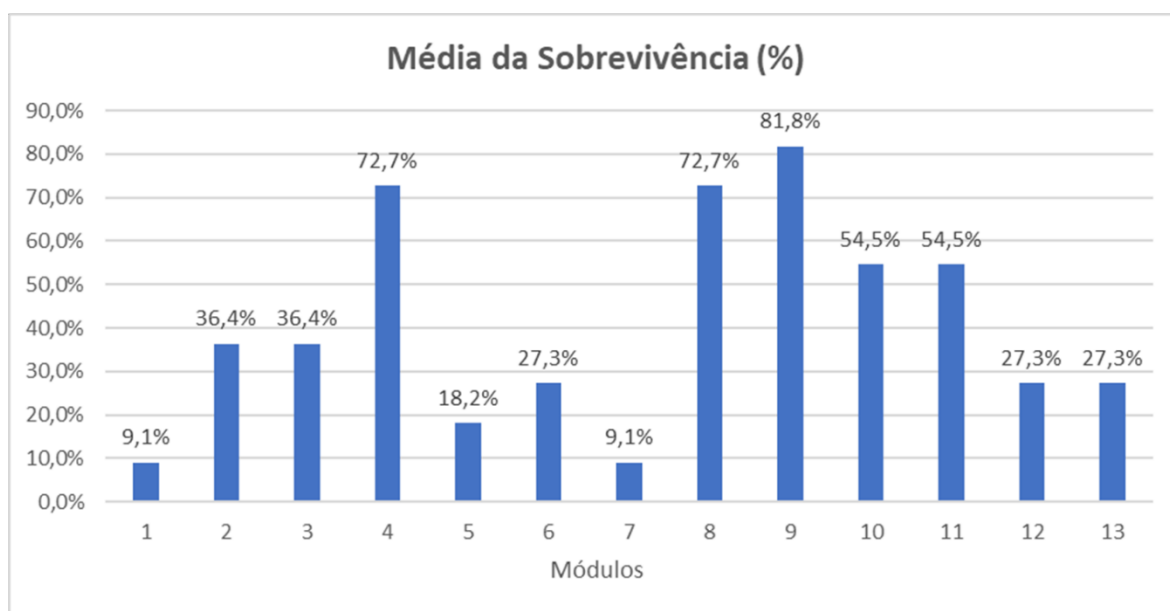
Como já citado anteriormente, Silva (2007) constatou que os maiores valores de pH, teores de magnésio (Mg), potássio (K) e matéria orgânica ocorrem, com maiores frequências, do(a) módulo/progênie VIII a XIII. Os baixos valores de alumínio (Al) nestes módulos, na profundidade de 0-20 cm, são devido ao suprimento de cálcio (Ca), proveniente da grande quantidade de resíduos carreados da parte superior do terreno e também das calagens, realizadas nas áreas agrícolas próximas ao reflorestamento (SILVA, 2007).

Especificamente, os(as) módulos/progênies que apresentaram as maiores quantidades de indivíduos sobreviventes foram IV, VIII e IX, sendo que das 11 aroeiras plantadas por módulo/progênie, os mesmos apresentaram respectivamente 8 (72,7%), 8 (72,7%) e 9 (81,82%) indivíduos vivos (Figura 13).

O menor número de aroeiras sobreviventes estão nos(as) módulos/progênies I (9,09%), VI (27,27%), VII (9,09%), XII (27,27%) e XIII (27,27%) (Figura 13). Os(as) módulos/progênies I, VI VII, situados em áreas periféricas da mata ciliar, em contato direto com os espaços abertos para possibilitar acesso ao rio e próximas a área destinada ao plantio de lavoura. Os(as) módulos/progênies XII e XIII encontram-se na próximos a rodovia, BR158.

Após pesquisa realizada na mesma área, Silva (2007) afirma que o entorno dos fragmentos florestais influenciaram bastante a regeneração e a recuperação de ambientes antropizados.

Figura 13 – Médias de sobrevivência dos indivíduos de *Myracrodruon urundeuva*, por módulo/progênie, aos 34 anos de idade, em Selvíria-MS.



Fonte: autoria própria (2022).

Das 14 espécies utilizadas, apenas cinco (5) ainda estão presentes no entorno das aroeiras, com a respectiva porcentagem de ocorrência: 37,5% *G. americana* (Jenipapo), 30,5% *A. peregrina*. (Angico Roxo), 23,6% *M. fistulifera* (Canudo de Pito), 5,5% *H. ochraceus*. (Ipê Amarelo do Campo), 2,7% *T. argentea* (Capitão do Campo) (Tabela 5).

Silva et al. (2016), em pesquisa desenvolvida no local do presente estudo, verificaram que as espécies *G. americana*, *A. peregrina*, *M. fistulifera* e *M. urundeuva* apresentaram maior porcentagem de sobrevivência em relação às demais, justamente por serem de mata ciliar e ocorrerem na região de estudo.

Vale destacar que *A. peregrina* e *M. fistulifera*, quando encontradas em convívio próximo a *M. urundeuva*, contribuíram para o perecimento dos indivíduos desta e de outras espécies. Souza et al. (2012) observaram que, apesar de ser decídua, o elevado potencial de crescimento de *A. peregrina*, aliado a efeitos alelopáticos, domina a comunidade, forma dossel homogêneo e fechado, com pouca luminosidade no período de desenvolvimento vegetativo, o que, consequentemente, dificulta a germinação, o crescimento, o desenvolvimento e a sobrevivência, de outras espécies. Curto et al. (2013) destacaram que *M. fistulifera* é uma espécie que otimiza a captação da radiação solar por meio da arquitetura de sua copa densa, o que inibe o crescimento de outras espécies ao seu redor.

Tabela 5 - Espécies sobreviventes nos arranjos que tem como espécie chave *Myracrodruon urundeuva*, no ano de 2020, com a respectiva porcentagem de ocorrência, em área de reflorestamento ciliar, em Selvíria-MS

Nome científico	Nome vulgar	Ocorrência Cerrado	Grupo ecológico	Presença no entorno de <i>M. urundeuva</i> (%)
<i>Anadenanthera peregrina</i>	Angico-roxo	Nativa (MG, MS, CE)	Pi, Si	30,5
<i>Mabea fistulifera</i>	Canudo-de-pito	Nativa (MC, MG)	Pi	23,6
<i>Terminalia argentea</i>	Capitão-do-campo	Nativa (MS, CE, CT)	Pi	2,7
<i>Genipa americana</i>	Jenipapo	Nativa (MC, MG, MS, CE)	Pi	37,5
<i>Handroanthus ochraceus</i>	Ipê-do-cerrado	Nativa (CT, CR)	Si	5,5

Ocorrência: Mata de Galeria (MG), Mata Ciliar (MC), Mata Seca (MS) e Cerradão (CE), Cerrado Típico (CT), Cerrado Rupestre (CR), (RIBEIRO et al., 2018). Grupo ecológico: Pioneira (Pi), Secundária inicial (Si), Secundária tardia (St), Clímax (Cl), Indeterminado (In).

Fonte: autoria própria (2022).

5.2 Sexagem, tamanho efetivo e produção de diásporos

5.2.1 Sexagem

Foi constatado que, dos 58 indivíduos remanescentes de *M. urundeuva*, foram identificadas 17 árvores masculinas (29,3%), 15 femininas (25,8%) e 26 sem florescimento (44,8%) (Figura 14). O alto índice de árvores sem florescimento pode ter ocorrido em razão do sombreamento por outras espécies, pois pode causar atrasos no início da floração, prolongar o tempo de floração e reduzir o número de flores (HLATSHWAYO; WAHOME, 2010).

A maioria das aroeiras fêmeas, (12, 80%) (Figura 14), estão localizadas nos(as) módulos/progênes de VIII a XIII, com destaque para os(as) módulos/progênes IX, com 5, e o módulo/progênie X, com 3 fêmeas. Foram identificadas apenas 3 fêmeas (20%) nos(as) módulos/progênes de I a VII. Os

exemplares masculinos tiveram distribuição mais equilibrada, com 8 árvores (47%) entre os(as) módulos/progênes de I a VII e 9 árvores (53%) nos(as) módulos/progênes de VIII a XIII (Figura 14). As árvores sem florescimento apresentaram distribuição semelhante às unidades masculinas, com 46% nos(as) módulos/progênes de I a VII e 54% nos(as) módulos/progênes de VIII a XIII.

Especificamente nos(as) módulos/progênes IV, VIII e IX foram observadas as maiores concentrações de indivíduos masculinos respectivamente (4, 3, 3). Nos(as) módulos/progênes IX, X e XI evidenciaram-se as maiores quantidades de aroeiras femininas (5, 3, 2).

Cambuim et al. (2021) relatam que baixos níveis de florescimento em *M. urundeuva* podem ser derivados da assincronia entre indivíduos, durante o período de estudo de floração, e das condições de sombreamento provocados pelo consórcio de espécies, que interferiu na quantidade de luz dentro do experimento.

Apesar das espécies terem sido plantadas no mesmo período e possuírem o mesmo espaçamento, os estágios sucessionais acarretam em diferentes velocidades de crescimento e desenvolvimento de copas.

Figura 14 - Localização dos(as) Módulos/Progênie I a VII e VIII a XIII e distribuição das árvores sobreviventes de *Myracrodruon urundeuva* nos Módulos (MI a M13) e linhas (L1 a L11), com distinção entre indivíduos machos (M), fêmeas (F) e sem florescimento (SF), em reflorestamento de mata ciliar, aos 34 anos, em Selvíria-MS.

	LOCALIZAÇÃO 02						QTD. POR LINHA
	MXIII	MXII	MXI	MX	MX	MXVIII	
L1			SF	F	F	F	4
L2					F	M	2
L3			SF	SF	F	SF	4
L4		SF			M	M	3
L5	M		SF	M	SF		4
L6	SF	SF	F		F	M	5
L7	F	SF	F	F	M	SF	6
L8				F	M		2
L9							0
L10				SF	F	SF	3
L11			M			SF	2
TOTAL	3	3	6	6	9	8	35

	LOCALIZAÇÃO 01							QTD. POR LINHA
	MI	MII	MII	MV	MV	MVI	MVII	
L1			SF	M		SF		3
L2	SF		SF	M				3
L3		SF		M				2
L4				SF	M		M	3
L5		SF		SF				2
L6						SF		1
L7			F	M				2
L8		M		SF	F	SF		4
L9		SF	M	F				3
L10								0
L11								0
TOTAL	1	4	4	8	2	3	1	23



Fonte: Google Earth (2021). Imagem modificada pelo autor.

5.2.2 Tamanho efetivo da população

Das 58 árvores sobreviventes, 32 (55%) apresentaram florescimento, 17 masculinas e 15 femininas. Não foi possível determinar o sexo em 26 árvores (45%), pois não apresentaram florescimento.

O alto índice de árvores sem florescimento pode ter ocorrido em razão do sombreamento, causado pelas outras espécies consorciadas com *M. urundeuva* no reflorestamento ciliar. Os efeitos genéticos, relacionados ao crescimento das plantas, e os ambientais, principalmente, a falta de radiação solar, são fatores

que interferem no florescimento e no desempenho silvicultural das plantas (ZULIAN et al., 2021)

A proporção masculina : feminina encontrada para *M. urundeuva* foi de 1,13:1, o que revela um leve desequilíbrio entre machos e fêmeas na população. O desequilíbrio na proporção sexual tem sido atribuído a diversos fatores. Dentre eles, pode-se citar o custo reprodutivo diferenciado, longevidade das espécies arbóreas com crescimento e idade reprodutivas desiguais entre os sexos, tipos de vetores de polinização e dispersão de sementes (biótico e abiótico), genética de determinação do sexo e adaptação ao local de plantio (SINCLAIR et al., 2012; FIELD et al., 2013)

Sant'ana (2017), em estudos realizados em Selvíria-MS, evidenciou a maior proporção de indivíduos com florescimento masculino em relação ao feminino, em seis testes de progênies de *M. urundeuva*, de diferentes procedências. A diferença, nessa proporção, ocorreu em função das populações, de sua procedência, do sistema de plantio, do tamanho amostral e da idade dos indivíduos em que a avaliação foi efetuada (ZULIAN et al., 2021).

As progênies 2, 4, 7 e 8 possuem a maior quantidade de machos sobre as fêmeas, enquanto que, as progênies 9, 10, e 11 tem a maior quantidade de fêmeas em comparação à quantidade de machos (Tabela 6). As progênies 3, 5 e 13 apresentaram a mesma quantidade para ambos os sexos. Este desequilíbrio pode estar relacionada à distribuição espacial e às características ecológicas da espécie. Por essa razão, Corrêa (2021) sugere cuidados com a amostragem em populações naturais durante a obtenção de germoplasma, como coletas em matrizes separadas por distâncias maiores.

Vale ressaltar que a maior quantidade de machos e fêmeas estão localizados nos(as) módulos/progênies de VIII a XIII. Estes(as) módulos/progênies, de acordo com Silva (2007), apresentam maior teor de matéria orgânica e melhores propriedades químicas do solo, em decorrência da deriva de produtos utilizados nas áreas vizinhas na agricultura.

As progênies 4, 8, 10, 11 e 13 apresentaram o tamanho efetivo igual ao esperado em progênies de populações panmíticas (4), enquanto que a progênie 9 apresentou tamanho superior, (8,6), pois possui a maior taxa de sobrevivência e florescimento masculino e feminino. Este resultado evidencia, que a maior

contribuição para a variabilidade genética da população, parte destas progênes (Tabela 6).

Foram coletadas sementes em 13 árvores de polinização livre na população natural, o que resultaria em um tamanho efetivo de 52, entretanto, o tamanho efetivo total retido no banco *ex situ* foi estimado em 32 na população, o que indica formação de sementes por meio de cruzamento entre indivíduos aparentados.

O valor para o tamanho efetivo da população é menor do que o requerido ($N_e = 150$) para a conservação de populações em curto prazo. Entretanto, a população amostrada apresenta diversidade genética, o que a qualifica para ser utilizada em programas de conservação *ex situ* da espécie.

Tabela 6 - Número de plantas (N), sobreviventes (Sob), quantidade de plantas com florescimento masculino (M), feminino (F), monoicos (Mo), sem florescimento e tamanho efetivo (Ne) para *Myracrodruon urundeuva*, em um reflorestamento ciliar, aos 34 anos de idade, em Selvíria-MS.

Progênie	N. Plantas	Sob	M	F	Mo	SF	Ne
1	11	1	0	0	0	1	0
2	11	4	1	0	0	3	0
3	11	4	1	1	0	2	0
4	11	8	4	1	0	3	4,0
5	11	2	1	1	0	0	0
6	11	3	0	0	0	3	0
7	11	1	1	0	0	0	0
8	11	8	3	1	0	4	4,0
9	11	9	3	5	0	1	8,6
10	11	6	1	3	0	2	4,0
11	11	6	1	2	0	3	4,0
12	11	3	0	0	0	3	0
13	11	3	1	1	0	1	4,0
Total		58	17	15	0	26	

Fonte: autoria própria (2022).

5.2.3 Produção de Diásporos

Das 58 árvores de *M. urundeuva* sobreviventes, 17 foram identificadas como masculinas, 15 femininas e 26 sem florescimento. As árvores femininas, após avaliação visual receberam notas de 1 a 5 para a produção de diásporos

(nota 1 de 0 a 20%; nota 2 de 21 a 40%; nota 3 de 41 a 60%; nota 4 de 61 a 80%; nota 5 de 81 a 100%). A divisão dos indivíduos por nota resultou em 3 árvores (20%) com a nota 1, 1 árvore (6,6%) com a nota 2, 1 árvore (6,6%) com a nota 4, e 10 árvores (66,6%) com a nota 5 (Figura 15).

Figura 15 – Quantidade de fêmeas de *Myracrodruon urundeuva* e a atribuição de notas para a produção de diásporos, em uma área de reflorestamento ciliar, aos 34 anos de idade, em Selvíria-MS.



Fonte: autoria própria (2022).

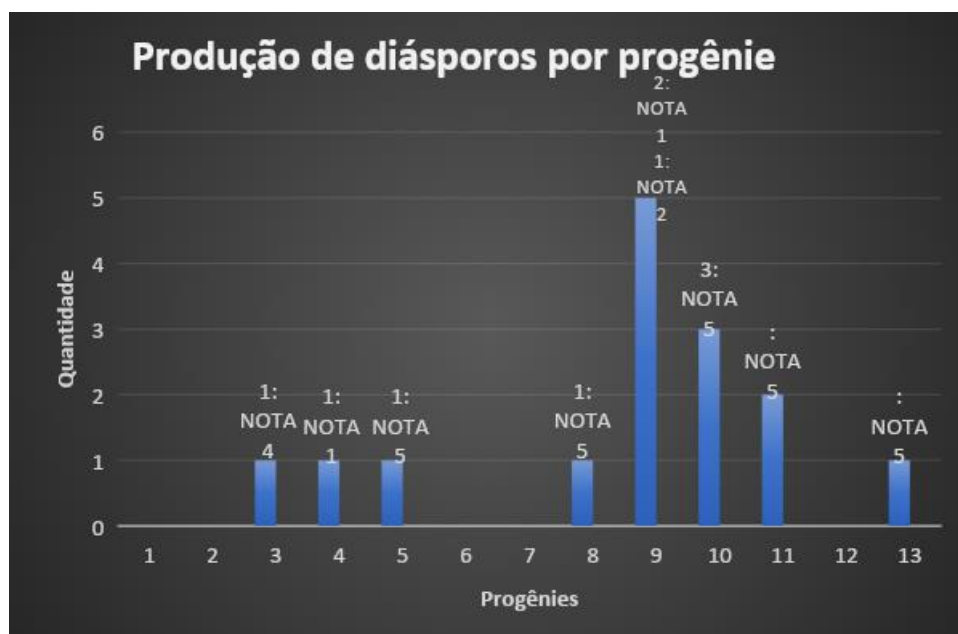
A maior concentração de árvores com produção de diásporos foi observada entre os(as) módulos/progênes VIII a XIII, bem como os indivíduos de melhor nota (Figura 16). O maior número de sobreviventes e os melhores resultados para o diâmetro médio de copa (DMC) também estão localizados nos(as) módulos/progênes VIII a XIII.

Cambuim (2017) descreve que as variáveis como superfície, diâmetro e comprimento da copa estão diretamente relacionadas com o crescimento e a produção de uma árvore. O tamanho da copa das plantas com florescimento feminino possui correlação positiva com a produção de diásporos (BERTONHA, 2015). Entretanto, o DMC não leva em consideração o formato da copa, o que impossibilita a comparação desta variável com as notas de produção de diásporos. Segundo Wadsworth (2000), a produtividade por unidade de área relaciona-se com a forma da copa. Copas de vários níveis, com um tronco

central, produzem mais por unidade de área do que copas amplas, hemisféricas, com muitos galhos e um só nível.

O sombreamento de *M. urundeuva*, observado na mata ciliar, também apresenta influência na produção de diásporos (CORRÊA, 2021). De acordo com Hlatshwayo e Wahome (2010), o sombreamento pode causar atrasos no início da floração, prolongar o tempo de floração, reduzir o número de flores e sementes produzidas.

Figura 16 – Quantidade de indivíduos de *Myracrodruon urundeuva* por progênie, que receberam notas de 1 a 5 em relação a produção de sementes, em um reflorestamento ciliar, aos 34 anos de idade, em Selvíria-MS.



Fonte: autoria própria (2022).

5.3 Análise molecular

5.3.1 Diversidade genética e índice de fixação

Foram utilizados 53 indivíduos de *M. urundeuva*, dos quais foram selecionados para validação, oito locos microssatélites, todos polimórficos, desenvolvidos por Souza (2017): Aro05, Aro06, Aro10, Aro11, Aro14, Aro16, Aro18, Aro19. Em função da qualidade de amplificação na espécie analisada

(bandas nítidas, sem arraste e bandas inespecíficas) foram otimizados apenas 4 locos (Aro05, Aro06, Aro10, Aro 11).

Para o conjunto de quatro locos, na amostra total da população, foram encontrados 38 alelos. Os valores médios observados para riqueza alélica (R), foram próximos aos valores médios do número de alelos por loco com destaque para Aro10, com 16 alelos.

O número de alelos por loco variou de 6 a 16, com média de 9,5 (Tabela 7). Souza (2017), em trabalho relacionado ao desenvolvimento de marcadores microsatélites para *M. urundeuva*, utilizou 15 locos, e obteve a variação com a quantidade mínima de 3, e a máxima de 16 alelos.

As heterozigosidades esperada (H_e) e observada (H_o) variaram de 0,626 a 0,871 e de 0,595 a 0,695, respectivamente (Tabela 7). Os intervalos para as heterozigosidades estão dentro das variações apresentadas por Souza (2017), ($H_e = 0,246$ a $0,902$; $H_o = 0,103$ a $0,867$), apontam que este conjunto de marcadores mostrou grande potencial em estudos de ecologia e genética de populações, fundamentais na conservação genética da espécie.

Os valores da heterozigosidade observada foram inferiores aos da heterozigosidade esperada para os quatro locos, de forma que o índice de fixação em cada loco e em nível média, foi significativo, o que demonstra presença de endogamia na população. Reis et al. (2009) afirmam que a existência de ampla variabilidade genética é fundamental para que haja adaptação, evolução e sobrevivência de populações arbóreas. Portanto a população de *M. urundeuva* da mata ciliar é mais indicada para um programa de conservação genética *ex situ* e não para um programa de melhoramento genético que exige no mínimo: ausência de endogamia e base genética ampla.

Não houve diferença significativa entre as médias de heterozigosidade observada e esperada, inferindo a presença de indivíduos heterozigóticos, o que sugere que as progênies da população amostrada possuem diversidade genética. O índice de fixação médio (F), de *M. urundeuva*, diferiu estatisticamente de zero ($p < 0,05$), o que sugere endogamia. Dessa forma rejeita-se a hipótese H_0 (ausência de endogamia).

Souza (2017) estudou progênies de quatro populações naturais fragmentadas de *M. urundeuva* oriundas de quatro biomas distintos, incluindo os mesmos marcadores

desse estudo, foram detectados 67 alelos diferentes, variando entre locos de 5 a 15 alelos, com média de 11,2 alelos por loco. E o índice de fixação nas árvores matrizes foi significativamente menor do que zero, indicando excesso de heterozigotos.

Tabela 7 - Diversidade genética, índice de fixação ($\hat{F}$) em locos microssatélites de *Myracrodruon urundeuva*, para indivíduos em uma população de reflorestamento ciliar, aos 34 anos, instalada em Selvíria-MS.

Loco	k	$\hat{R}$	$\hat{H}_o$	$\hat{H}_e$	$\hat{F}$
Adultos ($N = 53$)					
Aro0	8	7,8	0,69	0,73	0,051
5			5	2	*
Aro0	8	7,8	0,67	0,71	0,057
6			3	4	*
Aro1	16	15,	0,66	0,87	0,235
0		4	6	1	*
Aro1	6	6,0	0,59	0,62	0,049
1			5	6	*
Médi	9,	9,3	0,65	0,73	0,098
a	5		7	6	*
DP	4,	4,2	0,04	0,10	0,091
	4		3	1	
Total	38	-	-	-	-

N é o censo da população adulta reprodutiva; k é o número total de alelos; $\hat{R}$ é a riqueza alélica em indivíduos genotipados nos 4 locos; $\hat{H}_o$ é a heterozigosidade observada; H_e é a heterozigosidade esperada, $\hat{F}$: índice de fixação ou coeficiente de endogamia intrapopulacional, * $p < 0.05$ (valores maiores que 0,01250 são significativos). DP é o desvio padrão.

Fonte: Autoria própria (2022)

Em contrapartida, Viegas et al. (2011), em trabalho desenvolvido com banco de germoplasma, de duas populações de *M. urundeuva*, procedentes de Aramina-SP e Selvíria-MS, observaram que o índice de fixação foi positivo e

relativamente alto em ambas as populações, mas não foi significativamente diferente de zero a julgar pelo intervalo de confiança a 99% de probabilidade.

Os resultados sugerem a presença de endogamia na população amostrada, pois o método de coleta de sementes sem critérios científicos e taxonômicos, a mistura de sementes ao acaso, e a formação de um *bulk* para a retirada das amostras, foram técnicas inadequadas para se garantir a representatividade genética da população. De acordo com Sebbenn (2002), a coleta de sementes para reflorestamentos ambientais requer a retirada de amostras representativas da variabilidade genética de uma ou várias populações, a fim de evitar endogamia nas futuras gerações e conservar o potencial evolutivo das espécies.

Com o objetivo de utilizar este material genético em reflorestamentos, estratégias de coleta de sementes devem ser adotadas, de modo a evitar a obtenção de sementes advindas de cruzamentos correlacionados ou endogâmicos (SOUZA, 2017). Sebbenn (2002) ressalta que a utilização de sementes coletadas de uma ou poucas árvores pode levar à fundação de populações sujeitas aos efeitos da deriva genética. A deriva pode causar a depressão por endogamia e conseqüentemente, reduzir a capacidade adaptativa, fertilidade, vigor, porte e produtividade (ALLARD, 1971).

6. CONCLUSÃO

A população de *M. urundeuva*, presente na Mata Ciliar da UNESP, apresenta variabilidade genética, o que permite a sua utilização unicamente em programas de conservação genética *ex situ* em função da endogamia presente nessa população.

O desenvolvimento silvicultural dos indivíduos da população, aos 34 anos, é em função do arranjo e da competição com outras espécies arbóreas que compõem a mata ciliar, com destaque para o arranjo que envolve as espécies: *Genipa americana*, *Handroantus heptaphyllus*, *Terminalia argentea*, *Magnolia champaca* e *Leucaena leucocephala* e *Inga marginata*.

O florescimento, tanto masculino como feminino na população de *M. urundeuva*, indica baixo tamanho efetivo populacional, o que caracteriza uma coleta inadequada.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R.V.; CANSIAN, R.L.; KUBIAK, G.B.; SLAVIERO, L.B.; TOMAZONI, T.A.; BUDKE, J.C.; MOSSI, A.J. Variabilidade genética de *Eugenia uniflora* L. em remanescentes florestais em diferentes estádios sucessionais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 2, p. 226-233, 2013.
- AHRENS, S. O novo código florestal brasileiro: conceitos jurídicos fundamentais. *In*: 8º CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 2003, São Paulo. **Anais** [...] São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2003. 15 p.
- ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: Edgard Blucher, 1971. 381 p.
- ALMEIDA, D. S. Alguns princípios de sucessão natural aplicados ao processo de recuperação. *In*: _____. **Recuperação ambiental da Mata Atlântica** [online]. 3. ed. Ilhéus: Editus, 2016, p. 48-75.
- ALCANTARA, M. A. M. **Variabilidade genotípica e estrutura populacional de *Astronium fraxinifolium* Schott (Anacardiaceae) em área degradada de cerrado**. 2019. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas (Genética)) – Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2019.
- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.
- AQUINO, F. G.; ALBUQUERQUE, L. B.; ALONSO, A. M.; LIMA, J. E. F. W.; SOUSA, E. S. **Cerrado: Restauração de Matas de Galeria e Ciliares**. Embrapa, Brasília, 2012, 40. p.
- ANDRADE, A.P.; BRITO, C.C.; SILVA, J.; COCOZZA, F.D.M.; SILVA, M.A.V. Estabelecimento inicial de plântulas de *Myracrodruon urundeuva* Allemão em diferentes substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 737-745, 2013.
- ANTUNES, P. B. **Direito ambiental**. 6. ed., Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2002. 902 p.
- BALLONI, E. A.; SIMÕES, J. W. O espaçamento de plantio e suas implicações Silviculturais. **IPEF – Série Técnica**, Piracicaba, v. 1, n. 3, p. 1 – 16, 1980.
- BARNETT, J. P.; BAKER, J. B. Regeneration methods. *In*: DURYEA, M. L.; DOUGHERTY, P. M. (Ed.). **Forest regeneration manual**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991. p. 35-40.
- BEGON, M.; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. **Ecologia: de indivíduos a ecossistemas** (4. ed.). Porto Alegre: Artmed, 2007, 752 p.

BERTI, C. L. F.; KAMADA, T.; MORAES, M. A.; ALVES, P. F.; SILVA, A. M.; MORAES, M. L. T.; BERTI, M. P. S. Diversidade genética de populações naturais de *Dipteryx alata* localizadas nos municípios de Brasilândia/MS, Indira/GO e Itarumã/GO estimada por marcadores microssatélites. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.26, n. 2, p. 203-216, 2017

BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Métodos silviculturas para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: água e biodiversidade, 2002, Belo Horizonte. **Anais** [...]. Belo Horizonte: [s.n.], 2002. p. 123-145.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 de maio de 2012. Seção 1, p. 1 – 8. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20112014/2012/Lei/L12651.htm#art83>. Acesso em 7 de março de 2022.

BRASIL. Decreto Federal n. 97.632 de 10 de abril de 1989. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 abril 1989. Col. 2, p 5517. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D97632.htm>. Acesso em 7 de março de 2022.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 set. 1965. Seção 1, p. 9529. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm#art50>. Acesso em 7 de março de 2022.

BUSO, G. S. C.; CIAMPI, A. Y; MORETZSOHN, M. C.; AMARARAL, Z. P. S. & BRONDANI, R. V. Marcadores microssatélites em espécies vegetais: Desenvolvimento e caracterização de marcadores microssatélites em espécies vegetais tropicais. **Biotecnologia - Ciência e Desenvolvimento**. [S.l.]. v. 6, n. 30, p. 46 -50, 2003.

CAMBUIM, J. **Sistema silvipastoril com *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. como alternativa de sustentabilidade**. 2013. 92 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) –Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2013.

CAMBUIM, J. **Fragmentos florestais e testes de progênies: opções para a coleta de sementes em espécies arbóreas nativas do cerrado no bolsão sul-mato-grossense**. 2017– Ilha Solteira:[s.n.], 2017. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2017.

CAMBUIM, J; ZARUMA, D. G; SILVA, A. M.; CANUTO, D. S. O.; MORAES, M. A.; MORAES, M. L. T. **Dinâmica de espécies arbóreas em um fragmento de cerrado no Bolsão Sul-Matogrossense**. Curitiba: Appris, 2021. 71 p.

CARMO, S. E.; BONETTO, N. C. F. **Implantação de matas ciliares para recuperação e reabilitação de recursos hídricos**. Revista Acadêmica Oswaldo Cruz, São Paulo, v. 3, n. 9, 2016. Disponível em:

<http://revista.oswaldocruz.br/Edicao_09/Artigos>. Acesso em 5 de fevereiro de 2022.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidade e uso da madeira**. Colombo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisas Florestais, 1994. 640p.

CARVALHO, P. E. R. **Aroeira-verdadeira: taxonomia e nomenclatura**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 16 p.

CARVALHO, P.E.R; ZELAZOWSKI, W. H.; KAMINSKI, N. L.; LOPES, G. L. Comparação entre espécies florestais nativas em Foz do Iguaçu, PR. Colombo: Embrapa Florestas, 1999. 2 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/290786>. Acesso em 09 de fevereiro de 2022.

CASTRO, D.; MELLO, R. S. P.; POESTER, G. C.. **Práticas para restauração da mata ciliar**. Porto Alegre: Catarse – Coletivo de Comunicação, 2012. 60 p.

CORRÊA, A. J. M. **Banco de germoplasma de populações de *Astronium urundeuva* (m. Alemão) engl. procedentes do cerrado e sua importância frente às mudanças climáticas**. 2021, 193 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2021.

COSTA, R. S; BORINELLI, B. **Estado e sustentabilidade : múltiplas e contestadas faces**. Palhoça : Ed. Unisul, 2020. 203 p.

CNCFlora. *Myracrodruon urundeuva*. In: Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Myracrodruon urundeuva](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Myracrodruon%20urundeuva)>. Acesso em 7 de março de 2022.

CURTO, R. A.; SILVA, G. F.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, L. T.; DAVID, H. C. Métodos de estimação de altura de árvores em Floresta Estacional Semidecidual. **Revista Floresta**, Curitiba, v.43, n.1, p.105-116, 2013.

DAVIDE, A. C.; FERREIRA, R. A.; FARIA, J. M. R.; BOTELHO, S. A. Restauração de matas ciliares. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 207,. p. 65-74, 2000.

DE VRIES, A.; RIPLEY, B. D. **ggdendro: create dendrograms and tree diagrams using 'ggplot2'**. 2022. Disponível em <https://CRAN.R-project.org/package=ggdendro>. Acesso em 17 de abril de 2022.

DURIGAN, G.; SILVEIRA, E. R. Recomposição da mata ciliar em domínio de cerrado, Assis, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 27, n. 56, p. 135-144, dez. 1999

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS-FAO. Cuadro de expertos de la FAO en recursos genéticos forestales: con listas de Prioridades para los Recursos Genéticos Forestales. Rome: FAO, 2001. 108 p. Disponível em: <<https://www.fao.org/3/y3947s/y3947s.pdf>>. Acesso em 10 de fevereiro de 2022.

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 Ciências da Terra**, Paraíba, v.8, n.1, p. 198-206, 2008.

FERRAZ, R. P. D.; PRADO, R. B.; PARRON, L. M.; CAMPANHA, M. M. **Marco Referencial em Serviços Ecosistêmicos**. Brasília: Embrapa, 2019. 121 p.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. Embrapa-Cenargen, Brasília. 1998. 220 p.

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 ecológicos para revegetação com nativas no Estado de São Paulo. **Revista Florestar Estatístico**, São Paulo, v. 3, n. 7, p. 73-77, 1995

FIELD, D.L.; PICKUP, M.; BARRETT, S.C.H. Comparative analyses of sex-ratio variation in dioecious flowering. **Evolution**, Oxford, v.67, n.3, p.661–672, 2013.

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**, Brasília, v. 18, n.3, p.573-580. 2004.

FISHER, B.; TURNER, R.K.; MORLING, P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. **Ecological Economics**, [S.I.] v. 68, n. 3, p. 643–653, 2009.

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, 2003.

FONSECA, R. C. B; OLIVEIRA, R. E. Ecologia de lianas e o manejo de fragmentos florestais. **IPEF-Série Técnica**, Piracicaba, v. 12, n. 32, p. 43-64, dez. 1998

FLÖRSHEIM, S. M.; TOMAZELLO FILHO, M. Dendrologia e anatomia da madeira de aroeira - *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F.Allemão (Anacardiaceae). **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 6, p. 75-85, 1994.

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 progênies de

Myracrodruon urundeuva Fr.All. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v.19, n.2, p.65-72, 2007.

GLASENAPP, J. S. ; CASALI, V. W. D. ; MARTINS, E. R. ; CRUZ, BARBOSA, P. B. Descrição da diversidade genética de populações naturais de barbatimão *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) coville em unidades de conservação de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v.38, n.1, p.103-112, 2014.

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**, Faisalabad, v.6, n.2, p.34-38, 2010.

HUBER, N. **ggdendroplot: create dendrograms for ggplot2**. 2021.
Disponível em: < <https://rdr.io/github/Solatar/ggdendroplot/> > Acesso em 17 de abril de 2022.

KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B. Recuperação de áreas ciliares. *In*: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Eds.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2 ed. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2001. p. 249-270.

KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B.; OLIVEIRA, R.E. Biodiversidade e restauração da floresta tropical. *In*: _____ **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. 1 ed rev. Botucatu: FEPAF, 2008. cap. 2. p. 27-48. 340p.

KARP, A. **Molecular tools in plant genetic resources conservation: a guide to the technologies**. Roma: Bioversity International. 1997. 47 p.

KENGEN, S. A. Política florestal brasileira: uma perspectiva histórica, Série Técnica IPEF. 2001. *In*: SIMPÓSIO IBERO AMERICANO DE GESTÃO E ECONOMIA FLORESTAL, 1. 2001, Porto Seguro. **Anais [...]** Piracicaba: Instituto de Pesquisa e Estudo Florestais, 2001. p. 18-34. (Série Técnica).

KREMERS, Antoine et al. Long-distance gene flow and adaptation of forest trees to rapid climate change. **Ecology letters**, [S. l.] v. 15, n. 4, p. 378-392, 2012.

KUHLMANN, E. Aspectos gerais da vegetação do alto São Francisco. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, v.13, n.3, p.465-472, 1951.

KUNTSCHIK, D. P.; DUARTE, M., UEHARA, T. H. K. **Matas ciliares**. 2.ed. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2014. 80 p.

LLERAS, E. Conservação de recursos genéticos florestais. *In*: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2, 1992, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p.1179-1184,.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**, Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992. 384 p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras. Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 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**, Texas, v. 6, p. 3-13, 2008.

MACEDO, A.C.; KAGEYAMA, P. Y.; COSTA, L. G. S. **Revegetação: Matas Ciliares e de produção ambiental**. São Paulo: Fundação Florestal, 1993. 26 p.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2007. 255p.

MACHADO, P. A. L. Direito à informação ambiental. **Revista de Informação Legislativa**, Brasília, v. 21, n. 84, p. 221-232, 1984.

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. 127 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1996.

MELO, M. F. V. **Diversidade genética, estrutura genética espacial, sistema de reprodução e fluxo gênico em jenipapo (*Genipa americana* Linnaeus) utilizando marcadores microssatélites**. 2016. 64 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.

METZGER, J. P., Estrutura de paisagem: o uso adequado de métricas. In: CULLEN Jr., L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PADUA, C. (Org.). **Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo de Vida Silvestre**. Curitiba: Ed. da UFPR; Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 2003. 667p.

MONDINI, L.; NOORANI, A.; PAGNOTTA, M. A. Assessing plant genetic diversity by molecular tools. **Diversity**, Basel, v. 1, n. 1, p. 19-35, 2009

MONTEIRO, J. M.; SOUZA, J. S.N., NETO, E. M. F. L, SCOPEL, K.; TRINDADE, E. F. Does total tannin content explain the use value of spontaneous medicinal plants from the Brazilian semi-arid region? **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Seropédica, v. 24, n. 02, p. 116-123, 2014.

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. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.2, p.281-289, 2005.

NOGUEIRA, J. C. B. **Reflorestamento heterogêneo com essências indígenas**. São Paulo: Instituto Florestal, 1977. 74 p.

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

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**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 957-969, 1982.

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. **Revista Árvore**, Viçosa, v.32, p.233-243, 2008.

NUNES, A. C. P.; RESENDE, M. D. V.; SANTOS, G. A.; FREITAS, A. F. Conservação genética de espécies florestais nativas: número de progênes e indivíduos a conservar para garantir a perpetuação da espécie no ambiente. **Boletim Técnico SIF**, Viçosa, v. 1, n. 05, p. 1-6, 2021.

OLIVEIRA, S. A.; MORAES, M. L. T.; KURAMOTO, C. M.; SIQUEIRA, A. C. M. F.; KAGEYAMA, P. Y. Variação genética em progênes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes condições de cultivo. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 155–166, 2000. Disponível em <http://www.iflorestal.sp.gov.br/RIF/RevistaI/RIF12-2/RIF12-2_155-166.pdf>. Acesso em 7 de março de 2022.

OLIVEIRA, A. L. A. **A reserva florestal e os princípios constitucionais da isonomia e razoabilidade**. 2007. 233 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Centro Universitário de Araraquara, Araraquara, 2007.

PAIVA, J. R. Conservação *ex Situ* de recursos genéticos de plantas na região tropical úmida. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 24, n.1-2, p. 63-80. 1994.

PAIVA, J. R.; VALOIS, A. C. C. Espécies selvagens e sua utilização no melhoramento. In: NASS, L. L. L.; VALOIS, A. C. C., MELO, I. S.; INGLIS, M. C. V. **Recursos genéticos e melhoramento: plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 79-99.

PÉREZ DE LA VEGA, M.; GARCIA, P. Análisis de la variación genética em las poblaciones. In: NUEZ, F.; CARILLO. J (Ed.). **Los marcadores genéticos em la mejora vegetal**. Valência: edUPV, 2000. p. 409-440.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Planta, 2001. 328 p.

RAMOS, M.A., MEDEIROS, P.M., ALMEIDA, A.L.S., FELICIANO, A.L.P., ALBUQUERQUE, U.P. Can wood quality justify local preferences for firewood in

an area of caatinga (dryland) vegetation. **Biomass Bioenergy**, v. 32, n. 6, p. 503-509. 2008

REIS, C.A.F. SOUZA, A. M.; MENDONÇA, E. G.; GONÇALVES, F. R.; MELO, R. M. G.; CARVALHO, D. Diversidade e estrutura genética espacial de *Calophyllum brasiliense* Camb. (Clusiaceae) em uma floresta paludosa. **Revista Árvore**, Viçosa, v.33, n.2, p. 265-275, 2009.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.
RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestal, 2007a. 561 p.
RESENDE, M.D.V. Software Selegen-REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.16, p.330-339, 2016.

RIBEIRO, J. F. et al. **Espécies vegetais nativas recomendadas para recomposição ambiental no bioma cerrado**. Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2018.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008, v. 1, cap. 6. p.151-212

RIZZINI, C. T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira**. São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 294 p.

ROLIM, M. T. **Variabilidade genética de *Copaifera multijuga* Hayne e sua relação com a produção de oleorresina**. 2021. 78 f. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós Graduação em Ciências de Florestas Tropicais) - Coordenação do Programa de Pós Graduação, INPA, 2021.

ROQUE, A. A.; ROCHA, R. M.; LOIOLA, M. I. B.. Uso e diversidade de plantas medicinais da Caatinga na comunidade rural de Laginhas, município de Caicó, Rio Grande do Norte (Nordeste do Brasil). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Maringá, v. 12, n. 1, p. 31-42, 2010.

SALVADOR, J. L. G. **Considerações sobre as matas ciliares e a implantação de reflorestamentos mistos nas margens dos rios e reservatórios**. 2. Ed. São Paulo: CESP/ARI, 1989, 15p.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Cerrados - Informação Tecnológica, 2008, 406p.

SANT'ANA, V.Z. **Proporção sexual em populações de *Myracrodruon urundeuva* para fins de formação de pomares de sementes por mudas**. 2017. 64p. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2017.

SANTIN, D. A.; LEITÃO FILHO, H. F. Restabelecimento e revisão taxonômica do gênero *Myracrodruon* Freire Alemão (Anacardiaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.14, n. 2, p.133-145, 1991.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A. V.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., Brasília: Embrapa, 2018.

SEBBENN, A.M.; FREITAS, M.L.M.; ZANATTO, M.C.S.; MORAIS, E.; MORAES, M. A. Comportamento da variação genética entre e dentro de procedências e progênes de *Gallesia integrifolia* Vell. Moq. para caracteres quantitativos. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 151-63, 2009.

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

SCHULMAN, Alan H. Molecular markers to assess genetic diversity. **Euphytica**, Dordrecht, v. 158, n. 3, p. 313-321, 2007.

SILVA, A. M. **Reflorestamento ciliar à margem do Reservatório da Hidrelétrica de Ilha Solteira em diferentes modelos de plantio**. 2007. 137 f. Dissertação (mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 2007. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/98883>>. Acesso em 8 de março de 2022.

SILVA, A. M.; CANUTO, D. S.O; CAMBUIM, J.; MORAES, M. L.T. **Reflorestamento ciliar em diferentes modelos de plantio: Margem do reservatório da hidrelétrica de Ilha Solteira**. 1. Ed. Curitiba, Appris, 2016. 191p.

SILVA, A. M.; MORAES, M. L. T.; BUZETTI, S. Propriedades químicas de solo sob reflorestamento ciliar após 20 anos de plantio em área de cerrado. **Revista Árvore**. Viçosa, v. 35, n. 1, p. 97-106, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/27744>>. Acesso em 7 de março de 2022.

SILVA, L. O. Recomposição de matas nativas empreendida pela CESP: evolução do programa e concepções norteadoras. *In*: 2º CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 1992, São Paulo, **Anais [...]**. São Paulo: [s.n.], 1992. p. 1054- 1060.

SILVA, M. I. G.; MELO, C. T.; VASCONCELOS, L. F.; CARVALHO, A. M. R.; SOUSA, F. C. F. Bioactivity and potential therapeutic benefits of some medicinal plants from the Caatinga (semi-arid) vegetation of Northeast Brazil: a review of the literature (2012). **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, Seropédica, v. 22, n. 1, p. 193-207, 2012.

SILVA, M. S. **Diversidade, estrutura genética e parentesco em populações de [Hevea brasiliensis (Wild. Ex Adr. De Juss.) Muell.-Arg] conservadas ex**

situ. 2019. 81 f. Tese (Doutorado em Sistema de Produção). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2019.

SINCLAIR, J.P.; EMLLEN, J.; FREEMAN, D.C. Biased sex ratios in plants: theory and trends. **Botanical Review**, Bronx, v.78, n.1, p.66-86, 2012.

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

SOUZA, D. C. L.; ROSSINI, B. C.; SOUZA, F. B.; SEBBENN, A. M.; MARINO, C. L.; MORAES, L. T. Development of microsatellite markers for *Myracrodruon urundeuva* (F.F. & M.F. Allemão), a highly endangered species from tropical forest based on next-generation sequencing. **Molecular Biology Reports**. Dordrecht. v.45, p.71–75, 2018. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/179471>>. Acesso em 8 de março de 2022.

SOUZA, P. B.; SOUZA, A. L.; COSTA, W. S.; PELOSO, R. V. D. LANA, J. M. Florística e diversidade das espécies arbustivo-arbóreas regeneradas no sub-bosque de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. **CERNE**. Lavras, v. 18, n. 3, p. 413-421, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0104-77602012000300008>>. Acesso em 8 de março de 2022.

THE ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III: the angiosperm phylogeny group. **Botanical Journal of the Linnean Society**, Londres, v. 161, n. 2, p. 105–121, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>. Acesso em 10 de abril de 2022.

VALOIS, A.C.; NASS, L.L.; GOES, M. Conservação "ex situ" de recursos genéticos vegetais. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES-INGLIS, M.C. **Recursos Genéticos e Melhoramento plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001, p.29-55.

VELOSO, H. P. Fitofisionomia e algumas considerações sobre a vegetação do CentroOeste brasileiro: relatório à comissão de estudos geográficos da região Centro Oeste do Brasil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**. Rio de Janeiro, v.46, n.4, p.813-852, 1948.

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

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

VIANA, G.; CALOU, I.; BANDEIRA, M.A.; GALVÃO, W.; BRITO, G.A. *Myracrodruon urundeuva* Allemão, a Brazilian medicinal species, presents

neuroprotective effects on a Parkinson's disease model, in rats. **European Neuropsychopharmacology**, Amsterdam, v.24, n.2, p.230–231, 2014.

VIEGAS, M. P.; SILVA, C. L. S. P.; MOREIRA, J. P.; CARDION, L. T.; AZEVEDO, V. C. R.; CIAMPI, A. Y; FREITAS, M. L. M; MORAES, M. L. T.; SEBBEN, A. M. Diversidade genética e tamanho efetivo de duas populações de *Myracrodruon urundeuva* fr. all., sob conservação *ex situ*. **Revista Árvore**, Viçosa, v.35, n.4, p.769-779, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/27749>>. Acesso em 20 de abril de 2022.

WADSWORTH, F.H. **Producción florestal para América Tropical**. Washington: USDA, 2000.

WICKHAM, H. **ggplot2: elegant graphics for data analysis**. 2016. Disponível em <https://ggplot2.tidyverse.org/>. Acesso em 17 de abril de 2022.

UNESP. **Canal CLIMA da Unesp Ilha Solteira-Área de Hidráulica e Irrigação, 2021**. Disponível em: <https://clima.feis.unesp.br/> Acesso em: 20, de agosto de 2021.

ZULIAN, D. F.; CAMBUIM, J.; SAUL, F. A. C.; 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. Alemão). In: EVANGELISTA, W. V. **Produtos Florestais não Madeireiros: tecnologia, mercado, pesquisas e atualidades**. Guarujá: Editora Científica Digital, 2021, cap. 10, p. 161-180.