

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

FRANCIELI ALVES CALDEIRA SAUL

**PROGÊNIES DE *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. EM DIFERENTES SISTEMAS DE
PLANTIO PARA FINS DE CONSERVAÇÃO GENÉTICA *ex situ***

Ilha Solteira
2020

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

FRANCIELI ALVES CALDEIRA SAUL

PROGÊNIES DE *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. EM DIFERENTES SISTEMAS DE PLANTIO PARA FINS DE CONSERVAÇÃO GENÉTICA *ex situ*

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

Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes
Orientador

Dra. Silvelise Pupin
Coorientadora

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

S256p Saul, Francieli Alves Caldeira.
Progênies de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. em diferentes sistemas de plantio para fins de conservação genética *ex situ* / Francieli Alves Caldeira Saul. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2020
74 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistema de Produção, 2020

Orientador: Mario Luiz Teixeira de Moraes

Coorientadora: Silvelise Pupin

Inclui bibliografia

1. Aroeira. 2. Espaçamento. 3. Parâmetros genéticos. 4. Tamanho efetivo.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Progenies de Myracrodruon urundeuva Fr. All. em diferentes sistemas de plantio para fins de conservação genética ex situ

AUTORA: FRANCIELI ALVES CALDEIRA SAUL

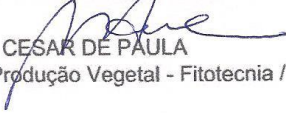
ORIENTADOR: MARIO LUIZ TEIXEIRA DE MORAES

COORIENTADORA: SILVELISE PUPIN

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


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


Dr. JOSÉ CAMBUIM
Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP


Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA
Departamento de Produção Vegetal - Fitotecnia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal - UNESP

Ilha Solteira, 20 de fevereiro de 2020

Dedico este, bem como todas as minhas conquistas, aos meus pais Mariano e Estelina, por terem me preparado para os desafios da vida e por todo o apoio, vocês me educaram com amor, se dedicaram à minha educação como ser humano, vocês fizeram de mim a pessoa que hoje sou, e eu só tenho motivos para agradecer.

Ao meu esposo Regivan Saul que ao longo desses meses me deu não só força, mas apoio para vencer essa etapa da vida acadêmica. Obrigada, por tudo.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado força e confiança para acreditar no meu sonho e lutar por alcançar aquilo que acredito. Ele que levantou minha cabeça e me deu força para superar as dificuldades e não desistir nos momentos mais difíceis. Enfim, muito obrigada meu Deus, obrigada por os Teus planos para a minha vida serem sempre maiores do que os meus sonhos!

Agradeço ao meu amigo e orientador, Mario Luiz Teixeira de Moraes, o qual aprendi a admirar e respeitar, pela paciência, pelo incentivo e, principalmente, por acreditar em minha capacidade.

Um agradecimento especial para à minha coorientadora, Doutora Silvelise Pupin, obrigada pela sua disponibilidade e incentivo que foram fundamentais para realizar e prosseguir este estudo. Não posso esquecer a sua grande contribuição para o meu crescimento como pesquisadora. Eternamente grata por todo o apoio.

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

Não existem palavras que consigam expressar com justiça toda gratidão que sinto, por uma pessoa que contribuiu muito para que eu chegasse até aqui, muito obrigada Rosalina Maria Alves Rapassi pelo grande apoio e incentivo.

À equipe do Laboratório de Genética de Populações e Silvicultura –LGPS, em especial, a Técnica do LGPS Selma Maria Bozzite de Moraes que sempre me incentivou e apoiou, sempre ajudando no que fosse possível, muito obrigada pelo carinho, amizade e colaboração durante esses anos.

Ao longo de todo meu percurso eu tive o privilégio de trabalhar de perto com os melhores professores, educadores, orientadores. Sem eles não seria possível estar aqui hoje de coração repleto de orgulho.

A todos os funcionários e técnicos da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da FEIS/UNESP pela colaboração, respeito e auxílio na pesquisa de campo, pois vocês formam uma ótima equipe de trabalho, e quero que saibam que é uma honra

trabalhar com um grupo tão extraordinário quanto este, em especial, ao José Cambuim, Alexandre Marques da Silva, Alonso A. da Silva, muito obrigado pelos ensinamentos e pela ajuda.

Às amizades que levo dessa etapa da vida, pois cada novo amigo que ganhamos no decorrer da vida aperfeiçoa-nos e enriquece-nos, não tanto pelo que nos dá, mas pelo que nos revela de nós mesmos, em especial a Daniele Fernanda Zulian, Silvelise Pupin, Maiara Ribeiro Cornacini, Luciane Missae Sato.

A todos, meus sinceros agradecimentos, MUITO OBRIGADA!

RESUMO

A conservação genética *ex situ* é um complemento importante de estratégias para resguardar a diversidade genética de espécies florestais, em especial, daquelas ameaçadas de extinção ou vulneráveis, como é o caso da *Myracrodruon urundeuva*. O objetivo desse trabalho foi avaliar a sobrevivência, a variação genética para caracteres de crescimento, a proporção sexual e indicar espaçamentos adequados para o desenvolvimento, em testes de progênies de *M. urundeuva*, instalados em diferentes sistemas de plantio, visando fornecer subsídios para conservação *ex situ* da espécie. Os experimentos foram instalados em Selvíria-MS, no ano de 2006, na região do Bolsão sul-mato-grossense: o teste de progênies em sistema de plantio multi-espécies (TP-MUE) e teste de progênies em plantio homogêneo (TP-DES). Aos 12 anos de idade foram avaliados os caracteres silviculturais: altura (ALT, m), diâmetro a altura do peito (DAP, cm), diâmetro médio de copa (DMC, m), qualidade do fuste (QF), sobrevivência (SOB, %) e o número de árvores masculinas (Nm), número de árvores femininas (Nf), monóicas (Mo) e sem florescimento (Sf). As estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos foram obtidas pelo procedimento REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada). A taxa de sobrevivência (SOB) foi alta e semelhante para o TP-MUE e o TP-DES. A média para ALT variou de 7,58 m (TP-MUE) a 10,02 m (TP-DES); para DAP de 8,24 cm (TP-MUE) a 10,91 cm (TP-DES). O DMC também foi maior no TP-DES (4,60 m), devido aos espaçamentos amplos que permitiram maior desenvolvimento. As médias para QF foram 3,16 m (TP-MUE) e 2,68 m (TP-DES). A acurácia e herdabilidade da média de progênies variaram de moderada a alta (0,62 a 0,85 para acurácia, e 0,39 a 0,72 para herdabilidade). O LRT (teste da razão de verossimilhança) indicou diferenças genéticas significativas entre as progênies e o coeficiente de variação genética foi alto (> 13%). Na análise dos espaçamentos, o tratamento 8, que corresponde uma área de 28,44 m² árv.⁻¹ foi o melhor para o desenvolvimento da ALT e DAP de *M. urundeuva*, com a mesma tendência para o DMC. Para QF, os melhores tratamentos foram 6 e 3, que correspondem a áreas de 13,26 m² árv.⁻¹ e 4,23 m² árv.⁻¹ respectivamente. A análise de qui-quadrado indicou diferenças significativas entre plantas com florescimento masculino e feminino, nos dois testes de progênies. No TP-MUE, na proporção de 2♂:1♀, no TP-DES, na proporção de 4♂:1♀. O *Ne* (tamanho efetivo) do TP-MUE representou 38% do *Ne* esperado, e o *Ne* do TP-DES 12% do *Ne* esperado. Portanto, existe variabilidade genética para conservação genética *ex situ* de *M. urundeuva* a curto prazo e o sistema de plantio não influenciou no desenvolvimento dos indivíduos. Independente do sistema de plantio a conservação genética *ex situ* resguarda a variabilidade genética da população natural.

Palavras-chave: Aroeira. Espaçamento. Parâmetros genéticos. Tamanho efetivo.

Abstract

Ex situ genetic conservation is an important complement to strategies to safeguard the genetic diversity of forest species, especially those threatened with extinction or vulnerable, such as *Myracrodruon urundeuva*. The objective of this work was to evaluate survival, genetic variation for growth traits, sexual proportion and to indicate adequate spacing for development, in tests of progenies of *Myracrodruon urundeuva*, installed in different planting systems, aiming to provide subsidies for *ex situ* conservation of the species. The experiments were installed in Selvíria-MS, in 2006, in the Bolsão sul-mato-grossense region: the test of progenies in multi-species planting system (TP-MUE) and test of progenies in homogeneous planting (TP-DES). At 12 years of age, silvicultural characters were evaluated: height (ALT, m), diameter at breast height (DBH, cm), average crown diameter (DMC, m), shaft quality (QF), survival (SOB, %) and the number of males (Nm), number of females (Nf), monoecious (Mo) and without flowering (Sf). The estimates of the variance components and genetic parameters were obtained using the REML/BLUP procedure (maximum restricted likelihood/best unbiased linear prediction). The survival rate (SOB) was high and similar for TP-MUE and TP-DES. The mean for ALT ranged from 7.58 m (TP-MUE) to 10.02 m (TP-DES); for 8.24 cm DAP (TP-MUE) to 10.91 cm (TP-DES). The DMC was also higher in the TP-DES (4.60 m), due to the wide spacing that allowed greater development. The averages for QF were 3.16 m (TP-MUE) and 2.68 m (TP-DES). The accuracy and heritability of the average of progenies varied from moderate to high (0.62 to 0.85 for accuracy, and 0.39 to 0.72 for heritability). The LRT indicated significant genetic differences between the progenies and the coefficient of genetic variation was high (> 13%). In the analysis of the spacing, the treatment 8, which corresponds to an area of 28.44 m² árv.⁻¹, was the best for the development of ALT and DAP of *M. urundeuva*, with the same tendency for DMC. For QF, the best treatments were 6 and 3, which correspond to areas of 13.26 m² árv.⁻¹ and 4.23 m² árv.⁻¹ respectively. The chi-square analysis indicated significant differences between male and female flowering plants, in the two progeny tests. In TP-MUE, in the proportion of 2♂: 1♀, in TP-DES, in the proportion of 4♂: 1♀. The *Ne* of TP-MUE represented 38% of the expected *Ne*, and the *Ne* of TP-DES 12% of the expected *Ne*. Therefore, there is genetic variability for *ex situ* genetic conservation of *M. urundeuva* in the short term and the planting system did not influence the development of individuals. Regardless of the planting system, *ex situ* genetic conservation protects the genetic variability of the natural population.

Keywords: Aroeira. Effective size. Genetic parameters. Spacing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Indivíduos adultos (A e B) em uma população natural de <i>Myracrodruon urundeuva</i> , localizada no município de Selvíria-MS.....	17
Figura 2	- Florescimento de <i>Myracrodruon urundeuva</i> em Selvíria-MS. Em (A) panículas com flores masculinas e em (B) frutos da árvore feminina.....	18
Figura 3	- Distribuição geográfica da <i>Myracrodruon urundeuva</i> no território brasileiro.....	20
Figura 4	- Tronco de indivíduos adultos de <i>Myracrodruon urundeuva</i> (A e B) em um teste de progênie localizado no município de Selvíria-MS..	21
Figura 5	- Fitofisionomias do bioma Cerrado.....	24
Figura 6	- Mapas dos modelos globais de prioridade da conservação. CE: ecorregiões de crises; BH: <i>hotspots</i> de biodiversidade; MC: países com megadiversidades e; G200: ecorregiões globais.....	25
Figura 7	- Imagem via satélite do teste de progênie de <i>Myracrodruon urundeuva</i> em sistema de multi-espécie (TP-MUE) localizado em Selvíria-MS.....	34
Figura 8	- Esquema das disposições das árvores no TP-MUE com as espécies <i>Jacaranda cuspidifolia</i> (jacarandá-caroba), <i>Cordia trichotoma</i> (louro-pardo) e <i>Mabea fistulifera</i> (canudo-de-pito).....	35
Figura 9	- Imagem via satélite do teste de progênie de <i>Myracrodruon urundeuva</i> em diferentes espaçamentos (TP-DES), localizado em Selvíria-MS.....	36
Figura 10	- Esquema de plantio das entrelinhas e distâncias nas linhas, do teste de progênie de <i>Myracrodruon urundeuva</i> em diferentes espaçamentos (TP-DES), em Selvíria-MS.....	37
Figura 11	- Escala de notas para bifurcação, considerando um fuste de 2,20 m: 1 : Bifurcação abaixo de 1,30 com diâmetro igual ao fuste principal; 2 : Bifurcação acima de 1,30 com diâmetro igual ao fuste principal; 3 : Bifurcação abaixo de 1,30 com diâmetro inferior ao fuste principal; 4 : Bifurcação acima de 1,30 com diâmetro inferior ao fuste principal; 5 : Sem bifurcação.....	39
Figura 12	- Escala de notas para Retidão, considerando um fuste de 2,20 m: 1 : Tortuosidade acentuada em toda extensão; 2 : Tortuosidade acentuada abaixo de 1,30; 3 : Tortuosidade acentuada acima de	39

1,30; **4**: Leve tortuosidade em toda extensão; **5**: Sem tortuosidade.....

Figura 13 - Equações de regressão para altura total (ALT, m), diâmetro a altura do peito (DAP, cm), diâmetro médio da copa (DMC, m) e qualidade do fuste (QF) de <i>Myracrodruon urundeuva</i> aos 12 anos de idade, em Selvíria-MS.....	54
Figura 14 - Desenvolvimento da sexagem por tratamento (espaçamento), em um teste de progênies de <i>Myracrodruon urundeuva</i> em sistema de plantio homogêneo, aos 12 anos de idade, em delineamento sistemático tipo “leque”, em Selvíria MS.....	58
Figura 1A - Croqui de campo do TP-MUE (FEPE/FEIS/UNESP), no município de Selvíria-MS.....	73
Figura 2A - Croqui de campo do TP-DES (FEPE/FEIS/UNESP), no município de Selvíria-MS.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Valores da distância radial, área por planta e densidade de plantas para tratamentos (espaçamentos), no delineamento sistemático tipo “leque”	37
Tabela 2	- Estimativas de coeficiente de variação experimental (CV_e); média geral (\hat{m}) e teste da razão de verossimilhança (LRT), dos testes de progênies teste de progênies multi-espécie (TP-MUE) e teste de progênies em diferentes espaçamentos (TP-DES) de <i>Myracrodruon urundeuva</i> para altura total (ALT, m), diâmetro a altura do peito (DAP, cm), diâmetro médio da copa (DMC, m) e qualidade do fuste (QF) aos 12 anos de idade, em Selvíria-MS.....	46
Tabela 3	- Estimativas de parâmetros genéticos do teste de progênie em multi-espécie (TP-) e teste de progênies em diferentes espaçamento (TP-DES) de <i>Myracrodruon urundeuva</i> para altura total (ALT, m), diâmetro a altura do peito (DAP, cm), diâmetro médio da copa (DMC, m) e qualidade do fuste (QF) aos 12 anos de idade, em Selvíria-MS.....	50
Tabela 4	- Análise de deviance (LRT) para altura total (ALT, m), diâmetro a altura do peito (DAP, cm), diâmetro médio da copa (DMC, m) e qualidade do fuste (QF) nos testes de progênies de <i>Myracrodruon urundeuva</i> , em dois sistemas de plantio, aos 12 anos de idade, em Selvíria- MS.....	51
Tabela 5	- Média dos efeitos fixos para os caracteres silviculturais: altura total (ALT, m), diâmetro a altura do peito (DAP, cm), diâmetro médio da copa (DMC, m) e qualidade do fuste (QF), por tratamento (espaçamento), em um teste de progênies de <i>M. urundeuva</i> em sistema de plantio homogêneo, aos 12 anos de idade, em delineamento sistemático tipo “leque”, em Selvíria-MS.	53
Tabela 6	- Frequências observadas (FO) e esperadas (FE) para indivíduos de <i>Myracrodruon urundeuva</i> , com florescimento feminino♀ e masculino♂ nos testes de progênies multi-espécie (TP-MUE) e teste de progênies em diferentes espaçamentos (TP-DES), em SelvíriaMS.....	55
Tabela 7	- Tamanho efetivo (N_e), razão sexual (r), número total de plantas que contribuem com gametas, no evento reprodutivo (t), Número total de plantas masculinas, que floresceram, naquele evento reprodutivo (M), Número total de plantas femininas, que floresceram, naquele evento reprodutivo (F), Número total de plantas masculinas (N_m) e Número total de plantas femininas (N_f) em dois testes de progênies de <i>Myracrodruon urundeuva</i> : teste de progênies multi-espécie (TP-MUE) e teste de progênies em	57

	diferentes espaçamentos (TP-DES), instalados em 2006 na região de Selvíria-MS.....	
Tabela 1A	- . Estimativas de variância e parâmetros genéticos para altura total (ALT), diâmetro a altura do peito (DAP), diâmetro médio da copa (DMC) e qualidade do fuste (QF), aos 12 anos de idade de <i>Myracrodruon urundeuva</i> no município de Selvíria-MS.....	71
Tabela 2A	- Estimativas de variância da Análise de deviance (LRT) para os testes de progênies de <i>Myracrodruon urundeuva</i> , para os caracteres altura total (ALT), diâmetro a altura do peito (DAP), diâmetro médio da copa (DMC) e qualidade do fuste (QF) em dois sistemas de plantio, aos 12 anos de idade, em Selvíria-MS.....	71
Tabela 3A	- Estimativas de variância da média dos efeitos fixos para os caracteres silviculturais, por tratamento (espaçamento), para altura total (ALT), diâmetro a altura do peito (DAP), diâmetro médio da copa (DMC) e qualidade do fuste (QF) em um teste de progênies de <i>Myracrodruon urundeuva</i> em sistema de plantio homogêneo, aos 12 anos de idade, em delineamento sistemático tipo “leque”, em Selvíria-MS.....	72

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS.....	16
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1	Descrição botânica e comportamento da <i>Myracrodruon urundeuva</i> Fr. All.....	17
3.2	Fragmentação Florestal.....	21
3.3	O bioma Cerrado.....	23
3.4	Conservação genética <i>ex situ</i>	25
3.5	Espaçamentos e densidade de plantio em espécies florestais.....	27
3.6	Sistema sexual dioico e proporção sexual de espécies arbóreas.....	29
3.7	Parâmetros genéticos.....	31
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
4.1	Material.....	33
4.2	Mensuração e coleta de dados.....	38
4.3	Análises estatísticas.....	40
4.3.1	Caracteres adaptativos e de crescimento.....	40
4.3.2	Tamanho efetivo.....	42
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
5.1	Sobrevivência.....	44
5.2	Caracteres de crescimento e forma do fuste.....	44
5.3	Parâmetros genéticos.....	47
5.4	Análise conjunta dos sistemas de plantio.....	51
5.5	Análise dos espaçamentos.....	51
5.6	Razão sexual (<i>r</i>) e Tamanho efetivo (<i>Ne</i>).....	55

5.6.1	Sexagem nos diferentes espaçamentos.....	57
6	CONCLUSÃO.....	59
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
	APÊNDICE.....	71

1 INTRODUÇÃO

Processos como o desmatamento representam um problema ambiental recorrente e preocupante. Entre as principais consequências está a formação de fragmentos de vegetação natural que, em geral, são pequenos e podem estar isolados na paisagem. Acrescido a isso, as espécies florestais enfrentam infestações por pragas e doenças, seca, uso e exploração insustentáveis, além das ameaças oriundas das alterações climáticas que poderão comprometer sua sobrevivência (POTTER *et al.*, 2017).

Entre as espécies arbóreas afetadas pelos processos de desmatamento encontra-se a *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (aroeira), que possui madeira de valor comercial elevado. Em decorrência da fragmentação das paisagens naturais e extrativismo, a *M. urundeuva* passou a integrar a lista vermelha de espécies ameaçadas, em categorias de diferentes situações de ameaça e que varia de acordo com a distribuição geográfica (CENTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA FLORA - CNCFlora, 2020).

Pequenos fragmentos florestais, muitas vezes isolados ou que formam mosaicos na paisagem, influenciam os processos reprodutivos em razão do comportamento dos polinizadores e processos de migração e dispersão de pólen e sementes (RAMOS *et al.*, 2016; BALDONI *et al.*, 2017; TAMBARUSSI *et al.*, 2017). Isso torna-se especialmente importante para as espécies florestais que possuem sistemas sexuais dioicos, como a *M. urundeuva*. A redução do número de indivíduos de uma população, conferindo um tamanho efetivo mínimo menor que o adequado, deve implicar em cruzamentos correlacionados ou entre indivíduos aparentados, resultando em efeitos negativos para a geração seguinte, como consequência da depressão endogâmica.

A redução no tamanho das populações pode ser revertida por práticas de manejo de reposição, quando a população estiver em risco de extinção ou apresentar altos níveis de endogamia (SEBBENN; ETTORI, 2001). Para contribuir com isso, é importante verificar a proporção sexual e tamanho efetivo populacional, em especial quando se trata de sistemas sexuais dioicos, buscando entender melhor o comportamento da espécie e propor estratégias de conservação eficientes.

Uma das formas de amenizar as consequências da fragmentação florestal é por meio de estratégias que buscam conservar adequadamente a diversidade

genética de espécies florestais. Entre elas, destaca-se a conservação genética *ex situ*, que pode ser empregada na forma de testes de progênies, permitindo a preservação da variabilidade genética da população e a avaliação da variação genética de características silviculturais, por meio de estimativas de parâmetros genéticos. Adicional a isso, os testes de progênies podem ser instalados em delineamentos experimentais que permitem avaliar o crescimento da espécie em diferentes espaçamentos, ou então, em diferentes sistemas de plantio, como homogêneo ou consorciados com espécies nativas e/ou exóticas, que proporcionam o conhecimento do comportamento silvicultural e ecológico. Como exemplo, encontram-se bases genéticas de diversas espécies arbóreas nativas conservadas em testes de progênies instalados em Selvíria-MS (ZARUMA *et al.*, 2015; BERTONHA *et al.*, 2016; CANUTO *et al.*, 2016a; BERTI *et al.*, 2017; CORNACINI *et al.*, 2017).

Desse modo, os estudos para verificar a variabilidade genética de populações de espécies florestais em situações de ameaça e que possuem sistema sexual dioico são importantes para contribuir com estratégias de conservação genética. Como a proposta deste estudo está relacionada com a conservação genética *ex situ* a partir de um fragmento florestal, em que foi estabelecida uma cidade, questiona-se: por que ainda existem indivíduos nessa população? A existência desses indivíduos remanescentes permite a formação de uma população base para conservação e melhoramento genético? Além disso, o conhecimento de sistemas de plantio e espaçamentos adequados podem permitir o manejo e uso sustentável de espécies nativas, como em sistemas agroflorestais.

2 OBJETIVOS

O objetivo desse trabalho foi estimar a variação genética para características de crescimento, forma do fuste, proporção sexual e a sobrevivência, em testes de progênies de *Myracrodruon urundeuva*, instalados em diferentes sistemas de plantio, visando fornecer subsídios para conservação *ex situ* da espécie e indicar espaçamentos adequados de plantio.

Como objetivos específicos busca-se:

- i) Estimar parâmetros genéticos para caracteres silviculturais e para interação entre progênies e sistemas de plantio em dois testes de progênies de *M. urundeuva*;
- ii) Avaliar o comportamento silvicultural da espécie em sistemas de plantio homogêneo e multi-espécies, e sob diferentes espaçamentos de plantio;
- iii) Determinar a proporção sexual nos testes de progênies e a implicação disso no tamanho efetivo populacional e para conservação genética.

Para isso, buscou-se obter respostas para as seguintes questões que foram elencadas no início da pesquisa:

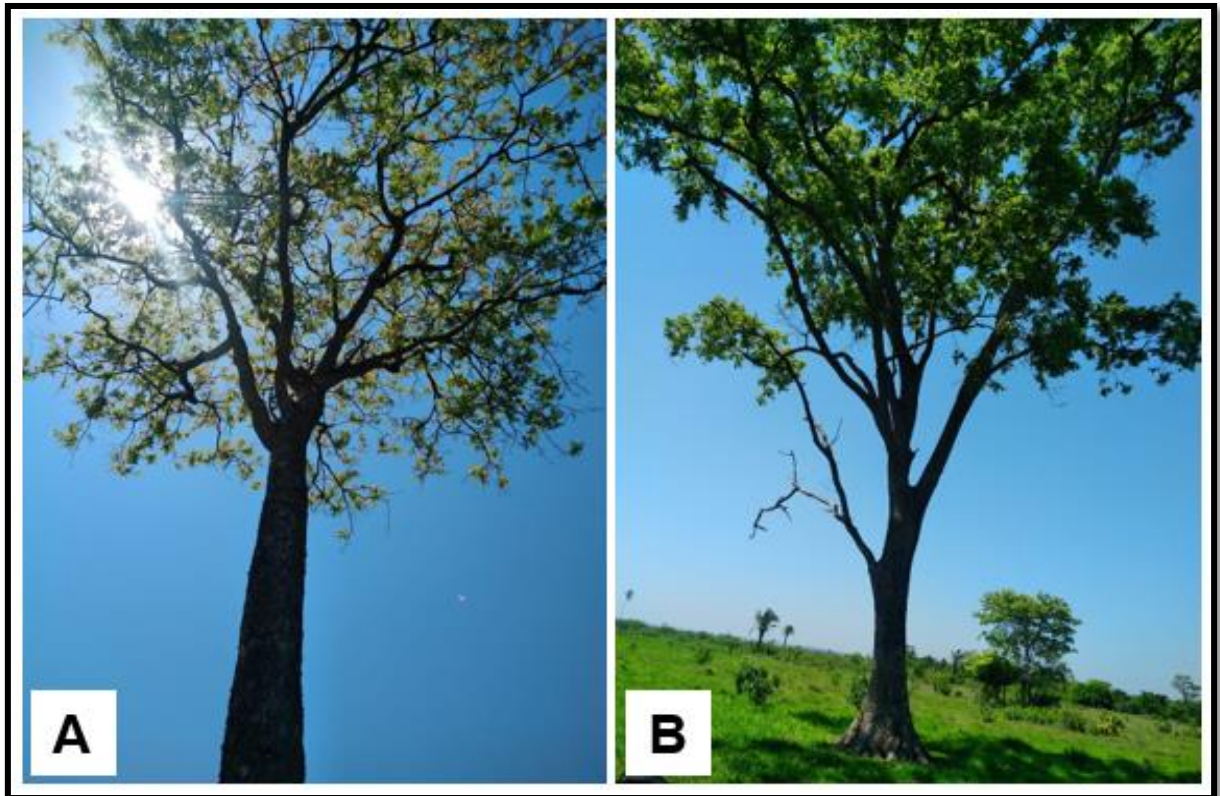
- 1) Existe variação genética para as características silviculturais?
- 2) A proporção sexual de *M. urundeuva* nos diferentes sistemas de plantio difere da proporção esperada de 1:1?
- 3) Existe influência do sistema de plantio na proporção sexual e/ou para os caracteres silviculturais?
- 4) A transformação dos testes de progênies em pomares de sementes por mudas é viável e independe da proporção sexual?
- 5) Existe influência do espaçamento no desempenho silvicultural de *M. urundeuva*?
- 6) Qual a densidade de plantio mais adequada para crescimento e forma do fuste?

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Descrição botânica e comportamento da *Myracrodruon urundeuva* Fr. All

M. urundeuva, popularmente conhecida como aroeira, aroeira-preta ou aroeira do sertão, é uma espécie arbórea nativa que pertence à família Anacardiaceae (Figura 1). No Cerrado e na Caatinga, mede cerca de 6 a 14 m de altura, e em solos mais férteis pode atingir de 20 a 25 m. Possui tronco de 50 a 80 cm de diâmetro e sua madeira é bastante pesada, com densidade de até $1,19 \text{ g cm}^{-3}$, sendo conhecida por ser de grande resistência mecânica e durabilidade (LORENZI, 2014). A *M. urundeuva* possui diversas finalidades como: o tronco para construção civil; cascas e resina para produção de tanino, corantes e remédios; folhas como forragem para o gado; as flores são melíferas; a planta inteira tem grande importância, como uso na recuperação de áreas degradadas (PAREYN *et al.*, 2018).

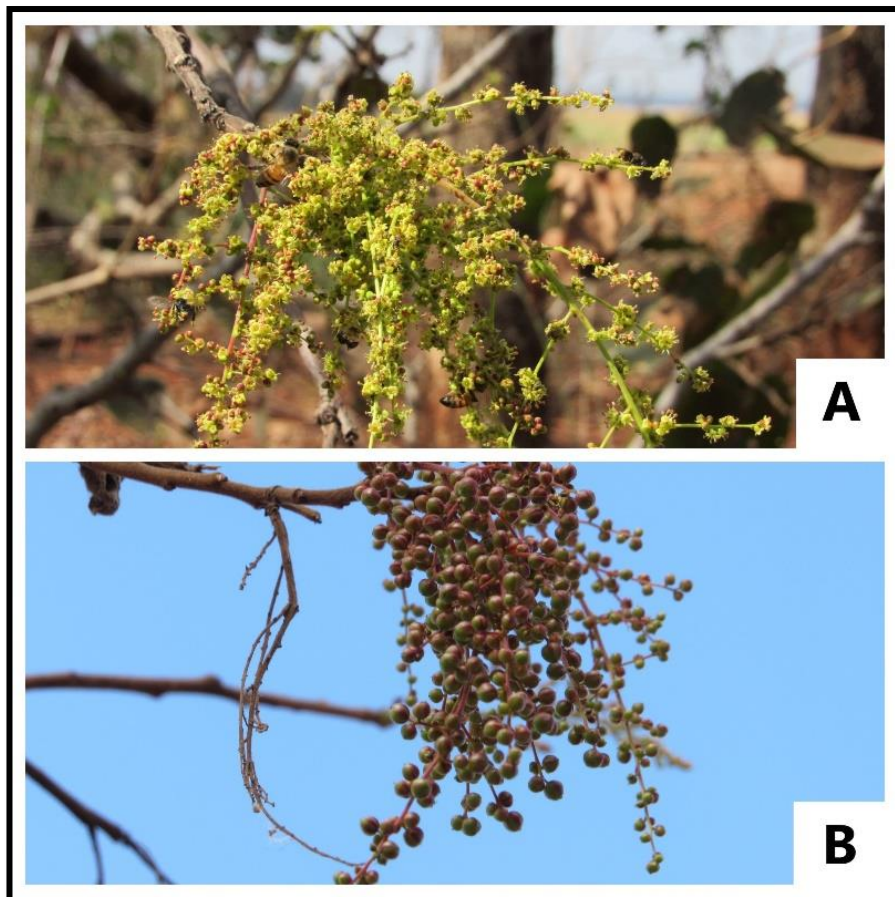
Figura 1. Indivíduos adultos (A e B) em uma população natural de *Myracrodruon urundeuva*, localizada no município de Selvíria-MS.



Fonte: elaboração do próprio autor.

É uma espécie dioica, embora existam relatos de monoecia e hermafroditismo (CARVALHO, 2003; SANT'ANA, 2017). O sistema sexual dioico se caracteriza pela presença de indivíduos masculinos e femininos dentro de populações de plantas (LENZA; OLIVEIRA, 2005). A reprodução ocorre através de cruzamentos (GAINO *et al.*, 2011). A polinização ocorre por insetos, principalmente abelhas. As inflorescências são panículas terminais com flores de coloração amarelada e o florescimento ocorre durante a estação seca, entre os meses de junho e setembro, em geral, com a planta despida de folhagem (CARVALHO, 2003). Na região de Selvíria-MS, onde o estudo foi realizado, o florescimento pode ocorrer em meses diferentes, que vão de julho a setembro (Figura 2A).

Figura 2. Florescimento de *Myracrodruon urundeuva* em Selvíria-MS. Em (A) panículas com flores masculinas e em (B) frutos da árvore feminina.



Fonte: elaboração do próprio autor.

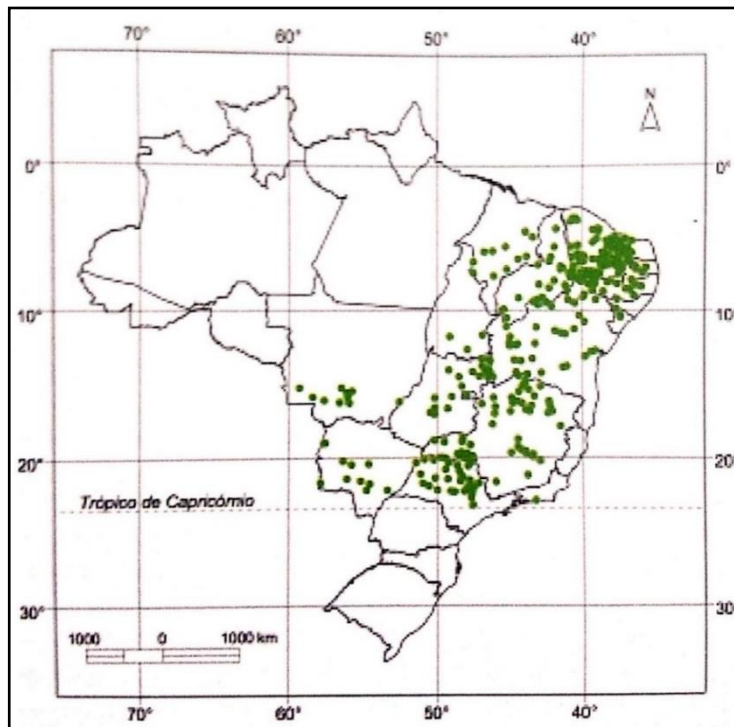
Os frutos são do tipo drupa globosa ou ovóide, com cálice persistente, apontado como um fruto-semente (FELICIANO *et al.*, 2008) (Figura 2B). Os frutos são

produzidos no período frio e seco, e a maturação depende da elevação da temperatura (NUNES *et al.*, 2008). A semente é ortodoxa, não apresenta dormência e a permanência do cálice facilita sua dispersão pelo vento (MEDEIROS, 1998; NUNES *et al.*, 2008). Suas mudas se desenvolvem rápido em viveiros (LORENZI, 2014).

É uma planta que ocorre em agrupamentos. Em florestas primárias é comum a ocorrência concomitante com outras espécies arbóreas, mas em áreas sob algum grau de perturbação, pode ocorrer quase que homoganeamente (FREITAS *et al.*, 2006), caracterizando um comportamento de pioneira antrópica ou monodominante (OLIVEIRA; SOUZA; FERNANDES FILHO, 2014).

A ocorrência de *M. urundeuva* estabelece-se desde a região do Chaco na Argentina, passa pelo Paraguai e Bolívia e vai até a região da Caatinga no Brasil, abrangendo cerca de 16 estados e quatro biomas brasileiros (CARVALHO, 2003). No Brasil, a espécie tem maior ocorrência nos biomas Caatinga e no Cerrado (Figura 3). Atualmente, existem diferentes situações de ameaça da *M. urundeuva* no território nacional, integrando o livro vermelho de espécies ameaçadas na categoria “vulnerável”. De acordo com as categorias estabelecidas pela IUCN – *International Union for Conservation of Nature*, a categoria vulnerável é quando espécies podem se tornar ameaçadas em um futuro próximo uma vez que suas populações estão diminuindo em tamanho em toda sua extensão (IUCN, 2013).

Figura 3. Distribuição geográfica da *Myracrodruon urundeuva* no território brasileiro.



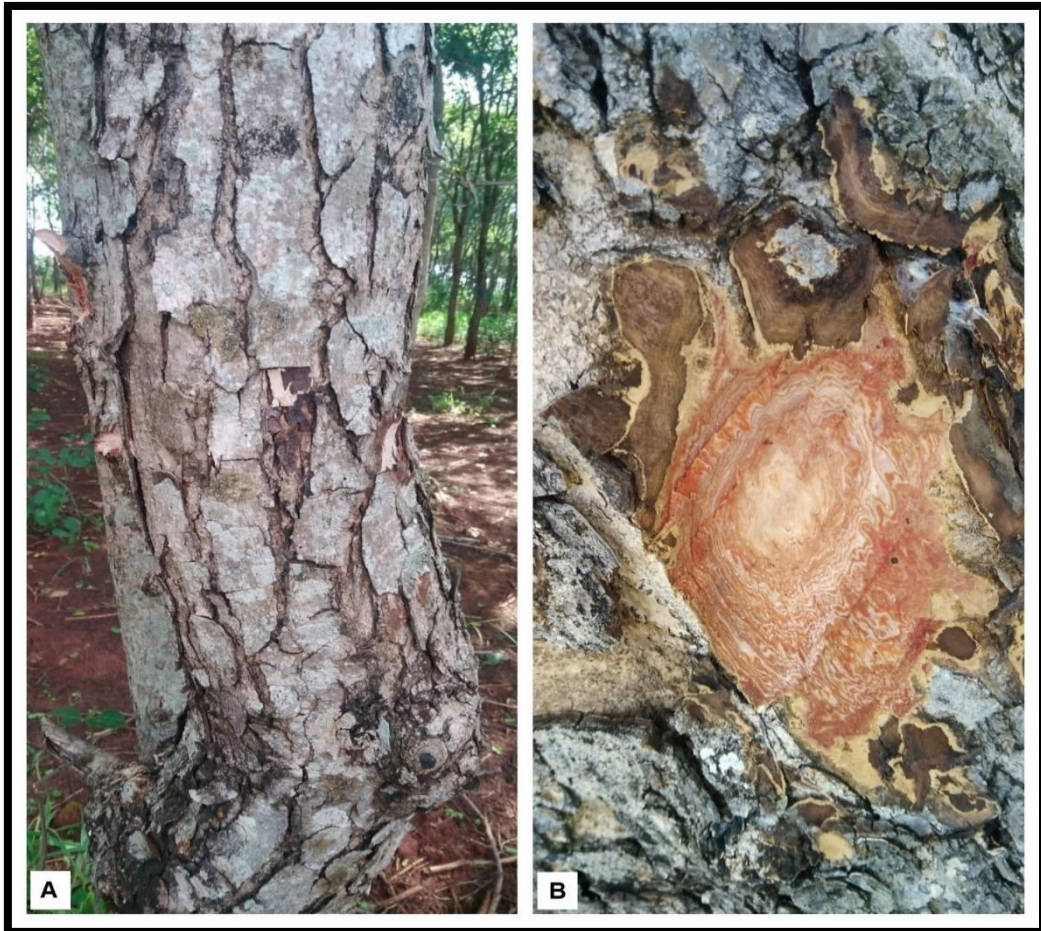
Fonte: Carvalho (2003).

A madeira da *M. urundeuva* é classificada como “durável”, essa durabilidade chega a passar de século se exposta a condições naturais de deterioração (Figura 4). Visto que o cerne apresenta resistência a podridão em contato com o solo, devido à alta quantidade de extratos fenólicos associados a lignina. Suas propriedades físicas, químicas e biológicas proporcionam resistência à compressão, à flexão, ao atrito e à ação de microorganismos, insetos, umidade, produtos químicos, erosão, fogo e intempéries climáticas (SALOMÃO, 2016). Queiroz, Morais e Nascimento (2002) estudaram a caracterização dos taninos de *M. urundeuva* e concluíram que a elevada quantidade de extrativos fenólicos classifica essa madeira como muito rica em metabólitos secundários, que podem ou não estar associados com a lignina e que, provavelmente, são os principais responsáveis pela larga resistência natural da espécie à degradação química e biológica.

A madeira serrada é utilizada para confecção de esteios, postes, mourões, dormentes, na produção de energia (carvão e lenha) e na confecção de móveis (LORENZI, 2014). Possui propriedades farmacológicas sendo bastante utilizada na medicina popular. Suas raízes são utilizadas para tratamento de reumatismo, as folhas para tratamentos de úlceras e na entrecasca foram encontradas substâncias

que possuem propriedades anti-inflamatórias, adstringentes, antialérgicas e cicatrizantes (CARLINI *et al.*, 2010).

Figura 4. Tronco de indivíduos adultos de *Myracrodruon urundeuva* (A e B) em um teste de progênie localizado no município de Selvíria-MS.



Fonte: elaboração do próprio autor.

3.2 Fragmentação Florestal

A fragmentação refere-se ao processo de mudanças na escala espacial, em que um habitat contínuo é dividido em manchas ou fragmentos, resultando em efeitos importantes para evolução e conservação das espécies (CORRÊA; LOUZADA, 2010). Esses habitats são transformados em paisagens semelhantes a um mosaico, composto por manchas isoladas de habitat original. A fragmentação florestal representa a redução do tamanho da população, causando o efeito de gargalo genético, com redução da diversidade genética e do tamanho efetivo populacional (TAMBARUSSI *et al.*, 2017). O tamanho decrescente das manchas naturais cria uma

situação em que a razão entre a área da borda do fragmento e a área do centro deste é substancialmente maior que antes do impacto (MORAN; OSTROM, 2009).

No decorrer da história, a cobertura florestal nativa vem cedendo espaço para a agropecuária, industrialização e urbanização. Para Corrêa Louzada (2010), a fragmentação é frequentemente causada pelo homem, quando promove a destruição de vegetação nativa para atividades como agricultura, desenvolvimento rural e urbanização. Ações antrópicas como essas provocam a fragmentação de populações naturais de espécies florestais, gerando erosão genética, podendo resultar inclusive, na extinção de espécies (PINTO; SOUZA; CARVALHO, 2004).

Os processos ecológicos como a dispersão de sementes, polinização e ciclo de nutrientes também são afetados quando ocorre a conversão de habitats contínuos em áreas fragmentadas (HANADA, 2004). Isso porque a fragmentação limita o potencial de uma espécie para dispersão e colonização (PRIMACK; RODRIGUES, 2001), devido ao fato de que, quanto mais distante um fragmento florestal estiver de outro, menor será a quantidade de propágulos que chegará entres eles, sendo assim, grandes distâncias entre fragmentos prejudicam a regeneração entre as áreas (RODRIGUES; MARTINS; BARROS, 2004).

A diminuição do tamanho das populações de espécies alógamas causada por isolamento ou fragmentação, determina a depressão endogâmica, podendo levar à extinção, bem como, diminuir a capacidade adaptativa a mudanças no ambiente ecológico (SARMENTO; VILLELA, 2010). De acordo com Rodrigues (2010), a redução das populações e o aumento de remanescentes causados pela fragmentação dos habitats, estabelecem uma ameaça considerável à conservação da biodiversidade e, portanto, aos recursos genéticos.

Devido a essas mudanças, a fragmentação tende a aumentar a taxa de mortalidade das árvores, influenciando a diversidade e a composição florística, alterando processos ecológicos de uma forma negativa, como produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes (VENDRAMINI *et al.*, 2012). Medidas como as estratégias de conservação, a exemplo das estratégias de conservação *in situ* e *ex situ*, recuperação de áreas degradadas, áreas de reserva legal e áreas de preservação permanente, vêm sendo tomadas para diminuir o profundo impacto da fragmentação (AZEVEDO, 2007).

Além da fragmentação limitar o potencial reprodutivo de uma espécie, causar o isolamento de ambientes, alterar a dinâmica entre animais e vegetais, contribuir para

extinção de espécies, alterações microclimáticas e degradação dos recursos naturais, outro impacto negativo é o efeito de borda, que reduz o a interação dos habitats e remanescentes, aumentando o impacto da fragmentação (MORAN; OSTROM, 2009).

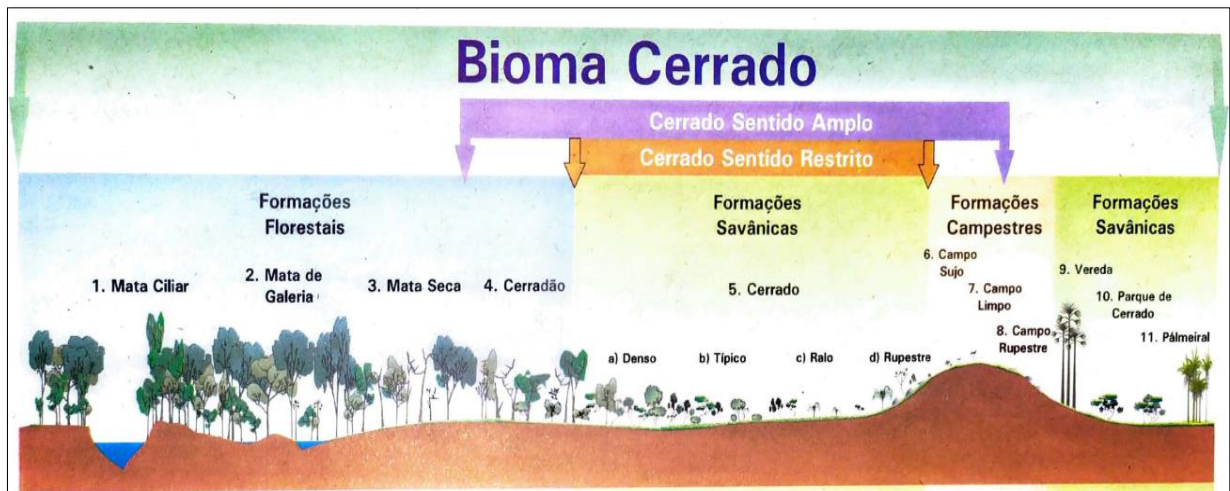
O efeito de borda é importante, pois conduz a mudanças ecológicas e genéticas em comunidades fragmentadas (NASCIMENTO; LAURANCE, 2006), pois quanto mais próximo da borda de um fragmento florestal, maior a taxa de perda de espécies arbóreas e maior a mudança na composição florística da comunidade arbórea (LAURANCE; VASCONCELOS, 2009). Costa, Galvão e Silva (2019) analisaram o efeito de borda em fragmentos florestais em torno do reservatório de água do Sistema Cantareira e constataram que é evidente que o tamanho das áreas de borda dos fragmentos possui relação direta com os componentes do seu entorno. Piovani *et al.* (2014) estudaram a estrutura de uma paisagem florestal no trecho da Bacia do Rio Itapemirim-ES e concluíram que pequenos fragmentos necessitam de atenção especial, pois apresentam menor área central, aumentando o risco de serem extintos no decorrer dos anos.

3.3 O bioma Cerrado

O Cerrado está localizado no Planalto Central do Brasil e consiste no segundo maior bioma brasileiro, correspondendo a cerca de 22% do território do Brasil, ocupando uma área de 2.036.488 km². O Cerrado brasileiro é a savana mais rica do mundo, com sua variedade de climas, solos e sua grande diversidade genética, que se reflete na formação de ecossistemas únicos (PAPARELLI; HENKES, 2012). A conservação desse bioma é fundamental, pois nele nascem vários rios que formam bacias hidrográficas brasileiras. No entanto, a topografia plana do terreno associado ao interesse econômico da agropecuária, geraram uma forte pressão sobre o bioma, culminando em altas taxas de desmatamento (AGUIAR; CAMARGO, 2004). Áreas aptas para a agricultura já tem sido ocupadas, acarretando destruição de habitats únicos (SANO; ALMEIDA; RIBEIRO, 2008).

O Cerrado apresenta várias fitofisionomias que englobam formações florestais savânicas e campestres (SANO; ALMEIDA; RIBEIRO, 2008) (Figura 5). Para Brown e Lomolino (2006), as savanas tropicais ou Cerrado, representam um bioma composto por uma fitomassa quase contínua de gramíneas xerofíticas perenes, macega e árvores ou arbustos resistentes ao fogo.

Figura 5. Fitofisionomias do bioma Cerrado.



Fonte: Sano; Almeida; Ribeiro, (2008).

As fitofisionomias savânicas e campestres são compostas por arbusto, subarbustos e árvores distribuídas aleatoriamente sobre o terreno, em diversas densidades, sem um dossel contínuo, isso faz com que essas fitofisionomias sofram drasticamente com o efeito de borda. Por isso, é necessário dar atenção especial a fragmentação do Cerrado, pois pode afetar as chances de existência de várias espécies em função da eliminação ou a diminuição do habitat ou nicho específico, principalmente, para aquelas plantas que apresentam distribuição restrita no bioma Cerrado (AQUINO; MIRANDA, 2008). Espécies como *M. urundeuva* (Aroeira), *Astronium fraxinifolium* (Gonçalo-alves) e *Terminalia argentea* (Capitão-do-campo) mantêm-se em fragmentos de Cerrado do bolsão sul-mato-grossense, com possibilidades pouco consistentes de conservação no bioma (OTSUBO, 2015).

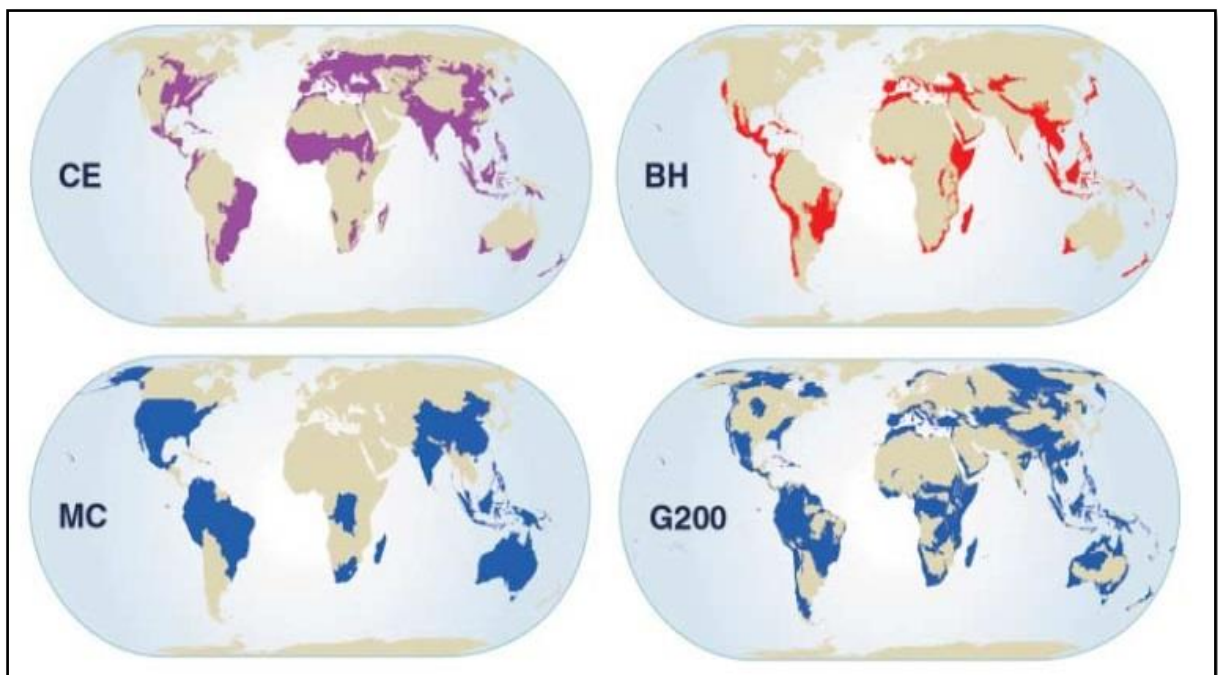
Nas atuais circunstâncias é provável que até 2050 seja registrada uma redução entre 31 e 34% do Cerrado e esta redução acarretará na extinção de aproximadamente 480 espécies vegetais, o que representa um número três vezes maior que todas as extinções de plantas documentadas desde 1500, alterando drasticamente o funcionamento dos ecossistemas locais (DUARTE; LEITE, 2020).

Com mais de 4.800 espécies de plantas e vertebrados encontrados em nenhum outro lugar, o Cerrado é um *hotspot* de biodiversidade (STRASSBURG *et al.*, 2017). O conceito de *hotspots* foi criado em 1988 por Norman Myers e é utilizado para definir uma área que perdeu uma grande porcentagem de sua vegetação nativa, rica em

biodiversidade de espécies, especialmente aquelas endêmicas e suscetíveis na atualidade (MYERS *et al.*, 2000).

Brooks *et al.* (2006) apontaram nove modelos globais de prioridades da conservação da biodiversidade, que foram elaborados com base na riqueza de espécies, quantidade de espécies endêmicas e na vulnerabilidade que essas áreas possuem, registrando mapas que destacam áreas mundiais com prioridades para conservação (Figura 6). Ao verificar os mapas, o Cerrado foi incluído em quatro desses modelos. Desse modo, em razão da riqueza de biodiversidade e a quantidade de espécies endêmicas, é latente a importância de conservação desse bioma.

Figura 6. Mapas dos modelos globais de prioridade da conservação. CE: ecorregiões de crises; BH: *hotspots* de biodiversidade; MC: países com megadiversidades e; G200: ecorregiões globais.



Fonte: Adaptado de Brooks *et al.* (2006).

3.4 Conservação genética *ex situ*

O homem moderno, por suas diversas atividades, destrói e muda continuamente a natureza o que leva à perda irreversível da biodiversidade, por meio do desaparecimento de uma grande número de espécies ou redução de populações naturais a limites críticos (ŠIJAČIĆ-NIKOLIĆ *et al.*, 2014). Assim, o emprego de estratégias de conservação contribui para a conservação de espécies florestais, pois

representam grande importância para a manutenção e conservação da biodiversidade.

As principais estratégias para conservação genética são *in situ*, *ex situ* e *on farm*. A conservação *in situ* busca manter o máximo da diversidade genética das espécies em seu ambiente natural, ou seja, dentro de populações selvagens em florestas naturais e seminaturais, e permitir a possibilidade de co-evolução entre plantas, animais e microrganismos (KAGEYAMA; GANDARA; VENCOSKY, 2001), possibilitando processos genéticos tal como o fluxo gênico dentro das espécies de interesse (YOUNG; BOSHIER; BOYLE, 2000). Por sua vez, a conservação genética *ex situ* é aquela que ocorre fora do habitat e que diz respeito a manutenção de genes ou conjunto de genes em condições artificiais, podendo ser realizada por meio de coleções de pólen, sementes, plantas mantidas em campo, entre outros (PAIVA; VALOIS, 2001), como pomares de sementes por mudas, arboretos, testes de progênies e testes combinados de progênies e procedências (SEBBENN; VILAS BOAS, 2004). Esse tipo de estratégia visa garantir a manutenção de populações vulneráveis e que estão sob os processos de fragmentação e risco de extinção, permitindo que esse germoplasma torne-se disponível para futuras gerações (VALOIS; NASS; GOES, 2001). Já a conservação genética *on farm*, é uma derivação da conservação *in situ*, visto que ela permite que as espécies continuem o seu processo evolutivo. Sua conservação é realizada por agricultores, comunidades locais e populações indígenas. Maxted *et al.* (1997) define a conservação *on farm* como o manejo sustentável da diversidade genética de variedades agrícolas tradicionais localmente desenvolvidas, associadas a formas e parentes selvagens e desenvolvidas por agricultores dentro de um sistema de cultivo agrícola, hortícola ou agroflorestal tradicional.

Os testes de progênies constituem estratégias de conservação genética *ex situ* e representam uma oportunidade para explorar o potencial genético de espécies, procedências, populações ou genótipos (ŠIJAČIĆ-NIKOLIĆ *et al.*, 2014). Com eles, é possível avaliar os genitores com base no fenótipo de seus descendentes e conhecer a variação genética dentro e entre progênies (ALLARD, 1971). Além disso, os testes de progênies de polinização aberta também permitem a produção de sementes, bem como a coleta de dados para estimação de parâmetros genéticos, permitindo o monitoramento da conservação genética (KAGEYAMA, 2002.) A diversidade genética

é essencial para a sustentabilidade das espécies, pois fornece matéria prima para a adaptação, evolução e sobrevivência de populações (RAJORA; MOSSELLER, 2001).

Os testes de progênies podem ser instalados em sistemas de plantio homogêneo ou misto, permitindo verificar o comportamento da espécie quando ela está sozinha ou em consórcio, sendo que esse consórcio pode reproduzir a ocorrência natural de espécies em um ambiente. Geralmente os experimentos em campo envolvendo espécies florestais ocupam extensas áreas em virtude da utilização de grandes espaçamentos por serem de grande porte (MORAES *et al.*, 2013). Desse modo, a instalação de testes de progênies seguindo o delineamento sistemático tipo “leque”, conhecido também como delineamento de Nelder, reduz o tamanho da área e permite o estudo de diversos espaçamentos e densidade de plantio.

3.5 Espaçamentos e densidade de plantio em espécies florestais

O espaçamento ótimo é aquele capaz de produzir a maior quantidade de madeira, forma do fuste adequada e qualidade desejável, sendo função da espécie, do sítio e do potencial genético do material utilizado (SCOLFORO, 1998). Conhecimentos sobre o espaçamento ideal para determinadas espécies são de extrema importância, visto que o espaçamento influencia no crescimento, produtividade e sobrevivência. Características como diâmetro, comprimento e altura da copa estão relacionados com o crescimento e a produção de biomassa (ELOY *et al.*, 2012).

Em um sítio florestal onde os recursos são limitados, a competição entre árvores se intensifica à medida que o crescimento e a necessidade por recursos aumentam. Árvores dominantes suprimem o crescimento de seus vizinhos e ocupam um espaço adicional. Em razão disso, ocorre diferenciação no tamanho das árvores e mortalidade induzida pela competição (HARRINGTON; HARRINGTON; DEBELL, 2009). Espécies morfológicamente plásticas e tolerantes a sombra, como a *M. urundeuva*, podem procurar a luz de forma mais expansiva. As ramificações podem se estender até onde a luz ou o espaço físico permitir. O mesmo é válido para o desenvolvimento das raízes em relação à água e nutrientes, definindo a tolerância à seca e a profundidade das raízes (PRETZSCH; RAIS, 2016).

Para Balloni e Simões (1980), o espaçamento possui diversas implicações do ponto de vista silvicultural, tecnológico e econômico. Ele afeta as taxas de crescimento

das plantas, qualidade da madeira, idade de corte, assim como as práticas de exploração, manejo florestal e, conseqüentemente, os custos de produção. Desse modo, compreender as relações entre espaçamento e crescimento são fundamentais para respaldar decisões.

Hummel (2000) citou o exemplo de *Cordia alliodora* (louro freijó) que havia perdido popularidade em projetos de reflorestamento no norte da Costa Rica, devido ao desconhecimento do desempenho silvicultural em plantações homogêneas. Kuehne *et al.* (2013) declararam a importância para o manejo florestal, especialmente onde os custos de produção são elevados e existe escassez de áreas e mão de obra, como na Europa Central e Ocidental. Saha, Kuehne e Bauhus (2017) recomendaram a adoção de uma densidade de plantio entre 1900 e 3100 mudas ha⁻¹ para o plantio em grupo de *Quercus* spp., como alternativa ao plantio tradicional. Heid *et al.* (2016) mostraram que *Peltophorum dubium* (canafístula) pode ser inserida no sistema de integração lavoura-pecuária-floresta e que a densidade de 1342 árvores ha⁻¹ favoreceu o volume por árvore aos 36 meses de idade.

John Ashworth Nelder se formou em matemática e estatística e foi um pesquisador que testou múltiplos espaçamentos. Nelder desenvolveu diversos projetos que utilizaram a metodologia dos espaçamentos, que são intersecções dos conjuntos de linhas retas, paralelas ou recorrentes, ou de arcos de círculos concêntricos (PENSO, 2017). Em 1962, Nelder apresentou um desenho experimental (delineamento sistemático tipo “leque”) que pode ser utilizado para testar múltiplos espaçamentos em uma única área, proporcionando economia de espaço, sendo de grande importância para os experimentos florestais, que demandam uma grande área para plantio. O delineamento sistemático tipo “leque” ou de Nelder, como é conhecido, baseia-se em uma série de círculos concêntricos (arcos), separados por progressão geométrica. O centro do círculo (marco principal) é conectado com os arcos periféricos por raios, separados por um ângulo constante e, nas intersecções entre arcos e raios, uma árvore é plantada.

O delineamento sistemático tipo “leque” permite avaliar o maior número de espaçamentos possíveis e também facilita o manejo, devido a pequena área que ocupa. Uma exigência desse delineamento é a implantação do experimento em uma área plana, uniforme e com tratamentos silviculturais adequados, de modo a evitar ao máximo a mortalidade de plantas, que causa sensibilidade da análise estatística (HALL, 1994). Redmond, Gerhardt e Siútáin (2008) confirmaram que a versatilidade

dos delineamentos experimentais sistemáticos apresentaram bons resultados com diferentes espécies.

Stape e Binkley (2010) utilizaram o delineamento sistemático tipo “leque” para avaliar o comportamento silvicultural de *Eucalyptus dunnii*, e concluíram que o uso do delineamento de Nelder foi favorável, por que forneceu muitas informações sobre manejo de plantações visando a produção de madeira serrada. Moraes *et al.* (2013) realizaram o trabalho para avaliar a variação genética de *Jacaranda cuspidifolia* (Jacarandá caroba) em diferentes espaçamentos e o de melhor desempenho das progênies foi o tratamento 5, que corresponde a uma densidade de 8,96 m² planta⁻¹, correspondendo ao espaçamento 3 x 3 m.

3.6 Sistema sexual dioico e proporção sexual de espécies arbóreas

O sistema sexual dioico é caracterizado por indivíduos masculinos e femininos de uma mesma espécie. Nesse sistema, toda polinização resulta do fluxo gênico entre indivíduos, ou seja, a polinização é cruzada. No entanto, o estabelecimento desse sistema gera uma dependência total dos polinizadores (OLIVEIRA; MARUYAMA, 2014).

A dioicia tem sido correlacionada com a distribuição de vegetação tropical, onde o clima favorece o hábito de plantas dioicas, que por sua vez, está relacionado com o modo de dispersores ou propagação das sementes por pássaros e o modo de polinização por insetos, a qual é notada maior diversidade (MATALLANA *et al.*, 2005). Além disso, em populações de plantas dioicas, algumas diferenças intrassexuais em estratégias reprodutivas, como período de floração e frequência relativa de indivíduos reprodutivos na população, ou razão sexual, são interpretadas como consequência da seleção sexual agindo na separação dos sexos (BAWA, 1980).

Em angiospermas, a presença de indivíduos masculinos e femininos, provavelmente se dá pela evolução das plantas, como mecanismos para a redução da endogamia, tais como a separação espacial (hercogamia) ou temporal (dicogamia) dos órgãos masculinos e femininos da flor ou inflorescência (BAWA, 1980; FREEMAN *et al.* 1997; CASTRO; OLIVEIRA, 2001). Em geral, espécies dioicas apresentam desvios em relação ao esperado na proporção de 1:1 entre os sexos. Os fatores que conduzem a essa desproporcionalidade ainda não são bem entendidos, mas levanta

questões sobre mecanismos ecológicos e evolutivos subjacentes às relações sexuais tendenciosas (FIELD; PICKUP; BARRETT, 2013).

Sob o ponto de vista do dimorfismo sexual e das alterações climáticas, Hultine *et al.* (2016) destacaram: plantas masculinas, em geral, são mais tolerantes ao aumento de aridez; a mortalidade de fêmeas deverá superar a mortalidade de machos, em especial, nas espécies de maior sensibilidade fisiológica e sobrecarregadas com o custo energético associado a produção de frutos carnosos; em locais onde as alterações climáticas são rápidas e em espécies de vida longa (restrição à rápida adaptação), a proporção de machos deverá ser maior; efeitos em cascata decorrente dos efeitos anteriores afetarão os processos e estruturas dos ecossistemas, a favorecer um sexo em detrimento de outro.

A principal implicação da desproporcionalidade entre os sexos é a contribuição desigual do número de gametas oriundo do sexo mais abundante, que pode contribuir para redução do tamanho efetivo populacional e gargalo genético (SINCLAIR; EMLEN; FREEMAN, 2012). Estudos constataram variação nas proporções sexuais em testes de progênies de *M. urundeuva* instalados em Selvíria-MS, sendo de: 10:1 nas populações de Selvíria; 6:1 para Bauru; 3:1 para Paulo de Faria; 2:1 para Seridó, Petrolina e Ituramã; a média geral das populações foi de 3:1 e, em relação ao florescimento, as populações de procedências do Cerrado, superaram as da Mata Atlântica e da Caatinga (SANT'ANA, 2017). Cobra *et al.* (2015) constataram que a razão sexual foi de 1:1 em *Cordia macrophylla* com 12 indivíduos estaminados e 12 indivíduos pistilados. Amorim e Oliveira (2006) relataram que em plantas dioicas a razão sexual seria de 1:1, mas houve diferenças significativas em indivíduos estaminados (masculinos) de *Amaioua guianensis*.

Estudos com plantas dioicas são fundamentais, pois permitem determinar com maior precisão os custos reprodutivos e os desempenhos ecofisiológicos, pelo fato dos mesmos apresentarem sexos separados, onde conseqüentemente, pode demonstrar resposta semelhante ou não ao sexo (LENZI; ORTH, 2004). Considerando que o período reprodutivo é uma fase importante para a dinâmica populacional, a identificação de padrões fenológicos de floração e frutificação é importante também como subsídio para planos de manejo e conservação de espécies vegetais (CESÁRIO; GAGLIANONE, 2008).

3.7 Parâmetros genéticos

Os parâmetros genéticos consistem na verificação da estrutura genética, as quais variam para diferentes características, idades e populações (DUDA, 2003). Os testes de progênies constituem um meio para avaliar a variabilidade genética a ser explorada em programas de conservação ou melhoramento genético. Por meio deles, é possível estimar parâmetros fenotípicos e genotípicos entre e dentro de progênies, verificar as associações entre os caracteres, avaliar a eficiência dos métodos de seleção e prever os ganhos genéticos (PALUDZYSZYN FILHO *et al.*, 2002; FREITAS; COSTA, 2015).

Entre os parâmetros genéticos, a variância genética aditiva ganha destaque, sendo a fonte de semelhança entre parentes, portanto, torna-se o principal indicador das propriedades genéticas analisadas em uma população. Além disso, quando em quantidade suficiente, contribui para promover o melhoramento efetivo pela seleção em uma população (FALCONER, 1987).

O conceito de herdabilidade, introduzido para separar as diferenças genéticas e não-genéticas entre indivíduos, reflete a proporção da variação fenotípica que pode ser herdada, ou seja, quantifica a confiabilidade do valor fenotípico como guia para o valor genético (ROSSMANN, 2001). Este parâmetro (h^2) é de fundamental importância para a predição dos ganhos genéticos e para a escolha dos métodos de seleção a serem aplicados em programas de melhoramento genético (REIS, 2000). A herdabilidade pode ser expressa no sentido amplo, quando considera a variância genética total, e no sentido restrito, quando considera somente a variância aditiva. Esse coeficiente, tanto para o sentido amplo quanto restrito, varia de zero a um. Para $h^2 = 1$, as diferenças fenotípicas entre os indivíduos são causadas unicamente pelas diferenças genéticas entre os mesmos. Quando $h^2 = 0$, a variabilidade do caráter não tem origem genética, sendo, portanto, causada pelo ambiente.

Dentre os diversos parâmetros genéticos estimados em testes de progênies, o coeficiente de herdabilidade tem maior importância, pois é ele que expressa o quanto da variância total é atribuída ao efeito do genótipo, em outras palavras, ele indica a precisão no acesso à variação genética verdadeira a partir da variação fenotípica observada nos caracteres avaliados (BORÉM; MIRANDA, 2005).

No contexto da avaliação genotípica, a acurácia também é um importante parâmetro genético, pois refere-se à precisão na seleção, sendo o principal

componente do progresso genético que se pode alterar para maximizar o ganho genético (MAIA *et al.*, 2014). A acurácia se refere à correlação entre os valores genéticos preditos e valores genéticos verdadeiros dos indivíduos, estando ligada à herdabilidade do caráter (RESENDE; DUARTE, 2007). Resende e Duarte (2007) elaboraram um intervalo para esse parâmetro, onde: muito alta, (Acurácia > 0,90), alta ($0,70 \leq \text{Acurácia} \leq 0,90$), moderada ($0,50 \leq \text{Acurácia} < 0,70$) e baixa (Acurácia < 0,50).

Um parâmetro utilizado para comparar a variabilidade genética entre as famílias é o coeficiente de variação genética (RESENDE, 2000). O coeficiente de variação genético (CV) é uma medida de variabilidade que mede percentualmente a relação entre o desvio padrão (s) e a média aritmética, com a vantagem de ser um valor adimensional, independentemente da unidade de medida utilizada (SILVA *et al.*, 2011). Kageyama (1980) afirmou que o coeficiente de variação genética é considerado um parâmetro de extrema importância no entendimento da estrutura genética de uma população, por mostrar a quantidade de variação existente entre progênies e permitir as estimativas de ganhos genéticos. O coeficiente de variação experimental dá uma ideia da precisão do experimento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

As sementes para formação das mudas e instalação dos testes de progênies foram coletadas em 30 árvores matrizes de polinização aberta, em uma população natural de *Myracrodruon urundeuva*, procedente do município de Ribeirão Preto-SP. As árvores matrizes foram marcadas com GPS e localizam-se em vários pontos do município, sendo no Banco de Germoplasma da Universidade de São Paulo - USP, Campus de Ribeirão Preto, em áreas urbanas (parques, praças e pedreira), em propriedades rurais particulares no entorno e em vias de acesso desse município. Anos após a coleta de sementes, verificou-se que muitas árvores matrizes haviam sido eliminadas, reforçando a importância da conservação *ex situ* para populações que estão vulneráveis sob atividades antrópicas. A área de ocorrência da população natural caracteriza-se por apresentar solos do tipo LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico e NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico (ROSSI, 2017); tipo climático Cwa (clima subtropical com verão chuvoso e inverno seco) de acordo com a classificação de Köppen; altitude em torno de 544,8 metros; temperatura média anual de 20,9°C e precipitação média anual de 1.527 mm (FLORES *et al.*, 2016).

As mudas para instalação dos testes de progênies foram produzidas no viveiro da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP), que está localizado no município de Selvíria-MS. A FEPE encontra-se na região do bolsão sul-mato-grossense, onde predomina o bioma Cerrado. O solo foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico (SANTOS, 2013); tipo climático Aw (verão quente e chuvoso e inverno ameno e seco) de acordo com a classificação de Köppen; altitude de 335 m as margens da represa da Usina Hidrelétrica de Ilha Solteira; temperatura média anual de 23°C e precipitação média anual de 1.440 mm (FLORES *et al.*, 2016). A partir das mudas foram instalados dois testes de progênies em diferentes sistemas de plantio: o misto, considerado de multi-espécies (TP-MUE) e o homogêneo (TP-DES).

O TP-MUE (teste de progênies em sistema multi-espécies) foi instalado em julho de 2006 (Figura 7), nas coordenadas geográficas 20°21'33"S e 51°24'46"W, no espaçamento 3,0 m x ,0 m, em delineamento de blocos casualizados, com 30 tratamentos (progênies), 14 repetições (blocos) e uma planta por parcela, sendo que,

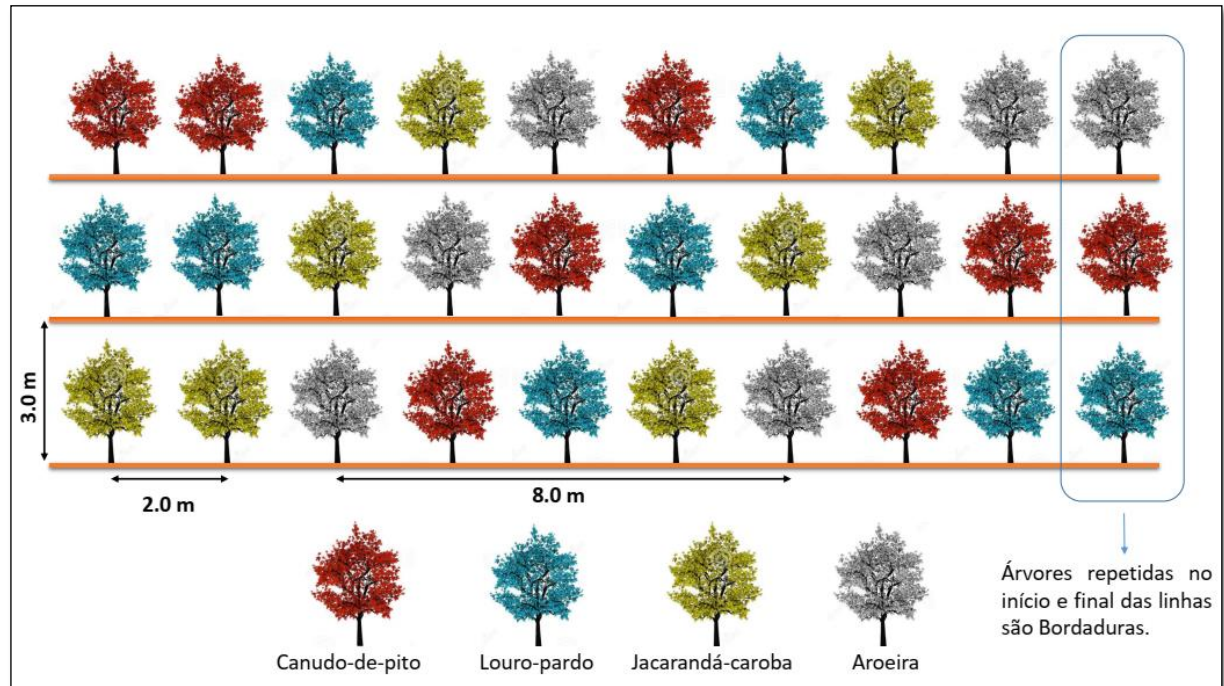
cada parcela, estabelecida na forma linear, foi constituída por quatro árvores, sendo que, cada uma pertencia a uma espécie nativa diferente (Figura 8). Assim, para constituir uma parcela, cada progênie de *M. urundeuva* foi consorciada, aleatoriamente, com uma progênie de *Jacaranda cuspidifolia* (jacarandá-caroba), *Cordia trichotoma* (louro-pardo) e *Mabea fistulifera* (canudo-de-pito). Neste estudo foi considerada somente a *M. urundeuva*. Dessa forma, o espaçamento entre as progênies de aroeira foram de 3 x 8 m.

Figura 7. Imagem via satélite do teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva* em sistema de multi-espécie (TP-MUE) localizado em Selvíria-MS.



Fonte: Google Earth (2019).

Figura 8. Esquema das disposições das árvores de *Myracrodruon urundeuva* no TP-MUE com as espécies *Jacaranda cuspidifolia* (jacarandá-caroba), *Cordia trichotoma* (louro-pardo) e *Mabea fistulifera* (canudo-de-pito).



Fonte: elaboração do próprio autor.

O TP-DES (teste de progênies em diferentes espaçamentos) foi instalado em outubro de 2006, nas coordenadas geográficas 20°20'08"S e 51°24'23"O, em delineamento sistemático tipo "leque" (NELDER, 1962), com 30 tratamentos (mesmas progênies do TP-MUE), nove repetições (diferentes espaçamentos), com uma planta por parcela (Figura 9).

Figura 9. Imagem via satélite do teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva* em diferentes espaçamentos (TP-DES), localizado em Selvíria-MS.



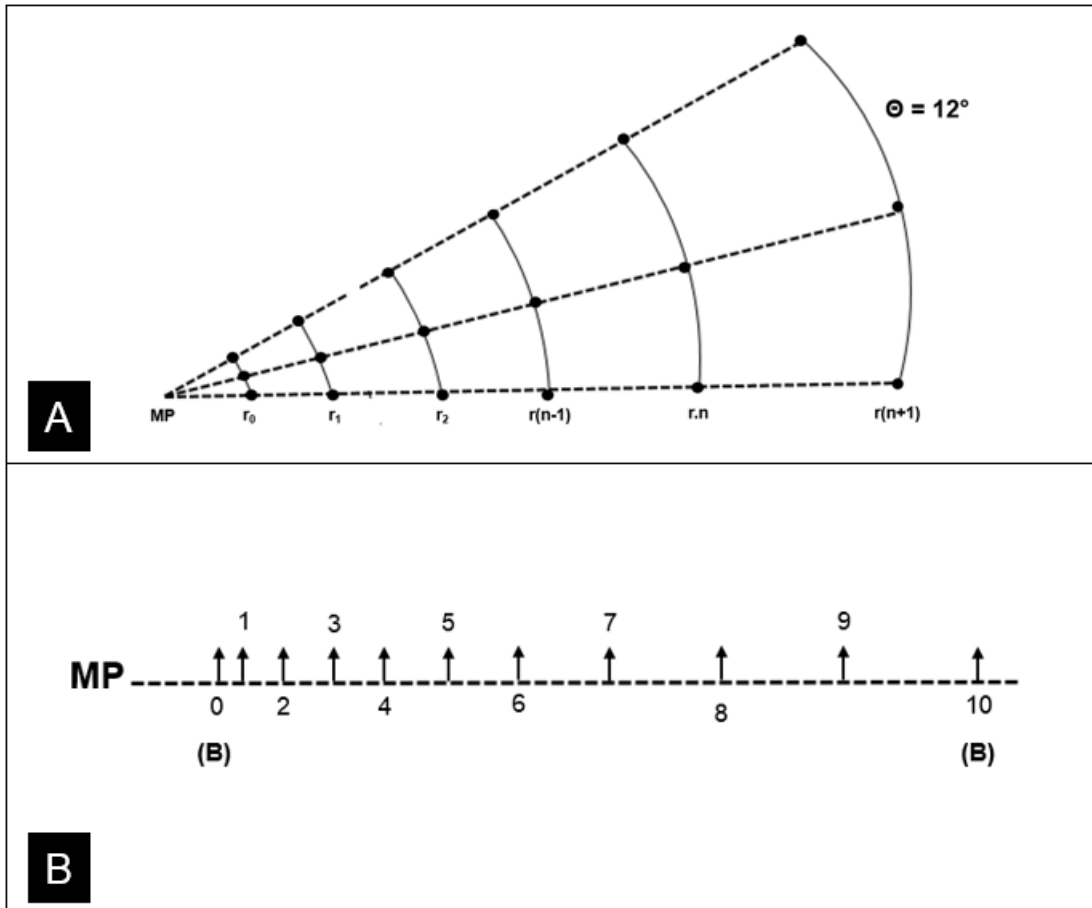
Fonte: Google Earth (2019).

No TP-DES, os 30 tratamentos (progênies – raios) foram espaçados com um ângulo de $\Theta = 12^\circ$ ou 0,2094 rd (Figura 10A). Em cada raio, as árvores (parcela) foram distanciadas em diferentes espaçamentos. A distância entre o marco principal (MP) e o primeiro ponto dos raios é de: $r = 5,79$ m e os pontos seguintes estão em progressão geométrica (PG) de razão $\alpha = 1,21$ (Figura 9B). A primeira distância e a última foram desconsideradas para análise de espaçamentos por ser as bordaduras do experimento. Dessa forma, a variação genética entre as progênies pôde ser estudada em nove espaçamentos distintos, sendo que a área de cada um dos espaçamentos (A_i) foi obtida de acordo com a expressão de Stape (1995):

$$A_i = \frac{\theta \cdot r_i^2 \cdot \left(\alpha - \frac{1}{\alpha} \right)}{2};$$

em que: θ refere-se ao ângulo entre as linhas de plantio (12° ou 0,2094 rd); r_i é o raio que corresponde à distância do ponto “i” até o centro do círculo (marco principal: MP) e α é a razão da progressão geométrica dos raios (1,21), sendo que a primeira planta (ponto 0 (B)) está a 5,79 m do MP.

Figura 10. Esquema de plantio das entrelinhas e distâncias nas linhas, do teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva* em diferentes espaçamentos (TP-DES), em Selvíria-MS.



Distâncias do marco principal (MP) ao ponto: **0 (B)** = 5,79 m; **1** = 7,01 m; **2** = 8,48 m; **3** = 10,26 m; **4** = 12,41 m; **5** = 15,02 m; **6** = 18,17 m; **7** = 21,99 m; **8** = 26,61 m; **9** = 32,19 m; **10 (B)** = 38,96 m.

Fonte: elaboração do próprio autor.

Tabela 1. Valores da distância radial, área por planta e densidade de plantas para tratamentos (espaçamentos), no delineamento sistemático tipo “leque”.

Tratamentos	Distância radial (m)	Área (m ² árv. ⁻¹)	Dens. (árv. ha ⁻¹)
0 (B)	5,79	1,35	7.407
1	7,01	1,97	5.076
2	8,48	2,89	3.460
3	10,26	4,23	2.364
4	12,41	6,18	1.618
5	15,02	9,06	1.103
6	18,17	13,26	754
7	21,99	19,42	514
8	26,61	28,44	351
9	32,19	41,64	240
10 (B)	38,96	61,00	163

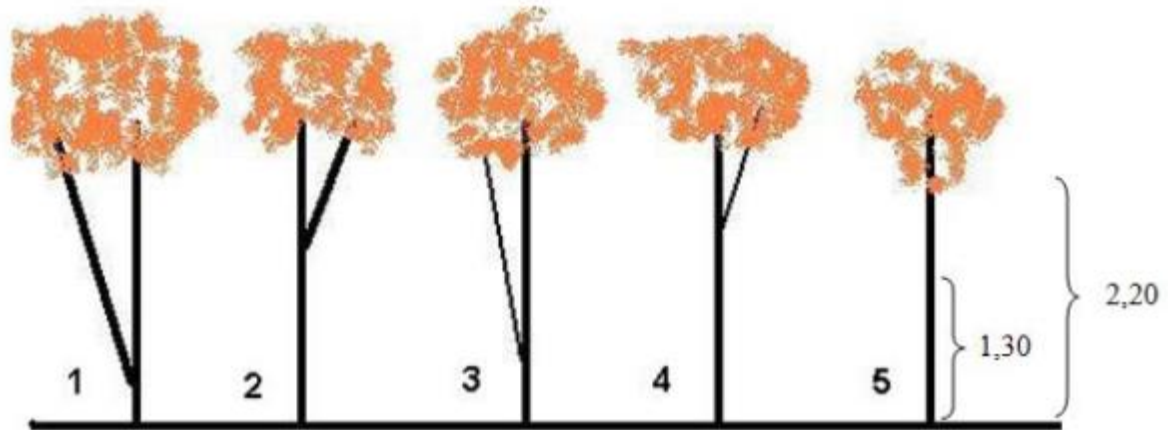
Fonte: dados de pesquisa do autor.

4.2 Mensuração e coleta de dados

Os caracteres silviculturais e florescimento foram avaliados nos dois testes de progênies aos 12 anos após o plantio. Os dados coletados no campo foram: caracteres de crescimento: altura (ALT, m), diâmetro a altura do peito (DAP, cm), diâmetro médio da copa (DMC, m) em que: $DMC = (L_1 + L_2)/2$, sendo L_1 : leitura na linha e L_2 : leitura na entrelinha; e os adaptativos: sobrevivência (SOB, %), atribuindo-se “1” para a planta viva e “0” para a planta morta e qualidade do fuste (QF), que foi avaliada utilizando uma escala de notas, variando de 1 a 5, tanto para bifurcação (**B**) como para retidão (**R**), sendo que a nota final, obtida com base na expressão: $FT = [(B+R)/2]$ (Figuras 11 e 12).

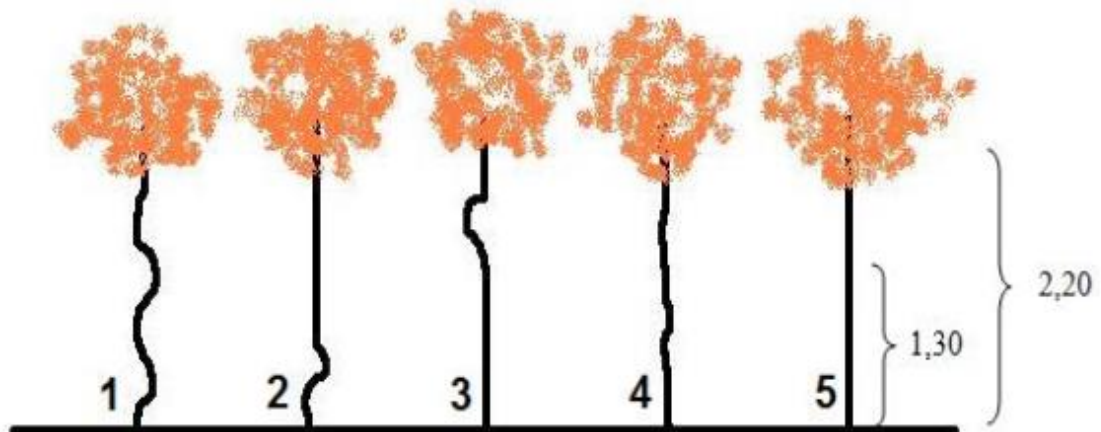
A sexagem das árvores nos testes de progênies foi realizada nos meses de florescimento da espécie na região (entre julho e setembro de 2018 – evento reprodutivo). A avaliação foi realizada visualmente com auxílio de um binóculo. Foram anotados nos dois experimentos o *F*: Número total de plantas femininas e *M*: Número total de plantas masculinas, que floresceram, naquele evento reprodutivo (2018); número de árvores monoicas (*Mo*) e árvores sem florescimento (*Sf*).

Figura 11. Escala de notas para bifurcação, considerando um fuste de 2,20 m: **1:** Bifurcação abaixo de 1,30 com diâmetro igual ao fuste principal; **2:** Bifurcação acima de 1,30 com diâmetro igual ao fuste principal; **3:** Bifurcação abaixo de 1,30 com diâmetro inferior ao fuste principal; **4:** Bifurcação acima de 1,30 com diâmetro inferior ao fuste principal; **5:** Sem bifurcação.



Fonte: adaptado de Canuto *et al.* (2016b).

Figura 12. Escala de notas para Retidão, considerando um fuste de 2,20 m: **1:** Tortuosidade acentuada em toda extensão; **2:** Tortuosidade acentuada abaixo de 1,30; **3:** Tortuosidade acentuada acima de 1,30; **4:** Leve tortuosidade em toda extensão; **5:** Sem tortuosidade.



Fonte: adaptado de Canuto *et al.* (2016b).

4.3 Análises estatísticas

4.3.1 Caracteres adaptativos e de crescimento

As estimativas dos parâmetros genéticos foram obtidas pela metodologia do modelo linear misto (aditivo univariado), por meio do procedimento REML/BLUP (*Restricted Maximum Likelihood / Best Linear Unbiased Prediction*), empregando-se o *software* SELEGEN (RESENDE, 2016).

Para análise individual de cada teste de progênies utilizou-se: o “modelo 95” para o TP-MUE e o “modelo 19” para o TP-DES. Ambos modelos são aplicados para avaliação de progênies de polinização aberta (considerando meias-irmãs), delineamento de blocos completos, em um local, uma única avaliação de dados e uma observação por parcela, conforme o modelo estatístico (RESENDE, 2007):

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xr} + \mathbf{Za} + \mathbf{e};$$

em que: \mathbf{y} é o vetor de dados; \mathbf{r} é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral; \mathbf{a} é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios); \mathbf{e} é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os referidos efeitos. Os dados de ALT, DAP, DMC e FOR foram analisados no excel, para obter um gráfico com uma explicação da relação entre $\text{m}^2.\text{árv.}^{-1}$ (x) e cada caractere (y), resultando em uma equação de regressão, em que se interpreta com o ajuste dos pontos próximos da reta, ou seja, R^2 . Esse método possui a capacidade de relacionar duas ou mais variáveis X, independentes, a uma variável Y (característica fenotípica). Para tanto, adota-se um modelo estatístico linear, como expresso, para o caso de p variáveis preditoras:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_p X_{pi} + \varepsilon_i$$

em que: β_0 é o coeficiente de regressão, β_1 é o coeficiente de regressão de X_1 , β_2 é o coeficiente de regressão de X_2 , β_p é o coeficiente de regressão X_p , X_{1i} é o valor de X_1 na observação i , X_{2i} é o valor de X_2 na observação i , X_{pi} é o valor de X_p na observação i e ε_i é o erro da regressão associado ao valor observado de Y_i .

A análise conjunta dos testes de progênies foi empregada para verificar o efeito de sistemas de plantio sobre as progênies e foi realizada pelo “modelo 22” do Selegen, de acordo com o modelo estatístico (RESENDE, 2007):

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xr} + \mathbf{Za} + \mathbf{Wi} + \mathbf{e};$$

em que: \mathbf{y} é o vetor de dados, \mathbf{r} é o vetor dos efeitos de repetição (assumidos como fixos) somados à média geral, \mathbf{a} é o vetor dos efeitos genéticos aditivos individuais (assumidos como aleatórios), \mathbf{i} é o vetor dos efeitos da interação genótipos x sistemas de plantio (ambiente), e \mathbf{e} é o vetor de erros ou resíduos (aleatórios). As letras maiúsculas representam as matrizes de incidência para os respectivos efeitos.

Os parâmetros genéticos foram estimados por meio das seguintes expressões:

I) Variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_a^2$);

$$\hat{\sigma}_a^2 = [\hat{\mathbf{a}}' \mathbf{A}^{-1} \hat{\mathbf{a}} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr} (\mathbf{A}^{-1} \mathbf{C}^{22})] / q;$$

II) Variância residual (ambiental + não aditiva) ($\hat{\sigma}_e^2$);

$$\hat{\sigma}_e^2 = [\mathbf{y}' \mathbf{y} - \hat{\mathbf{r}}' \mathbf{X}' \mathbf{y} - \hat{\mathbf{a}}' \mathbf{Z}' \mathbf{y} - \hat{\mathbf{c}}' \mathbf{W}' \mathbf{y}] / [N - r(\mathbf{x})];$$

em que: \mathbf{C}^{22} , \mathbf{C}^{33} , \mathbf{C}^{44} e \mathbf{C}^{55} vem da inversa de \mathbf{C} .

\mathbf{C} : matriz dos coeficientes das equações de modelo misto.

tr: operador traço matricial.

$r(\mathbf{x})$: posto da matriz \mathbf{X} .

N , q : números de dados, de indivíduos, respectivamente.

III) Variância fenotípica individual ($\hat{\sigma}_f^2$):

$$\hat{\sigma}_f^2 = \hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2;$$

IV) Herdabilidade individual no sentido restrito (\hat{h}_a^2):

$$\hat{h}_a^2 = \frac{\hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_f^2};$$

V) Herdabilidade da média de progênies (\hat{h}_m^2):

$$\hat{h}_m^2 = \frac{(1/4).\hat{\sigma}_a^2}{(1/4).\hat{\sigma}_a^2 + \frac{\hat{\sigma}_c^2}{r} + \frac{(0,75.\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2)}{n.r}};$$

VI) Coeficiente de variação genética aditiva individual (CV_{gi} , %):

$$CV_{gi} = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_a^2}}{\hat{m}} \times 100;$$

VII) Coeficiente de variação genotípica entre progênies (CV_{gp} , %):

$$CV_{gp} = \frac{\sqrt{0,25.\hat{\sigma}_a^2}}{\hat{m}} \times 100;$$

VIII) Coeficiente de variação experimental (CV_e , %):

$$CV_e = \frac{\sqrt{[(0,75.\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2) / n]}}{\hat{m}} \times 100;$$

IX) Coeficiente de variação relativa (CV_r , %):

$$CV_r = \frac{CV_{gp}}{CV_e};$$

X) Acurácia da seleção de progênies ($r_{\hat{a}a}$), assumindo sobrevivência completa:

$$r_{\hat{a}a} = \sqrt{\hat{h}_m^2};$$

4.3.2 Tamanho efetivo

A estimativa do tamanho efetivo (\hat{N}_e) com base na sexagem teve por base as expressões propostas por Vencovsky, Chaves e Crossa (2012) e foi realizada em duas etapas: *i*) Na primeira foi assumida uma proporção de 1♂: 1♀ (razão sexual: $\hat{r} = 0,5$), sendo que o número total de indivíduos (N) no experimento, por ocasião do plantio, corresponde a expressão: $N = n^{\circ} \text{ progênies} \times n^{\circ} \text{ repetições} \times n^{\circ} \text{ plantas por parcela}$, que no experimento TP-DES é igual a 270 e no TP-MEU igual a 420, supondo sobrevivência e florescimentos completos (Ver Apêndice); *ii*) Na segunda teve por base o número de plantas que efetivamente floresceram e foi possível a identificação

de plantas com florescimento masculino (M) e feminino (F), o que corresponde a razão sexual estimada em cada um dos experimentos. Dessa forma, as expressões utilizadas foram:

$$\hat{t} = F + M \quad \hat{r} = \frac{F}{F + M} \quad \hat{u} = \frac{F}{N_f} (0 < u \leq 1) \quad \hat{v} = \frac{M}{N_m} (0 < v \leq 1)$$

em que:

N_f : Número total de plantas femininas;

N_m : Número total de plantas masculinas;

F : Número total de plantas femininas, que floresceram, naquele evento reprodutivo;

M : Número total de plantas masculinas, que floresceram, naquele evento reprodutivo;

\hat{t} : Número total de plantas que contribuem com gametas, no evento reprodutivo;

\hat{r} : Razão sexual;

\hat{u} e \hat{v} : Razão de florescimento feminino e masculino, respectivamente.

$$\hat{N}_e = \frac{4\hat{t}}{\hat{D}_5} \quad \hat{D}_5 = \frac{1}{\hat{r}(1-\hat{r})} + \frac{(1-\hat{u})\hat{t}-1}{F} + \frac{(1-\hat{v})\hat{t}-1}{M}$$

em que:

\hat{N}_e : Tamanho efetivo com base na sexagem;

\hat{D}_5 : Fator de correção, desenvolvido por Vencovsky, Chaves, Crossa (2012).

As análises estatísticas foram realizadas com base no teste do qui-quadrado (χ^2), partindo-se da hipótese de que a frequência esperada era de 1♂: 1♀. Os indivíduos monoicos foram incluídos no parental masculino.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Sobrevivência

A taxa de sobrevivência (SOB) foi alta e semelhante para os testes de progênies de *M. urundeuva* aos 12 anos após o plantio (82% para o TP-MUE e 85% para o TP-DES). Otsubo *et al.* (2015) encontraram para sobrevivência de *M. urundeuva* e *Astronium fraxinifolium* (Gonçalo-Alves) no mesmo local de plantio, média superior a 90%, o que caracteriza uma ótima adaptação das espécies em Selvíria. Bertonha *et al.* (2016) encontraram alta sobrevivência para mesma espécie em um teste de plantio homogêneo e também para o teste de *M. urundeuva* consorciado com *Corymbia citriodora*, ambos com sobrevivência maior de 90%, ressaltando a adaptação das progênies ao local de instalação dos testes de progênies e sistemas de plantio.

5.2 Caracteres de crescimento e forma de fuste

As médias para os caracteres silviculturais das progênies de *M. urundeuva* aos 12 anos para os testes de progênies (TP-MUE e TP-DES, respectivamente) foram: 7,58 m e 10,02 m para ALT (altura total de plantas); 8,24 cm e 10,91 cm para o DAP (diâmetro a altura do peito) (Tabela 2). Tung *et al.* (2010) encontraram os seguintes resultados para *M. urundeuva*, avaliando 28 progênies aos 19 anos após o plantio: 9,11 m para ALT e 11,35 cm para DAP. Otsubo *et al.* (2015) em um teste de progênies misto aos 14 anos obtiveram 9,08 m para ALT e 9,42 cm para DAP; Bertonha *et al.* (2016), avaliando um teste de progênies aos 16 anos, encontraram médias de 9,44 m para ALT e 9,32 para DAP em sistema homogêneo e 5,27 m para ALT e 6,87 cm para DAP em sistema consorciado com *Corymbia citriodora*. Para o DMC (diâmetro médio da copa) as médias foram: 3,82 m (TP-MUE) e 4,60 m (TP-DES). Para o caráter QF (qualidade do fuste) as médias foram: 3,16 m (TP-MUE) e 2,68 m (TP-DES). O coeficiente de variação experimental (CV_e) foi superior no TP-MUE para ALT, DAP e DMC, e em ambos testes de progênies, variando de 21,90 a 40,51% (Tabela 2). Os maiores coeficientes foram verificados para o TP-MUE, indicando maior influência do efeito ambiental sobre as progênies, que pode ser devido a competição com as próprias espécies consorciados do teste e com regenerantes que ocorrem na área,

além da maior influência da matocompetição que ocorre em determinados blocos do experimento, ao contrário do que ocorre no TP-DES. Araújo *et al.* (2014) relataram que os altos valores sugeriram uma grande variação fenotípica dentro das parcelas, de forma que elas tornam-se semelhantes (todas com alta variação). Valores de CV_e são considerados baixos na ordem de 10 a 20%, maior que 20% são considerados relativamente altos (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002). Tung *et al.* (2010) encontraram CV_e de 11,7 a 19,0%, para um teste de progênie de *M. urundeuva* aos 19 anos. Canuto *et al.* (2015), estudando a caracterização genética de um teste de progênie de *Dipteryx alata* proveniente de remanescente florestal, encontraram uma variação experimental de baixo a alto, com variação de 8,80% até 52,36%.

A análise de *deviance* foi realizada a partir do teste de razão de verossimilhança (LRT) e apresentou valores significativos a 1% com um grau de liberdade para a ALT em ambos testes e para DMC no TP-MUE; para o DAP a significância foi obtida a 5% com um grau de liberdade e para o DMC foi significativo apenas no TP-MUE (Tabela 2). Isso indica que existem diferenças genéticas entre as progênie em cada sistema de plantio para ALT e DAP. No entanto, como o DMC foi significativo para o TP-MUE e não para o TP-DES, isso pode estar associado a influência do sistema de plantio para essa característica. Para QF não foram obtidos resultados significativos. Portanto, existe variabilidade genética na população para os caracteres silviculturais, com exceção da QF, reforçando a importância da conservação *ex situ* de populações de espécies florestais que estão suscetíveis devido as atividades antrópicas.

Tabela 2. Estimativas de coeficiente de variação experimental (CV_e); média geral (\hat{m}) e teste da razão de verossimilhança (LRT), dos testes de progênes teste de progênes multi-espécie (TP-MUE) e teste de progênes em diferentes espaçamentos (TP-DES) de *Myracrodruon urundeuva* para altura total (ALT, m), diâmetro a altura do peito (DAP, cm), diâmetro médio da copa (DMC, m) e qualidade do fuste (QF) aos 12 anos de idade, em Selvíria-MS.

Estimativas	TP-MUE				TP-DES			
	ALT	DAP	DMC	QF	ALT	DAP	DMC	QF
CV_e (%)	30,52	40,51	28,28	35,54	21,90	36,03	26,05	39,62
\hat{m}	7,58	8,24	3,82	3,16	10,02	10,91	4,60	2,68
LRT	7,73**	5,14*	7,33**	0,13 ^{ns}	22,80**	4,61*	2,95 ^{ns}	1,10 ^{ns}

**Significativo a 1% com um grau de liberdade; *Significativo a 5% com um grau de liberdade; ^{ns} não significativo.

Fonte: dados de pesquisa do autor

Em um teste de progênes de *M. urundeuva* no sistema de plantio homogêneo, Tung *et al.* (2010) relataram médias para os caracteres silviculturais aos 20 anos no espaçamento 3,0 m x 3,0 m de 9,81 m de altura total para as árvores cortadas; 11,35 cm para o DAP; 2,96 m para altura do fuste. Canuto *et al.* (2016b) avaliaram quatro testes de progênes de *M. urundeuva* e observaram maior média para o DAP (8,50 cm) no plantio homogêneo aos 10 anos de idade. Os resultados comparados aos da literatura indicaram bom desempenho das progênes de *M. urundeuva* aos 12 anos após o plantio.

Em geral, os caracteres silviculturais indicaram que o crescimento das progênes no sistema de plantio homogêneo (TP-DES) foi superior ao sistema de plantio misto (TP-MUE), com diferenças de 2,44 m para ALT, 2,67 cm para DAP e 0,78 m para DMC. Para ALT e DAP o crescimento foi em média de 32% enquanto para DMC foi de 20%. Provavelmente, espaçamentos mais amplos, o menor efeito de competição entre árvores de *M. urundeuva* e ausência de outras espécies favoreceram o crescimento das progênes do TP-DES em relação ao TP-MUE. Resultados semelhantes foram obtidos por Souza *et al.* (2003) e Cornacini *et al.* (2017) para testes de progênes mistos de *Astronium fraxinifolium*, espécie que pertence à mesma família botânica da *M. urundeuva* (Anacardiaceae).

Os testes de progênes se diferenciam pelo sistema de plantio. O TP-MUE está consorciado com outras espécies nativas, enquanto o TP-DES foi instalado sem

consórcio. Por outro lado, a competição por espaço, nutrientes e luz, das outras espécies sobre o crescimento da *M. urundeuva*, no TP-MUE deve ter sido mais intenso, além da matocompetição, que ocorre em determinados locais (blocos) do experimento. Bertoni e Dickfeldt (2007) observaram um bom desenvolvimento de *M. urundeuva* com base nas médias do DAP (8,25 cm) e ALT (7,20 m) e uma alta sobrevivência (90%) aos 10 anos, apesar da competição por luz, água e nutrientes com outras espécies, em especial pioneiras, que apresentavam maior ocorrência e distribuição na área de regeneração natural.

Para qualidade do fuste, médias próximas de cinco indicam árvores com melhor qualidade do fustee em termos de retidão e bifurcação. A média mais elevada para QF foi para o TP-MUE (Tabela 2). No entanto, no geral, as progênies apresentaram médias em torno da nota três, indicando árvores com tortuosidade acentuada acima de 1,30 m e bifurcação abaixo de 1,30 m, sendo o diâmetro das ramificações menor que o fuste principal. As notas para QF obtidas nos testes de progênies foram superiores ao encontrado por Tung *et al.* (2010) (2,28) e inferior ao verificado por Otsubo *et al.* (2015) (3,27), indicando que essas notas estão em conformidade ao constatado na literatura.

5.3 Parâmetros genéticos

A presença de variabilidade genética pode ser quantificada pelo coeficiente de variação genética. Os coeficientes de variação genética (CV_{gi} e CV_{gp}) foram maiores para ALT e DAP no TP-DES, assim como o coeficiente de variação relativa (CV_r) (Tabela 3). Para Sebbenn *et al.* (1998) um coeficiente de variação genética acima de 7% é considerado alto. Assim, pode-se afirmar que os coeficientes de variação genética foram altos para os caracteres silviculturais, com exceção do QF no TP-MUE. Canuto *et al.* (2016a) encontraram estimativas similares para diferentes populações de *M. urundeuva* instaladas em sistemas de plantio consorciado e homogêneo, variando de 15,5% a 21,5% para ALT; 16% a 28,1% para DAP e 12,2% a 17,3%, afirmando que houve maior variação genética entre progênies de áreas sem distúrbios antrópicos. Em relação à FOR, a estimativa de CV_{gi} no TP-DES foi mais que o dobro da estimativa para o TP-MUE.

O maior valor de herdabilidade individual no sentido restrito (\hat{h}_a^2) foi para o caractere ALT no TP-DES (0,61±0,24) (Tabela 3). A \hat{h}_a^2 foi considerada alta para o DAP comparado a outros trabalhos com a mesma espécie, como: 0,00 e 0,27 (GUERRA *et al.*, 2009); 0,001 a 0,59 (FREITAS *et al.*, 2006); 0,15 (FREITAS *et al.*, 2007) 0,12 e 0,31 (BERTONHA *et al.*, 2016). Todos os intervalos de \hat{h}_a^2 foram diferentes de zero, com exceção do QF para o TP-MUE (0,03±0,06). Desse modo, os intervalos de \hat{h}_a^2 indicaram que existem diferenças genéticas entre os indivíduos e isso é um fato importante tanto para conservação genética como para o delineamento de estratégias de seleção, por exemplo, para a transformação do teste de progênies em um pomar de sementes por mudas. A herdabilidade da média de progênies (\hat{h}_m^2) também foi maior para ALT no TP-DES (0,72) (Tabela 3). Valores elevados de \hat{h}_m^2 indicam que uma possível estratégia de seleção poderia priorizar a seleção entre progênies. Os valores de \hat{h}_m^2 (0,55 TP-MUE e 0,72 TP-DES) foram superiores ao obtido por Sebbenn e Etori (2001) para a mesma espécie, que foi de 0,15 para ALT.

No caso do TP-MUE, a maior estimativa de \hat{h}_m^2 foi para ALT e DMC (0,55), sugerindo que estratégias priorizando a seleção de progênies deve conduzir a maiores ganhos genéticos. Por sua vez, a maior estimativa no TP-DES foi para (\hat{h}_m^2 0,72), indicando que estratégias optando pela seleção de indivíduos, deve ser resultar em ganhos genéticos superiores. Desse modo, considerando a produção de sementes, as estratégias para seleção em cada teste de progênies poderiam ser particulares, visando obter maiores ganhos genéticos. No entanto, para conservação genética é essencial a manutenção de uma base genética representativa, o que pode penalizar os ganhos de seleção, mas assegurar uma diversidade genética adequada.

As acurácias ($r_{\hat{a}\hat{a}}$) foram altas para o caracteres ALT, DAP e DMC no TP-MUE e ALT e DAP no TP-DES (85%) (Tabela 3). No geral, a acurácia foi de moderada a alta para os caracteres avaliados nas progênies de *M. urundeuva*, com exceção da qualidade do fuste (QF) para o TP-MUE (34%) considerada baixa. Araújo *et al.* (2014) também observaram valor baixo para $r_{\hat{a}\hat{a}}$ (31%) no caráter QF de *Astronium graveolens* (Guaritá), uma espécie da mesma família de *M. urundeuva*, aos 19 anos de idade.

O coeficiente de variação relativa (CV_r) relaciona o coeficiente de variação genotípico e o coeficiente experimental, quanto mais próximo à um esse valor, maior é o controle genético dos caracteres e menor a influência dos fatores ambientais no fenótipo (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). As estimativas de CV_r foram relativamente baixas, porém as maiores foram para ALT e DMC no TP-MUE e ALT e DAP no TP-DES, indicando que em ambos os testes de progênies, a altura é uma característica indicada para o caso de seleção no futuro.

Tabela 3. Estimativas de parâmetros genéticos do teste de progênie em multi-espécie (TP-MUE) e teste de progênie em diferentes espaçamento (TP-DES) de *Myracrodruon urundeuva* para altura total (ALT, m), diâmetro a altura do peito (DAP, cm), diâmetro médio da copa (DMC, m) e qualidade do fuste (QF) aos 12 anos de idade, em Selvíra-MS.

Estimativas	TP-MUE				TP-DES			
	ALT	DAP	DMC	QF	ALT	DAP	DMC	QF
\hat{h}_a^2	0,32±0,17	0,27±0,16	0,32±0,17	0,03±0,06	0,61±0,24	0,40±0,23	0,26±0,19	0,19±0,16
\hat{h}_m^2	0,55	0,50	0,55	0,11	0,72	0,50	0,39	0,31
$r_{\hat{a}a}$	0,74	0,70	0,74	0,34	0,85	0,70	0,62	0,56
CV_{gi} (%)	18,25	21,81	16,72	6,95	27,07	24,20	13,97	17,90
CV_{gp} (%)	9,12	10,90	8,36	3,47	11,85	12,10	6,98	8,95
CV_r	0,29	0,26	0,29	0,09	0,53	0,33	0,26	0,22

\hat{h}_a^2 : herdabilidade individual no sentido restrito; \hat{h}_m^2 : herdabilidade da média de progênie; $r_{\hat{a}a}$: acurácia; CV_{gi} : coeficiente de variação genética aditiva individual; CV_{gp} : coeficiente de variação genética entre progênie; CV_r : coeficiente de variação relativa; *Significativo a 5% com um grau de liberdade; ^{ns} não significativo.

Fonte: dados de pesquisa do autor.

5.4 Análise conjunta dos sistemas de plantio

Não foram obtidos resultados significativos no teste de LRT para o sistema de plantio. Para o efeito de progênie, os resultados foram significativos para ALT, DAP e DMC, (Tabela 4) mostrando que esse sistema de plantio não influenciou no desenvolvimento dos caracteres. Freitas *et al.* (2006), estudando três experimentos com *M. urundeuva*, sendo dois mistos e um homogêneo, aos 3 e 4 anos de idade, não observaram resultados significativos na análise conjunta para QF no efeito de progênie, obtendo significância apenas para o efeito de sistema de plantio. Batista *et al.* (2012) estudando três procedências de *Handroanthus vellosi* (Ipê-amarelo) no espaçamento 3 x 3 m, verificaram pela análise conjunta que o efeito de procedências e progênie foi significativo para QF. Kubota *et al.* (2015) utilizaram a análise conjunta para estudar progênie de *Balfourodendron riedelianum* (Pau-marfim) e obtiveram resultados significativos para o efeito de procedências para os caracteres ALT, DAP e QF, sendo que o efeito de progênie não foi significativo para QF.

Desse modo, comparando os resultados de QF com a literatura, o efeito de progênie parece não influenciar essa característica nas árvores. No entanto, para o efeito de sistema de plantio o resultado diferiu do obtido por Freitas *et al.* (2006).

Tabela 4. Análise de deviance (LRT) para altura total (ALT, m), diâmetro a altura do peito (DAP, cm), diâmetro médio da copa (DMC, m) e qualidade do fuste (QF) nos testes de progênie de *Myracrodruon urundeuva*, em dois sistemas de plantio, aos 12 anos de idade, em Selvíria- MS.

LRT	ALT	DAP	DMC	QF
Progênie	5,52**	5,23**	2,81*	0,00 ^{ns}
Sistema de plantio	2,29 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,01 ^{ns}

* Significativo a 10% com um grau de liberdade (2,71); ** significativo a 5% com um grau de liberdade (3,84); ^{ns} não significativo.

Fonte: dados de pesquisa do autor.

5.5 Análise dos espaçamentos

Verificou-se que a ALT apresentou tendência de aumento até o tratamento 8 (Tabela 5). Para ALT a maior média foi para o tratamento 8, indicando que espaçamentos mais

amplios favorecem o crescimento da *M. urundeuva*, correspondendo a uma área de 28,44 m² árv.⁻¹ ou espaçamentos (entrelinha x linha) como 5,3 m x 5,3 m ou, mais convencional ao plantio, espaçamentos como 9 m x 3 m ou 6 m x 5 m. Para o DAP houve um ligeiro decréscimo no tratamento 9, enquanto para DMC a tendência se manteve. Esses resultados demonstram que espaçamentos mais amplos também favorecem o crescimento em diâmetro e da copa, o que era esperado, visto que, árvores que dispõem de maior espaço podem crescer mais. No entanto, para o plantio de espécies florestais é preciso indicar espaçamentos que permitam bom desenvolvimento das árvores e forma de fuste, visando o manejo silvicultural da espécie. Moraes *et al.* (2013) observaram que o melhor tratamento para ALT em progênies de *Jacaranda cuspidifolia* aos 24 meses foi o que correspondia a uma área em torno de 9 m² árv.⁻¹, que também favoreceu o diâmetro a 30 cm do solo (DA3) aos 12 e 24 meses.

Para QF não houve uma tendência definida. As maiores médias de efeitos fixos foram observadas para os tratamentos 6 e 3, que correspondem a áreas de 13,26 m² árv.⁻¹ e 4,23 m² árv.⁻¹, respectivamente. Assim, em contraposição ao que foi verificado para ALT, DAP e DMC, espaçamentos menores favorecem a qualidade do fuste de *M. urundeuva*. Portanto, plantios em espaçamentos reduzidos, 3,5 m x 3,5 m ou como 2 m x 2 m, podem ser adequados, pois árvores em plantios mais adensados, desenvolvem uma melhor forma e um maior crescimento, isso ocorre devido a busca por luz que proporciona um crescimento mais rápido em altura.

É indicado para o plantio de espécies florestais espaçamentos que permitam bom desenvolvimento das árvores e forma de fuste, visando o manejo silvicultural da espécie. Embora a indicação de um espaçamento único para favorecer os quatro caracteres simultaneamente não seja possível, outras propostas são viáveis para o plantio de *M. urundeuva*. Assim, visando o melhor desenvolvimento das árvores, procurando manter a melhor qualidade do fuste, foi possível por meio da análise do delineamento sistemático tipo “leque” indicar o espaçamento de plantio de 6,0 m x 2,3 m, correspondendo aproximadamente ao tratamento 6 (13,26 m² árv.⁻¹) (Figura 13), procedendo um desbaste nos primeiros anos após plantio, com a eliminação de uma planta a cada duas na linha de plantio, mantendo após o desbaste, o espaçamento de 6,0 m x 4,6 m, correspondendo a área de 27,6 m² árv.⁻¹, aproximadamente a área do tratamento 8, mantendo uma densidade final de 362 árvores por hectare. Outra indicação possível é o plantio no espaçamento de 9 m x 1,5 m (correspondendo ao

tratamento 6), com desbaste posterior na linha de plantio, mantendo o espaçamento de 9 m x 3,0 m (correspondendo ao tratamento 8) e densidade final de 370 árvores por hectare.

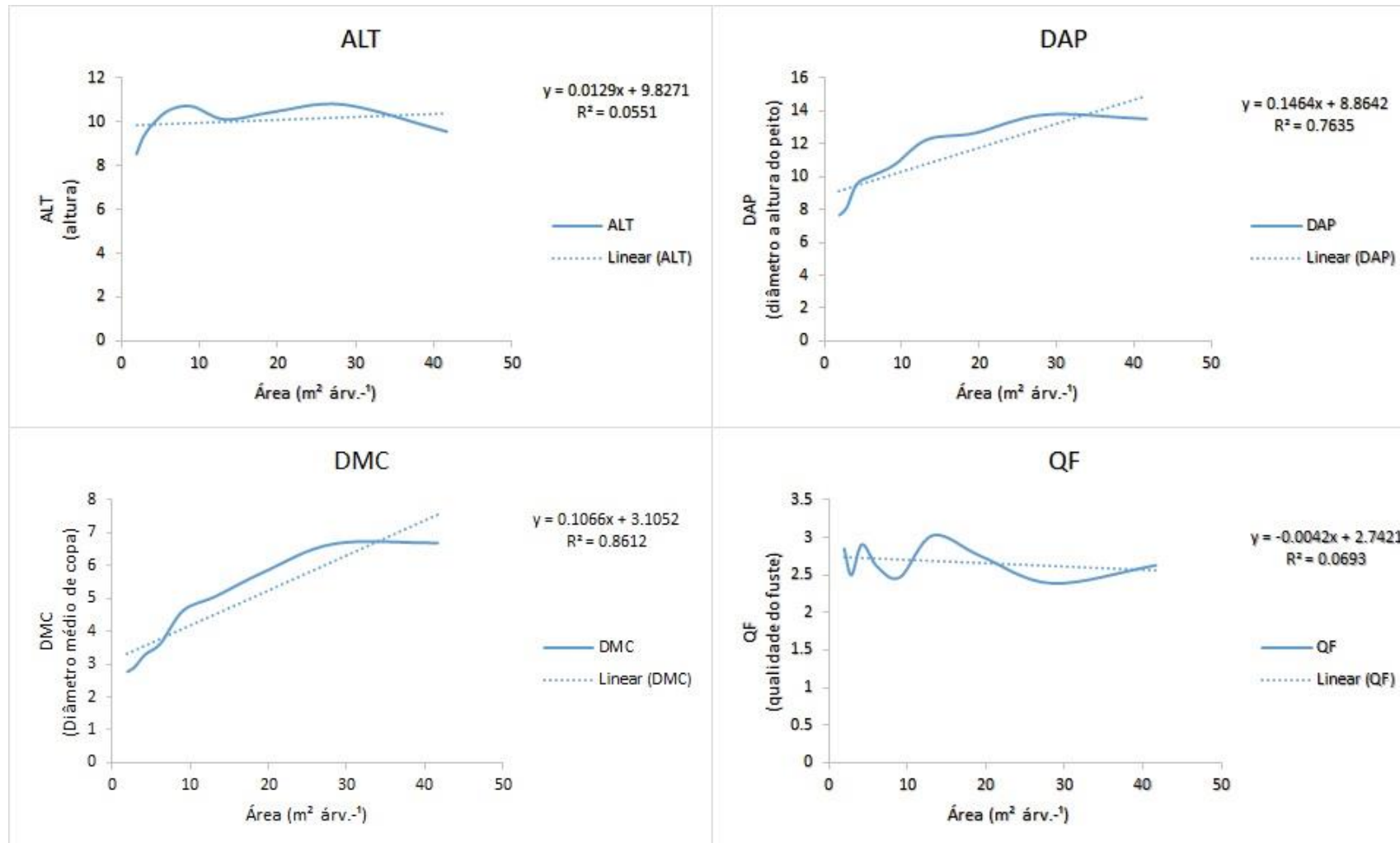
Tabela 5. Média dos efeitos fixos para os caracteres silviculturais: altura total (ALT, m), diâmetro a altura do peito (DAP, cm), diâmetro médio da copa (DMC, m) e qualidade do fuste (QF), por tratamento (espaçamento), em um teste de progênies de *M. urundeuva* em sistema de plantio homogêneo, aos 12 anos de idade, em delineamento sistemático tipo “leque”, em Selvíria-MS.

Tratamento	ALT	DAP	DMC	QF
1	8,54	7,67	2,77	2,85
2	9,36	8,12	2,92	2,50
3	9,98	9,57	3,30	2,91
4	10,55	10,07	3,63	2,61
5	10,72	10,73	4,63	2,47
6	10,12	12,27	5,07	3,03
7	10,46	12,66	5,81	2,75
8	10,80	13,78	6,67	2,39
9	9,56	13,52	6,69	2,63

Tratamentos: **1** = 1,97 m² árv⁻¹; **2** = 2,89 m² árv⁻¹; **3** = 4,23 m² árv⁻¹; **4** = 6,18 m² árv⁻¹; **5** = 9,06 m² árv⁻¹; **6** = 13,26 m² árv⁻¹; **7** = 19,42 m² árv⁻¹; **8** = 28,44 m² árv⁻¹; **9** = 41,64 m² árv⁻¹.

Fonte: dados de pesquisa do autor.

Figura 13. Equações de regressão para altura total (ALT, m), diâmetro a altura do peito (DAP, cm), diâmetro médio da copa (DMC, m) e forma do fuste (QF) de *Myracrodruon urundeuva* aos 12 anos de idade, em Selvíria-MS.



Fonte: elaboração do próprio autor.

Por meio da indicação desses espaçamentos de plantio torna-se possível a exploração sustentável da *M. urundeuva* para fins não madeireiros, associado a conservação genética da espécie por parte de pequenos produtores rurais, que poderiam utilizar a espécie em sistemas silvipastoril ou agrossilvipastoril, com a produção de mel durante os meses de florescimento da espécie, a coleta de sementes com qualidade genética para recuperação de áreas degradadas e a extração de compostos das folhas e entrecasca para uso farmacológico.

5.6 Razão sexual (*r*) e Tamanho efetivo (*Ne*)

Aos 12 anos após o plantio, no período de julho a setembro de 2018, foi avaliada a sexagem das árvores de *M. urundeuva*. Verificou-se que a porcentagem de Nm foi 41,6%; Nf 27,1%; Mo 2,9% e Sf 28,3% no TP-MUE. Para o TP-DES os valores foram: Nm 30,6%; Nf 7,9%; Mo 2,2% e Sf 59,4%.

Dessa forma, prevaleceu às árvores com florescimento masculino no TP-MUE, na proporção aproximada de 2♂:1♀ e, indivíduos sem florescimento, no TP-DES, na proporção aproximada de 4♂:1♀, o que pode estar relacionado, também aos diferentes espaçamentos desse último experimento. A partir da análise do teste do qui-quadrado se observou que houve diferenças significativas entre plantas com florescimento masculino e feminino, nos dois testes (Tabela 6). O mesmo já não ocorreu em uma população de *M. urundeuva*, do estado da Paraíba (Caatinga) também foi instalada no mesmo local, cuja proporção encontrada foi de 1♂:1♀ (LEITE; MACHADO, 2010).

Tabela 6. Frequências observadas (FO) e esperadas (FE) para indivíduos de *Myracrodruon urundeuva*, com florescimento feminino♀ e masculino♂ nos testes de progênies multi-espécie (TP-MUE) e teste de progênies em diferentes espaçamentos (TP-DES), em Selvíria-MS.

Florescimento	TP-DES			TP-MUE		
	FO	FE	χ^2	FO	FE	χ^2
♂	75	46,50	17,5**	151	121,50	7,2**
♀	18	46,50	17,5**	92	121,50	7,2**
Total	93	93	34,94**	243	243	14,33**

χ^2 : qui quadrado tabelado (6,63) para a probabilidade de 1%. **: significativo a 1% de significância.
Fonte: dados de pesquisa do autor.

O tamanho efetivo (N_e) para a amostra da população natural de Ribeirão Preto foi esperado em 120 (30 árvores de polinização livre x 4 N_e arv.⁻¹), admitindo-se a proporção de 1♂:1♀, nessa população, na ausência de seleção sexual. Portanto, o N_e do TP-MUE representa 38% do N_e esperado, e o N_e do TP-DES representa 12 % do N_e esperado (Tabela 7), considerando que o tamanho efetivo está abaixo de 50% para os dois testes, não é recomendado a transformação dos testes de progênies em um pomar de sementes por mudas, principalmente no TP-DES que teve sua representatividade muito abaixo do esperado, devido ao fato de que poucos indivíduos floresceram na avaliação desse evento reprodutivo. Contudo, cabe avaliação de eventos reprodutivos futuros de indivíduos com florescimento, para obter uma amostragem maior. Vencovsky, Chaves e Crossa (2012) apontaram fatores importantes que alteram o tamanho efetivo populacional, sendo o tamanho da população e as suas flutuações, proporção desigual entre os sexos, número de descendentes amostrado. Souza (2017) trabalhando com 34 progênies procedentes de quatro populações naturais fragmentadas de *M. urundeuva*, verificou que, para se obter lotes de sementes com um N_e de 150 (conservação genética em longo prazo), é necessário coletar sementes em pelo menos 55 árvores matrizes, pois o N_e indica quantos indivíduos não parentes e não endogâmicos a população possui. O número de árvores amostrados para a coleta de sementes em uma população é fundamental para a conservação genética *ex situ* em longo prazo. Dessa forma, como foi coletado sementes em 30 árvores a conservação genética *ex situ* será em curto prazo.

Tabela 7. Tamanho efetivo (N_e), razão sexual (r), número total de plantas que contribuem com gametas, no evento reprodutivo (t), Número total de plantas masculinas, que floresceram, naquele evento reprodutivo (M), Número total de plantas femininas, que floresceram, naquele evento reprodutivo (F), Número total de plantas masculinas (N_m) e Número total de plantas femininas (N_f) em dois testes de progênies de *Myracrodruon urundeuva*: teste de progênies multi-espécie (TP-MUE) e teste de progênies em diferentes espaçamentos (TP-DES), instalados em 2006 na região de Selvíria-MS.

EXP	Nm	Nf	M	F	v	u	t	r	D ₅	Ne	Ne(%)
TP-MUE*	210	210	210	210	1,0000	1,0000	420	0,50	3,9905	421	-
TP-MUE**	210	210	151	92	0,7190	0,4381	243	0,38	6,1694	158	38

EXP	Nm	Nf	M	F	v	u	t	r	D ₅	Ne	Ne(%)
TP-DES*	135	135	135	135	1,0000	1,0000	270	0,50	3,9852	271	-
TP-DES**	135	135	75	18	0,5556	0,1333	93	0,19	11,3667	33	12

*Na instalação do experimento (EXP), supondo 1♂:1♀ e **Avaliação no evento reprodutivo de 2018.

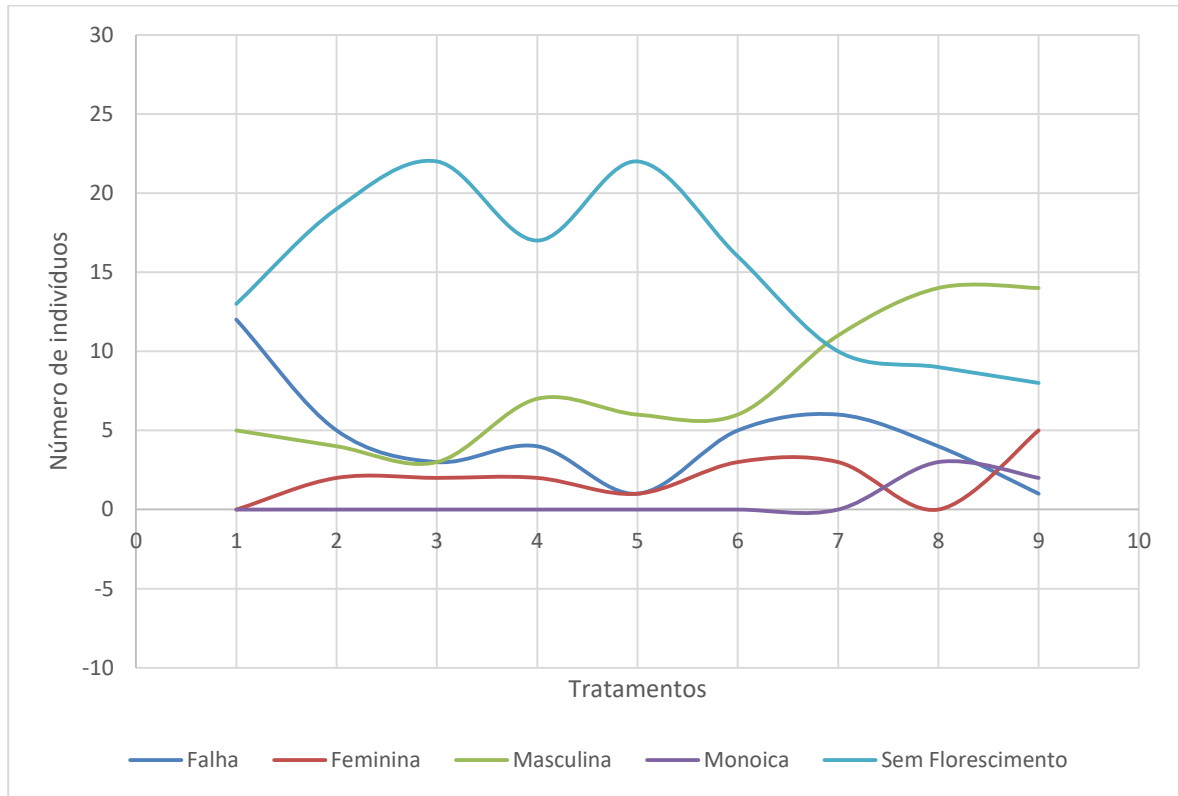
Fonte: dados de pesquisa do autor.

5.6.1 Sexagem nos diferentes espaçamentos

Os espaçamentos maiores proporcionaram maior florescimento para os indivíduos de *M. urundeuva* e, aparentemente, os espaçamentos 3 (4,23 m² árv⁻¹) e 5 (9,06 m² árv⁻¹) são menos adequados para propagação da espécie, devido a maioria dos indivíduos não florescerem nos mesmos (Figura 14).

Os espaçamentos mais amplos, como 8 (28,44 m² árv⁻¹) e 9 (41,64 m² árv⁻¹) permitiram maior florescimento de indivíduos masculinos. O espaçamento 1 mostrou maior proporção de falhas, a princípio pela competição que ocorreu entre os indivíduos. Dessa forma, por inviabilizar a sobrevivência de indivíduos não é um espaçamento adequado para o plantio da espécie quando o foco é conservação. Os indivíduos monoicos se manifestaram apenas nos maiores espaçamentos (8 e 9). Em geral, os espaçamentos menores não favoreceram o desenvolvimento de indivíduos femininos, que teve maior incidência nos tratamentos 6 (13,26 m² árv⁻¹) e 7 (19,42 m² árv⁻¹).

Figura 14. Desenvolvimento da sexagem por tratamento (espaçamento), em um teste de progênies de *M. urundeuva* em sistema de plantio homogêneo, aos 12 anos de idade, em delineamento sistemático tipo “leque”, em Selvíria-MS.



Fonte: elaboração do próprio autor.

6 CONCLUSÃO

A sobrevivência de *Myracroduton urundeuva* é alta para ambos testes de progênies, a indicar boa adaptação da espécie ao local.

A população possui variabilidade genética suficiente para conservação genética *ex situ* e expressa isso, tanto no TP-MUE quanto no TP-DES.

O sistema de plantio não influencia no desenvolvimento dos indivíduos, e independe para conservação genética, desde que o espaçamento seja o mesmo.

Nos dois testes de progênies, as proporções sexuais se diferenciaram do esperado, e o tamanho efetivo em ambos está abaixo do esperado nessa avaliação. Por isso, não se recomenda a transformação dos testes de progênies em pomares de sementes por mudas, cabendo avaliações posteriores, para tal objetivo.

Por meio da indicação de espaçamentos adequados de plantio torna-se possível a exploração sustentável da *M. urundeuva* para fins não madeireiros.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L. M. S.; CAMARGO, A. J. A. **Cerrado**: ecologia e caracterização. Planaltina: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 249 p.
- AQUINO, F. G.; MIRANDA, G. H. B. Consequências ambientais da fragmentação de habitats no cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado**: ecologia e flora. Brasília: Embrapa Informação e Tecnologia, 2008. p. 384-398.
- ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético de plantas**. São Paulo: Edgard Blücher, 1971. 381 p.
- AMORIM, F. W.; OLIVEIRA, P. E. Estrutura sexual e ecológica de *Amaioua guianensis* Aubl. (Rubiaceae), uma espécie dioica de formações florestais de cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 353-352, 2006.
- ARAÚJO, D.; SEBBENN, A. M.; ZANATTO, A. C. S.; ZANATA, M.; MORAIS, E.; MORAES, M. L. T.; FREITAS, M. L. M. Variação genética para caracteres silviculturais em progênies de polinização aberta de *Astronium graveolens* Jacq. (Anacardiaceae). **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 1, p. 61-68, 2014.
- AZEVEDO, V.C.R. **Desenvolvimento e aplicações de microssatélites, análise de cpDNA e modelagem computacional para estudos da estrutura e dinâmica genética de maçaranduba - *Manilkara huberi* (Ducke) Chev. Sapotaceae**. 1992. 215 f. Tese (Doutorado em Biologia Molecular) – Instituto de Biologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.
- BALDONI, A. B.; WADT, L. H. O.; CAMPOS, T.; SILVA, V. S.; AZEVEDO, V. C. R.; MATA, L. R.; BOTIN, A. A.; MENDES, N. O.; TARDIN, F. D.; TONINI, H.; HOOGERHEIDE, E. S. S.; SEBBENN, A. M. Contemporary pollen and seed dispersal in natural populations of *Bertholletia excelsa* (Bonpl.). **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 16, n. 3, p. 1-14, 2017.
- BALLONI, E. A.; SIMÕES J. W.; O espaçamento de plantio e suas implicações silviculturais. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 1, n. 3, p. 1-16, 1980.
- BATISTA, C. M.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. A.; ZANATTO, A. C. S.; SANTOS, P. C.; ZANATA, M.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Estimativas de parâmetros genéticos e a variabilidade entre e entro de procedências de *Handroanthus vellosi*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 71, p. 269-276, 2012.
- BAWA, K.S. Evolution of dioecy in flowering plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 11, p. 15-39, 1980.
- BERTI, C. L. F.; KAMADA, T.; MORAES, M. A.; ALVES, P. F.; SILVA, A. M.; MORAES, M. L. T.; BERTI, P. S. Diversidade genética de populações naturais de *Dipteryx alata* localizadas nos municípios de Brasilândia/MS, Indiará/GO e Ituramã/GO estimada por marcadores microssatélites. **Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v. 26, n. 2, p. 203-216, 2017.

BERTONHA, L. J.; FREITAS, M. L. M.; CAMBUIM, J.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Seleção de progênies de *Myracrodruon urundeuva* baseada em caracteres fenológicos e de crescimento para reconstituição de áreas de reserva legal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 44, n. 109, p. 95-104, 2016.

BERTONI, J. E. A.; DICKFELDT, E. P. Plantio de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. (aroeira) em área alterada de floresta: desenvolvimento das mudas e restauração florestal. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 31-38, 2007.

BROOKS, T. M.; MITTERMEIER, R. A.; FONSECA, G. A. B.; GERLACH, J. HOFFMANN, M.; LAMOREUX, J. F.; MITTERMEIER, C. G.; PILGRIM, J. D.; RODRIGUES, A. S. L. Global biodiversity conservation priorities. **Science**, Washington, v. 313, n. 5783, p. 58-61, 2006.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 525 p.

BROWN, J. H.; LOMOLINO, M. V. **Biogeografia**. 2. ed. Ribeirão Preto: Funpec, 2006. 691 p.

CANUTO, D. S. O.; SILVA, A. M.; FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M.; MORAES, M. L. T. Genetic Variability in *Myracrodruon urundeuva* (Allemão) Engl. Progeny Tests. **Open Journal of Forestry**, Wuhan, v. 7, p. 1-10, 2016a.

CANUTO, D. S. O.; SILVA, A. M.; MORAES, M. L. T.; RESENDE, M. D. V. Estabilidade e adaptabilidade em testes de progênies de *Myracrodruon urundeuva* sob quatro sistemas de plantio. **Cerne**, Lavras, v. 22, n. 2 p. 171-180, 2016b.

CANUTO, D. S. O.; ZARUMA, D. U. G.; MORAES, M. A.; SILVA, A. M.; MORAES, M. L. T.; FREITAS, M. L. M. Caracterização genética de um teste de progênies de *Dipteryx alata* Vog. proveniente de remanescente florestal da Estação Ecológica de Paulo de Faria, SP, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 42, n. 4, p. 641-648, 2015.

CARLINI, E. A.; DUARTE-ALMEIDA, J. M.; RODRIGUES, E.; TABACH, R. Antiulcer effect of the pepper trees *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-da-praia) and *Myracrodruon urundeuva* Allemão, Anacardiaceae (aroeira-do-sertão). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 140-146, 2010.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisas Florestais, 2003. 179 p.

CASTRO, C. C.; OLIVEIRA, P. E. Reproductive biology of the protandrous *Ferdinandusa speciosa* Pohl (Rubiaceae) at southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 167-172, 2001.

CESÁRIO, L. F.; GAGLIANONE, M. C. Biologia floral e fenologia reprodutiva de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae) em Restinga do Norte Fluminense. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 828-833, 2008.

CENTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA FLORA – CNCFlora. *Myracrodruon urundeuva*. In: LISTA Vermelha da flora brasileira versão 2012.2. Centro Nacional de Conservação da Flora. 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). Acesso em: 7 jan. 2020.

COBRA, S. S. O.; NASCIMENTO, F.; ANTONIAZZI, S. A.; KRAUSE, W.; SILVA, C. A. Biologia reprodutiva de *Cordia macrophylla* (K. Schum.) Kuntze (Rubiaceae), espécie dioica da região sudoeste do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 6, p. 516-523, 2015.

CORRÊA, B. S.; LOUZADA, J. N. C. Bioma cerrado, fragmentação florestal e relações ecológicas com a avifauna. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 2, n. 3, p. 2316-1817 2010.

CORNACINI, M. R.; SILVA, J. R.; LUZ, K. C.; CAMBUIM, J.; SANTOS, W.; MORAES, M. L. T.; AGUIAR, A. V. Desbaste em teste de procedências e progênies de *Astronium fraxinifolium* Schott com base na variabilidade genética. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 115, p. 581-591, 2017.

COSTA, A.; GALVÃO, A.; SILVA, L. G. Mata atlântica brasileira: análise do efeito de borda em fragmentos florestais remanescentes de um *hotspot* para conservação da biodiversidade. **Geomae**, Campo Mourão, v. 10, n. 1, p. 112-123, 2019.

DUARTE, T. E. P. N.; LEITE, L. B. Cidades médias no Cerrado brasileiro: desafios para a conservação da biodiversidade. **Terr@Plural**, Ponta Grossa, v. 14, p. 1-7, 2020.

DUDA, L. L. **Seleção genética de árvores de *Pinus taeda* L. na região de Arapoti, Paraná**. 2003. 50 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

ELOY, E.; CARON, B. O.; SOUZA, V. Q.; BEHLING, A.; ELLI, E. F. Influência do espaçamento na altura e diâmetro da copa de quatro espécies arbóreas. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 14, p. 675, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: Ed. da UFV, 1987. 279 p.

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**, São Cristovão, v. 8, n. 1, p. 110-118, 2008.

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

- FLORES, T. B.; ALVARES, C. A.; SOUZA, V. C.; STAPE, J. L. ***Eucalyptus no Brasil***: zoneamento climático e guia para identificação. Piracicaba: IPEF, 2016. 447 p.
- FREEMAN, D. C.; DOUST, J. L.; EL-KEBLAWI, A.; MIGLIA, K. J.; MCARTHUR, E. D. Sexual specialization and inbreeding avoidance in the evolution of dioecy. **Botanical Review**, Manhattan, v. 63, p. 65-92, 1997.
- FREITAS, M. B. F.; COSTA, R. R. G. F. Estimativas de variância genética entre e dentro de progênes de pitanga-vermelha. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 08, n. 03, p. 78-86, 2015.
- FREITAS, M. L. M.; AUKAR, A. P. A.; SEBBENN, A. M.; MORAES, M. L. T.; LEMOS, E. G. M. Variação genética em progênes de *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. ALLEMÃO em três sistemas de cultivo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 319-329, 2006.
- FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAIS, E. Formação de pomar de sementes a partir da seleção dentro de teste progênes de *Myracrodruon urundeuva*. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 65-72, 2007.
- GAINO, A. P. S.; MORAES, M. L. T.; MOREIRA, J. P.; CARDIN, L. T.; MORAES, M. A.; SILVA, A. M.; FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M. Mating system in *Myracrodruon urundeuva* (F. F. & M. F. Allemão - Anarcadiaceae): implications for conservation genetics. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 545-551, 2011.
- GOOGLE EARTH, Mapas. Imagem obtida em consulta realizada em 2019. Disponível em: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>. Acesso em: 30 dez. 2019.
- GUERRA, C. R. S. B.; MORAES, M. L. T.; SILVA, C. L. S. P.; CANUTO, D. S. O.; ANDRADE, J. C. A.; FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M. Estratégias de seleção em duas populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, v. 81, p. 79-87, 2009.
- HALL, R. B. Use of the crown competition factor concept to select clones and spacings for short-rotation woody crops. **Tree Physiology**, Oxford, v. 14, n. 7-9, p. 899-909, 1994.
- HANADA, L. D. C. **Mudanças do uso da cobertura do solo na fronteira agrícola da Amazônia ocidental, bacia do Ji-Paraná – Rondônia**. 2004. 98 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- HARRINGTON, T. B.; HARRINGTON, C. C.; DEBELL, D. S. Effects of planting spacing and site quality on 25-year growth and mortality relationships of Douglas-Fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii*). **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v. 258, p.18-25, 2009.

HEID, D. M.; SERRA, A. P.; DANIEL, O.; MATOS, F. A.; SANTON, J. C.; NOGUEIRA, I. M. B.; CREMON, T.; CARVALHO, R. P.; BOTTEGA, S. P.; ENSINAS, S. C.; LAURA, V. A.; ALMEIDA, R. G.; FERREIRA, A. D.; LEMPP, B. Performance of *Peltophorum dubium* under intraspecific tree competition and cardinal directions as possibility for integrated livestock-forestry systems. **African Journal of Agricultural Research**, Sapele, v. 11, n. 38, p. 3578-3586, 2016.

HULTINE, K. R.; GRADY, K. C.; WOOD, T. E.; SHUSTER, S. M.; STELLA, J. C.; WHITHAM, T. G. Climate change perils for dioecious plant species. **Nature Plants**, Londres, v. 2, n. 16109, 2016.

HUMMEL, S. Height, diameter and crown dimensions of *Cordia alliodora* associated with tree density. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v. 127, n. 1-3, p. 31-40, 2000.

IUCN, International Union for Conservation of Nature. 2013. **IUCN Standards and Petitions Subcommittee. Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 10.** Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; VENCOSKY, R. Conservação *in situ* de espécies arbóreas tropicais. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas.** Rondonópolis: Fundação MT, 2001, p. 149-158.

KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* (Hill) Maiden.** 1980. 125 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1980.

KAGEYAMA, P. Y. **Projeto banco ativo de germoplasma.** Piracicaba: USP/ESALQ, 2002. 22 p. Relatório, Convênio CESP – ESALQ/USP-IPEF.

KUBOTA, T. Y. K.; MORAES, M. A.; SILVA, E. C. B.; PUPIN, S.; AGUIAR, A. V.; MORAES, M. L. T.; FREITAS, M. L. M.; SATO, A. S.; MACHADO, J. A. R.; SEBBENN, A.M. Variabilidade genética para caracteres silviculturais em progênies de polinização aberta de *Balfourodendron riedelianum* (Engler). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 407-415, 2015.

KUEHNE, C.; KUBLIN, E.; PYTTEL, P.; BAUHUS, J. Growth and form of *Quercus robur* and *Fraxinus excelsior* respond distinctly different to initial growing space: results from 24-year-old Nelder experiments. **Journal of Forest Research**, Londres, v. 24, n. 1, p. 1-14, 2013.

LAURANCE, W. F.; VASCONCELOS, H. L. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 434-451, 2009.

- LEITE, A. V. L.; MACHADO, I. C. Reproductive biology of woody species in Caatinga, a dry forest of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, Londres, v. 74, n. 11, p. 374-1380, 2010.
- LENZA, E.; OLIVEIRA, P. O. Biologia reprodutiva de *Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae), uma espécie dioica em mata de galeria do Triângulo Mineiro, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 179-190, 2005.
- LENZI, M.; ORTH, A. I. Fenologia reprodutiva, morfologia e biologia floral de *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae), em restinga da Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Biotemas**, Florianópolis, v. 2, n. 17, p. 67-89, 2004.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 6. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014. v. 1.
- MAIA, M. C. C.; RESENDE, M. D. V. ; OLIVEIRA, L. C.; VASCONCELOS, L. F. L.; LIMA NETO, J. F. P. Análise genética em genótipos de manga rosa via REML/BLUP. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, n. 5, v. 1, p. 1-16, 2014.
- MATALLANA, G.; WENDT, T.; ARAUJO, D. S. D.; SCARANO, F. R. High abundance of dioecious plants in a tropical coastal vegetation. **American Journal of Botany**, Rio de Janeiro, v. 92, n. 9, p. 1513-1519, 2005.
- MAXTED, N.; HAWKES, J. G.; FORD-LOYD, B. V.; WILLIAMS, J. T. A practical model for *in situ* genetic conservation – complementary conservation strategies. *In*: MAXTED, N.; FORD-LOYD, B. V.; HAWKES, J. G. (ed.). **Plant genetic conservation**. London: Chapman & Hall, 1997. p. 339-367.
- MEDEIROS, A. C. S.; PROBERT, R. J.; SADER, R.; SMITH, R. D. The moisture relations of seed longevity in *Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl. **Seed Science & Technology**, Bassersdorf, v. 26, n. 2, p. 289-298, 1998.
- MORAES, M. A.; SILVA, E. C. B.; MORAES, S. M. B.; KUBOTA, T. Y. K.; RESENDE, M. D. V.; MORAES, M. L. T. Variação genética em progênies de *Jacaranda cuspidifolia* Mart. utilizando o delineamento sistemático tipo “leque”. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 175-183, 2013.
- MORAN, E. F.; OSTROM E. **Ecosistemas florestais: interação homem-ambiente**. São Paulo: Ed. Senac: Edusp. 2009. 544 p.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, Londres, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.
- NASCIMENTO, H. E. M.; LAURANCE, W. F. Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13-17 anos de isolamento. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 6, n. 2, p.183-192, 2006.
- NELDER, J. A. New kinds of systematic designs for spacing experiments. **Biometrics**, Hasselt, n.18, p.283-307, 1962.

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, n. 2. p. 233-243, 2008.

OLIVEIRA, P. E.; MARUYAMA, P. K. Reprodução assexuada. In: RECH, A. R. I. ; INI, K. A.; OLIVEIRA, P. E.; MACHADO, C. E. (org.). **Biologia da polinização**. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014. p. 93-112.

OLIVEIRA, F. P.; SOUZA, A. L.; FERNANDES FILHO, E. I. Caracterização da monodominância de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) no município de Tumiritinga-MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 2, p. 299-311, 2014.

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

PAIVA, J. R.; VALOIS, A. C. C. Espécies selvagens e sua utilização no melhoramento. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARESINGLIS, M. C. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 79-100.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; FERNANDES, J. S. C.; RESENDE, M. D. V. Avaliação e seleção precoce para crescimento de *Pinus taeda*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.12, p. 1719-1726, 2002.

PAREYN, F. G. C.; ARAÚJO, E. L.; DRUMMOND, M. A.; MIRANDA, M. J. A. C.; SOUZA, C. A.; SILVA, A. P. S.; BRAZOLIN, S.; MARQUES, K. K. M. *Myracrodruon urundeuva*: aroeira. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade, 2018.

PAPARELLI, A.; HENKES, J. A. Devastação da cobertura vegetal nativa no bioma cerrado do Distrito Federal caracterizando a extinção de espécies da flora. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 1, n. 2, p. 241, 2012.

PENSO, M. M. S. **Aplicações de delineamentos sistemáticos em experimentos agrônômicos**. 2008. 55 f. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: 2000. 477 p.

PINTO, S. I. C.; SOUZA, A. M.; CARVALHO, D. Variabilidade genética por isoenzimas em populações de *Copaifera langsdorffi* Desf. em dois fragmentos de mata ciliar. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 65, p. 40-48, 2004.

POTTER, K. M.; JETTON, R. M.; BOWER, A.; JACOBS, D. F.; MAN, G.; HIPKINS, V. D.; WESTWOOD, M. Banking on the future: progress, challenges and opportunities for the genetic conservation forest trees. **New Forests**, Heidelberg, v. 48, n. 2, p. 153-180, 2017.

PRETZSCH, H.; RAIS, A. Wood quality in complex forests versus even-aged monocultures: review and perspectives. **Wood Science Technology**, Heidelberg, v. 50, p. 845-880, 2016.

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

QUEIROZ, C. R. A. A.; MORAIS, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A. Caracterização dos taninos da aroeira-preta (*Myracrodruon urundeuva*). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 485-492, 2002.

RAJORA, O. M.; MOSSELER, A. Challenges and opportunities for conservation of forest genetic resources. **Euphytica**, Basel, v. 118, n. 2, p. 197-212, 2001.

RAMOS, S. L. F.; DEQUIGIOVANNI, G.; SEBBENN, A. M.; LOPES, M. T. G.; KAGEYAMA, P. Y.; MACEDO, J. L. V.; KIRST, M.; VEASEY, E. A. Spatial genetic structure, genetic diversity and pollen dispersal in a harvested population of *Astrocaryum aculeatum* in the Brazilian Amazon. **BMC Genetics**, Londres, v. 17, n. 63, p. 1-10, 2016.

REDMOND, J.; GERHARDT, G.; SIÚRTÁN, M. M. Systematic spacing trials for plantation research and demonstration. **Silviculture Manadement**, Irlanda, n.12, 2008.

REIS, E. F. **Ganhos preditos e realizados, por diferentes estratégias de seleção, em populações de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 2000. 120 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

RESENDE, M.D.V. **Matemática e estatística na análise de experimentos e no melhoramento genético**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. 362 p.

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

RESENDE, M. D. V. *Software* Selegen – REML/BLUP: a useful tool for plant breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 16, n. 4, p. 330-339, 2016.

RESENDE, M. D. V. **Análise estatística de modelos mistos via REML/BLUP na experimentação em melhoramento de plantas perenes**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 101 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 47).

RODRIGUES, C. J. **Variação genética para caracteres silviculturais em banco ativo de germoplasma de espécies arbóreas do cerrado e da floresta**

- estacional semidecidual**. 2010. 187 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/106176/rodrigues_cj_dr_ilha.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 20 mar. 2020.
- RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V.; BARROS, L. C. Tropical rain forest regeneration in na area degraded by mining in Mato Grosso State, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v. 190, n. 2-3, p. 323-333, 2004.
- ROSSMANN, H. **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de uma população de soja avaliada em quatro anos**. 2001. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.
- ROSSI, M. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**: revisado e ampliado. São Paulo: Ed. do Instituto Florestal, 2017. 118 p.
- SAHA, S.; KUEHNE, C.; BAUHUS, J. Lessons learned from oak cluster planting trials in central Europe. **Canadian Journal Forest Research**, Ottawa, v. 47, n. 2, p. 139-148, 2017.
- SALOMÃO, A. N. *Myracrodruon urundeuva*. In: VIEIRA, R. F.; CAMILLO, J.; CORADIN, L. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial**: plantas para o futuro: região centro-oeste. Brasília, DF: MMA, 2016. 1160 p.
- SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. **Cerrado**: ecologia e flora. Brasília DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 1279 p.
- SANT'ANA, V. Z. **Proporção sexual em populações de *Myracrodruon urundeuva* para fins de formação de pomares de sementes por mudas**. 2017. 54 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2017.
- SARMENTO, M. B.; VILLELA, F. A. Sementes de espécies florestais nativas do sul do Brasil. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 20, n. 1-2, p. 39-44, 2010.
- SCOLFORO J. R. S. **Biometria florestal**: modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 441 p.
- SINCLAIR, J. P.; EMLÉN, J.; FREEMAN, D. C. Biased sex ratios in plants: theory and trends. **Botanical Review**, Nova York, v. 78, n. 1, p. 66-86, 2012.
- BENN, A. M. ;ETTORI, L. C. Conservação genética *ex situ* de *Ensebeckia leiocarpa*, *Myracrodruon urundeuva* e *Peltophorum dubium* em teste de progênes misto. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 201-211, 2001.

SEBBENN, A. M.; SIQUEIRA, A. C. M. F.; KAGEYAMA, P. Y.; MACHADO, J. A. R. Parâmetros genéticos na conservação da cabreúva – *Myroxylon peruiferum* L.F. Allemão. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 53, p. 31-38, 1998.

SEBBENN, A. M.; VILAS BÔAS, O. Conservação *ex situ* de Angico *Anadenanthera falcata* (Benth.) Speg, em Assis, Estado de São Paulo. In: VILAS BÔAS, O.; DURIGAN, G. **Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no Oeste Paulista**. São Paulo: 2004. 484 p.

ŠIJAČIĆ-NIKOLIĆ, M.; MILOVANOVIĆ, J.; NONIĆ, M. Conservation of Forest Genetic Resources. In: AHUJA, M. R.; RAMAWAT, K.G. (Orgs.). **Biotechnology and Biodiversity**. Cham: Springer International Publishing, 2014, v. 4, p. 103–128. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-09381-9_7. Acesso em: 9 jan. 2020.

SILVA, A. R.; CENON, P. R.; RÊGO E. R.; NASCIMENTO, M. Avaliação do coeficiente de variação experimental para caracteres de frutos de pimenteiras. **Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 2, p. 168-171, 2011.

SOUZA, C. S.; AGUIAR, A. V.; SILVA, A. M.; MORAES, M. L. T. Variação genética em progênies de Gonçaloalves (*Astronium fraxinifolium*) em dois sistemas de plantio. **Revista Instituto Florestal**, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 137-145, 2003.

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) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017.

STAPE, J. L. **Utilização de delineamento sistemático tipo “leque” no estudo de espaçamentos florestais**. 1995. 86 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz,” Piracicaba, 1995.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D. Insights from full-rotation nelder spacing trials with eucalyptus. **Southern Forests**, Londres, v. 72, p. 90-97, 1995.

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

TAMBARUSSI, E. V.; SEBBENN, A. M.; ALVES-PEREIRA, A.; VENCOVSKY, R.; CAMBUIM, J.; SILVA, A. M.; MORAES, M. A.; MORAES, M. L. T. *Dipteryx alata* Vogel (Fabaceae), a neotropical tree with high levels of selfing: implications for conservation and breeding programs. **Annals of Forest Research**, Bucareste, v. 60, n. 2, p. 243-261, 2017.

TUNG, E. S. C.; FREITAS, M. L. M, FLORSHEIM, S. M. B.; LIMA, I. L.; LONGUI, E. L. ;SANTOS, F. W.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Variação genética para caracteres silviculturais e anatômicos de madeira em progênies de *Myracrodruon*

urundeuva (Engker) Fr. Allem. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 499-508, 2010.

VALOIS, A. C. C.; NASS, L. L.; GOES, M. Conservação *ex situ* de recursos genéticos vegetais. *In*: NASS, L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARESINGLIS, M. C. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. 1183 p.

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.

VENDRAMINI, J. L.; JURINITZ, C. F.; CASTANHO, C. T.; LORENZO, L.; OLIVEIRA, A. A. Litterfall and leaf decomposition in foresty fragments under different successional phases on the Atlantic Plateau of the state of São Paulo, Brazil. **Biota Neotrópica**, Campinas, v. 12 n. 3, p. 136-146, 2012.

YOUNG, A.; BOSHIER, D.; BOYLE, T. **Forest conservation genetics: principles and practice**. Collingwood: CSIRO, 2000. 352 p.

ZARUMA D. U. G.; CANUTO, D. S. O.; PUPIN, S.; CAMBUIM, J.; SILVA, A. M.; MORI, E. S.; SEBBENN, A. M.; MORAES M. L. T. Variabilidade genética em procedências e progênes de *Dipteryx alata* Vogel para fins de conservação genética e produção de sementes. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 107, p. 609-615, 2015.

APÊNDICE

Tabela 1A. Estimativas de variância e parâmetros genéticos para altura total (ALT), diâmetro a altura do peito (DAP), diâmetro médio da copa (DMC) e qualidade do fuste (QF), aos 12 anos de idade de *Myracrodruon urundeuva* no município de Selvíria-MS.

TESTES	Variâncias	ALT	DAP	DMC	QF
TP-MUE	$\hat{\sigma}_g^2$	1,91	3,23	0,40	0,04
	$\hat{\sigma}_e^2$	3,92	8,73	0,86	1,23
	$\hat{\sigma}_f^2$	5,84	11,96	1,27	1,27
TP-DES	$\hat{\sigma}_g^2$	5,64	6,99	0,41	0,23
	$\hat{\sigma}_e^2$	0,62	10,24	1,12	0,96
	$\hat{\sigma}_f^2$	6,27	17,22	1,54	1,19

$\hat{\sigma}_g^2$: variância genética aditiva; $\hat{\sigma}_e^2$ variância residual; $\hat{\sigma}_f^2$ variância fenotípica;

Tabela 2A. Estimativas de variância da Análise de deviance (LRT) para os testes de progênies de *Myracrodruon urundeuva*, para os caracteres altura total (ALT), diâmetro a altura do peito (DAP), diâmetro médio da copa (DMC) e qualidade do fuste (QF) em dois sistemas de plantio, aos 12 anos de idade, em Selvíria- MS.

Variâncias	ALT	DAP	DMC	QF
$\hat{\sigma}_g^2$	2,32	4,01	0,27	0,004
$\hat{\sigma}_{int}^2$	0,26	0,16	0,029	0,002
$\hat{\sigma}_e^2$	3,44	9,94	1,04	1,22
$\hat{\sigma}_f^2$	6,38	14,11	1,35	1,29

$\hat{\sigma}_g^2$: variância genética aditiva; $\hat{\sigma}_{int}^2$: variância de interação; $\hat{\sigma}_e^2$ variância residual; $\hat{\sigma}_f^2$ variância fenotípica;

Tabela 3A. Estimativas de variância da média dos efeitos fixos para os caracteres silviculturais, por tratamento (espaçamento), para altura total (ALT), diâmetro a altura do peito (DAP), diâmetro médio da copa (DMC) e qualidade do fuste (QF) em um teste de progênies de *Myracrodruon urundeuva* em sistema de plantio homogêneo, aos 12 anos de idade, em delineamento sistemático tipo “leque”, em Selvíria-MS.

Variâncias	ALT	DAP	DMC	QF
$\hat{\sigma}_g^2$	5,59	6,63	0,39	0,23
$\hat{\sigma}_e^2$	0,72	10,61	1,13	0,96
$\hat{\sigma}_f^2$	6,32	17,2	1,52	1,19

$\hat{\sigma}_g^2$: variância genética aditiva; $\hat{\sigma}_e^2$ variância residual; $\hat{\sigma}_f^2$ variância fenotípica;

Figura 2A. Croqui de campo do TP-DES (FEPE/FEIS/UNESP), no município de Selvíria-MS

**TESTE DE PROGÊNIES DE *Myracrodruon urundeuva* EM DIFERENTES
ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO.**

DELINEAMENTO: Sistemático tipo “leque” – 30 tratamentos (progênies); INSTALAÇÃO:
31/10/2006; PLANTAS/RAIO: 12.

