

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

**LORENA FRIGINI MORO CAPO**

**CONSERVAÇÃO, USO SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS GENÉTICOS E DISTRIBUIÇÃO  
NATURAL DE *Myracrodruon urundeuva***

Ilha Solteira  
2019

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**LORENA FRIGINI MORO CAPO**

**CONSERVAÇÃO, USO SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS GENÉTICOS E DISTRIBUIÇÃO  
NATURAL DE *Myracrodruon urundeuva***

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Ananda Virginia de Aguiar  
**Orientador**

Marcos Silveira Wrege  
**Co-orientador**

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C245c      Capo, Lorena Frigini Moro.  
Conservação, uso sustentável dos recursos genéticos e distribuição natural de *Myracrodruon urundeuva* / Lorena Frigini Moro Capo. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2019  
71 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2019

Orientador: Ananda Virginia de Aguiar  
Coorientador: Marcos Silveira Wrege  
Inclui bibliografia

1. Conservação genética. 2. Aquecimento global. 3. Aroeira. 4. Modelagem de nicho ecológico.

  
Raiane da Silva Santos

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

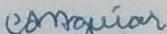
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Conservação, uso sustentável dos recursos genéticos e distribuição natural de *Myracrodruon urundeuva*

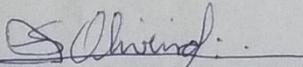
AUTORA: LORENA FRIGINI MORO CAPO

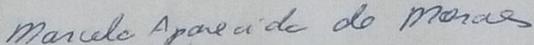
ORIENTADORA: ANANDA VIRGÍNIA DE AGUIAR

COORIENTADOR: MARCOS SILVEIRA WREGE

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

  
Profa. Dra. ANANDA VIRGÍNIA DE AGUIAR  
Câmpus Samambaia / Embrapa Florestas

  
Dra. SIMONE APARECIDA DE OLIVEIRA  
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

  
Profa. Dra. MARCELA APARECIDA DE MORAES  
Departamento de Biologia / Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto

Ilha Solteira, 07 de fevereiro de 2019

Ao meu avô Humir Luiz Frigini por todo incentivo e carinho; aos meus pais Jorge e Edilene e à minha irmã Isabela por todo apoio, paciência, compreensão e amor.

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

À DEUS, por me dar forças de continuar mesmo quando as coisas pareciam impossíveis;

Aos meus pais, Jorge Luiz Moro Capo e Edilene Maria Frigini Moro Capo pelo constante apoio emocional, físico e financeiro. Por acreditarem no meu potencial e estarem constantemente insistindo em mim, mostrando que eu sou uma vencedora e que nada é mais forte do que o amor e a confiança que existe entre nós.

À minha irmã, que segurou a barra sozinha em casa para que eu pudesse chegar onde cheguei, fazendo muitas vezes papel das duas filhas em casa. Que, além disso, me incentiva e me faz querer ser melhor diariamente.

À pesquisadora Prof. Dra. Ananda Virginia Aguiar por ser mais que uma orientadora, me ajudando a superar barreiras pessoais e profissionais. Por não desistir de mim e por estar sempre disposta a me encaminhar da melhor maneira possível;

Ao Prof. Dr. Mario Luiz Teixeira de Moraes pelos ensinamentos, auxílios e colaborações prestados no desenvolvimento deste trabalho;

À Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira -UNESP e seus funcionários, pela oportunidade e suporte para realização desse trabalho;

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

À EMBRAPA Florestas pelo apoio;

À banca examinadora composta por Dra. Marcela Aparecida de Moraes, Dra. Ananda Virginia de Aguiar e Dra. Simone Aparecida.

Aos Funcionários da Fazenda de Ensino e Pesquisa da FEIS/UNESP: Alexandre Marques da Silva, Alonso A. da Silva, José Cambuim, pela amizade, conselhos e todo apoio na coleta de dados;

À Selma Maria Bozzite de Moraes pelos ensinamentos, carinho e amizade;

À Patricia pelo apoio e pela amizade.

À Daniele Zullian, por estar presente todos os dias desses dois anos e meio de mestrado, me mostrando o caminho e me ajudando a superar meus medos. Por ser companheira, amiga e uma excelente profissional.

À Arnuzia Campos Dias, Flavia Siquara, Jaíne Lordelo, Lenita Bolzan, Marcela Carlesso e Marianne Lobato por estarem ao meu lado desde o início da minha jornada

acadêmica, me dando suporte desde a graduação e me incentivando a ser sempre melhor.

À Amanda Biliato, Joyce Carvalho, Laícia Leite, Laura Antunes e Mayre Farias por me acolherem, mostrando que família não é apenas sangue, que irmandade e amor independem do tempo e, principalmente, por não me deixarem desistir, me motivando e me dizendo quanto sou capaz.

Ao Luiz Henrique e Valdomiro Colavitte por estarem presentes em todos os momentos, me incentivando e fazendo parte de cada sorriso e cada lágrima que existiu.

Por último, mas igualmente importante, a todos os amigos que cruzaram meu caminho nessa etapa, deixando marcas e aprendizados, trazendo sorrisos e superações e vivendo para sempre em meu coração e memória.

## RESUMO

*Myracrodruon urundeuva* é uma espécie madeireira natural com grande potencial de uso comercial no Brasil, principalmente nas regiões do Pantanal, do Cerrado e da Caatinga, onde ocorre a exploração de espécies nativas. A exploração intensiva tem causado grande perda de indivíduos e o isolamento de populações em ilhas, devido à fragmentação do habitat da espécie. Assim, a adoção de estratégias para conservação *ex situ* de espécies nativas torna-se indispensável. Duas propostas foram idealizadas neste trabalho. A primeira foi estimar a variabilidade genética e ganho genético com a seleção de um teste de progênie consorciado com as espécies *Myracrodruon urundeuva*, *Terminalia argentea* e *Astronium fraxinifolium*, que foi instalado em 12 de julho de 1994 na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), do campus de Ilha Solteira (FEIS/UNESP) na cidade Selvíria – MS. O delineamento utilizado foi o de blocos completos casualizados, contendo 28 progênies, seis plantas por parcela e quatro repetições para as espécies instaladas. Os caracteres altura e diâmetro a altura do peito (DAP) foram mensurados aos 24 anos após o plantio. Verificou-se a existência de variação genética significativa entre as progênies para os caracteres analisados. A alta taxa de sobrevivência indica boa adaptação da espécie em testes consorciados. As estimativas do coeficiente de variação genética tiveram resultados de 19,41% e 17,26% para DAP e altura, em nível de indivíduo, e de 9,7% e 8,63%, entre progênies. As herdabilidades individuais variaram de moderada (0,32) a alta (0,61) para os caracteres avaliados. O método de seleção que proporcionou maior ganho foi a seleção dentro de progênies (11,13%) na intensidade de 30%. A segunda proposta teve como objetivo determinar a distribuição da espécie, incluindo cenários climáticos futuros, de acordo com as mudanças climáticas globais, utilizando para este fim modelos de nicho ecológico. Constatou-se que a ocorrência de *M. urundeuva*, atualmente, é restrita aos biomas Pantanal, Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga. Com a projeção de aumentos de temperatura e de precipitação pluvial na zona de ocorrência da espécie, *M. urundeuva* tende a migrar para áreas do Brasil onde o clima atualmente é mais ameno, nas regiões sul e sudeste do país, sendo que o mesmo deve ocorrer para *M. balancae* (Figuras 2 a 5 – Apêndice). E em função das mudanças climáticas, a área de ocorrência da espécie tende a sofrer mudanças de tamanho até 2080. Para a Caatinga, em ambos períodos, houve aumento de 0,05% e 0,07%, enquanto para o Cerrado, uma perda de 5,6% para o período de 2041-2060 e aumento de área em 1,2% para o segundo período,

no bioma Pantanal ocorreu aumento de área de 0,2% em ambos períodos. Para o cenário B1, ocorreu perda de área na Caatinga de 1,10% no período de 2041-2060 e de 10,0% no período de 2061-2080, enquanto para o Pantanal, o primeiro período foi de aumento de 0,2% na área e perda de 99% para o segundo período estudado e, para o bioma Cerrado, houve perda de área em ambos períodos, sendo elas de 4% e 38% respectivamente, afetando principalmente, o tamanho de suas populações nos biomas Pantanal e Caatinga.

**Palavras-chave:** Conservação genética. Aquecimento global. Aroeira. Modelagem de nicho ecológico.

## ABSTRACT

*Myracrodruon urundeuva* is a natural timber species with great potential for commercial use in Brazil, especially in the Pantanal, Cerrado and Caatinga regions, where native species are exploited. Intensive exploitation has caused great loss of individuals and the isolation of populations on islands due to the fragmentation of the species' habitat. Thus, the adoption of strategies for ex situ conservation of native species becomes indispensable. Two proposals were conceived in this work. The first was to estimate the genetic variability and genetic gain with the selection of a progeny test. The progeny test consortium with the species *Myracrodruon urundeuva*, *Terminalia argentea* and *Astronium fraxinifolium*, was installed on July 12, 1994 at the Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), at the campus of Ilha Solteira (FEIS / UNESP) in the city Selvíria MS. The design was a randomized complete block, containing 28 progenies, six plants per plot and four replications for the species installed. The height and diameter of the chest height (dch) were measured at 24 years after planting. There was significant genetic variation between the progenies for the characters analyzed. The high survival rate indicates good adaptation of the species in intercropping tests. Estimates of the coefficient of genetic variation showed results of 19.41% and 17.26% for DCH and height, at the individual level, and of 9.7% and 8.63% among progenies. The individual heritabilities ranged from moderate (0.32) to high (0.61) for the characters evaluated. The selection method that provided the highest gain was the selection within progenies (11.13%) in the intensity of 30%. The second proposal aimed to analyze the distribution of the species, including future climate scenarios, according to global climate change, using ecological niche models for this purpose. It was found that the occurrence of *M. urundeuva* is currently restricted to the Pantanal, Cerrado, Atlantic Forest and Caatinga biomes. With the projection of temperature increases and rainfall in the zone of occurrence of the species, *M. urundeuva* tends to migrate to areas of Brazil where the climate is currently milder, in the south and southeast regions of the country, and the same must occur for *M. balancae* (Figures 2 to 5 - Appendix). And due to climatic changes, the area of occurrence of the species tends to decrease until 2080. For the Caatinga, in both periods, there was an increase of 0.05% and 0.07%, while for the Cerrado, a loss of 5.6% for the period from 2041 to 2060 and an increase of area by 1.2% for the second period, in the Pantanal biome there was an increase of area of 0.2% in both periods. For scenario B1, there was loss of area in the Caatinga of 1.10% in the period of 2041-

2060 and of 10.0% in the period of 2061-2080, while for the Pantanal the first period was an increase of 0.2 % in the area and loss of 99% for the second period studied, and for the Cerrado biome, there was loss of area in both periods, being 4% and 38% respectively, affecting mainly the size of their populations in the Pantanal and Caatinga.

**Keywords:** Genetic conservation. Global warming. Aroeira. Ecological niche modeling.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	- Tronco de <i>M. urundeuva</i> .	15
<b>Figura 2</b>	- Frutos de <i>M. urundeuva</i> .	17
<b>Figura 3</b>	- Casca e entrecasca de <i>M. urundeuva</i>	18
<b>Figura 4</b>	- Localização do teste de progênie de <i>M. urundeuva</i> .	25
<b>Figura 5</b>	- Delineamento experimental utilizado no teste de progênie	26
<b>Figura 6</b>	- Árvore de <i>M. urundeuva</i> com o fungo <i>Pycnoporus sanguineus</i> , conhecido popularmente por orelha de pau.	34
<b>Figura 7</b>	- Porcentagens de ganho de seleção estimado (GS) para <i>M. urundeuva</i> , com dois diferentes métodos e intensidades de seleção (25% a 75%).	39
<b>Figura 8</b>	- Diversidade Genética para <i>M. urundeuva</i> , com dois diferentes métodos e intensidades de seleção (25% a 75%).	39
<b>Figura 9</b>	- Dados de presença de <i>Myracrodruon urundeuva</i> por biomas no Brasil.	42
<b>Figura 10</b>	- Dados de ocorrência de <i>M. urundeuva</i> por biomas no Brasil.	43
<b>Figura 11</b>	- Distribuição de <i>M. urundeuva</i> no Brasil por biomas no período atual. (Modelo Environmental Distance).	43
<b>Figura 12</b>	- Projeções para as próximas décadas da distribuição de <i>M. urundeuva</i> no Brasil por biomas de acordo com as mudanças climáticas globais (Modelo Environmental Distance).	44
<b>Figura 13</b>	- Área de distribuição (em km <sup>2</sup> ) de <i>M. urundeuva</i> em ambos cenários, tendo como base os anos de 1961-1990 (Modelo Environmental Distance).	46
<b>Figura 14</b>	- Arco do Desflorestamento	51

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	- Variáveis bioclimáticas selecionadas para uso na modelagem da predição de ocorrência de <i>M. urundeuva</i>	31
<b>Tabela 2</b>	- Resultado da análise de deviance em um teste de progênie de <i>M. urundeuva</i> aos 23 anos em Selvíria-MS.	35
<b>Tabela 3</b>	- Estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres silviculturais em um teste de progênie de <i>M. urundeuva</i> aos 23 anos em Selvíria-MS.	37
<b>Tabela 4</b>	- Estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres silviculturais em um teste de progênie de <i>M. urundeuva</i> aos 23 anos, em Selvíria-MS.	38
<b>Tabela 5</b>	- Estimativas de parâmetros para dois diferentes métodos e seis intensidades de seleção para um pomar de sementes por mudas de <i>M. urundeuva</i>	40
<b>Tabela 6a</b>	- Área, em quilômetros quadrados, na projeção do cenário A2 para ambos períodos. Fonte: Próprio autor.	46
<b>Tabela 6b</b>	- Área, em quilômetros quadrados, na projeção do cenário B1 para ambos períodos. Fonte: Próprio autor.	47

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	13
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1	A espécie <i>Myracrodruon urundeuva</i> .....	15
2.2	Conservação Genética .....	18
2.3	Pomar de Semente por Muda .....	20
2.4	Nicho ecológico .....	22
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1	Parâmetros Genéticos.....	24
3.1.1	<i>Material</i> .....	24
3.1.2	<i>Métodos</i> .....	25
3.1.2.1	<i>Instalação do Teste de Progênies</i> .....	25
3.1.2.2	<i>Coleta de dados</i> .....	26
3.1.2.3	<i>Análise de deviance e estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos</i> .....	26
3.1.2.4	<i>Estratégias de seleção</i> .....	28
3.2	Nicho Ecológico.....	29
3.2.1	<i>Material</i> .....	29
3.2.2	<i>Métodos</i> .....	30
3.2.2.1	<i>Determinação das variáveis bioclimáticas</i> .....	30
3.2.2.2	<i>Predição de ocorrência de <i>Myracrodruon urundeuva</i></i> .....	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	34
4.1	Parâmetros Genéticos.....	34
4.1.1	<i>Análise de variância e parâmetros genéticos</i> .....	34
4.1.2	<i>Ganhos de Seleção e Diversidade Genética</i> .....	38
4.2	Nicho Ecológico.....	41
5	CONCLUSÕES .....	52
	REFERÊNCIAS .....	53
	APÊNDICE .....	62

## 1 INTRODUÇÃO

A fragmentação dos habitats devido à exploração antrópica é uma das principais causas do desequilíbrio ecológico. A fragmentação altera a forma e o tamanho das populações, isolando-as em pequenas ilhas. O processo de alteração de habitats reduz a eficiência de polinizadores, o fluxo gênico e pode causar deriva genética (SEBBEN *et al.*, 2008; RAMOS *et al.*, 2009). *Myracrodruon urundeuva*, conhecida como aroeira, mesmo tendo grande ocorrência no Brasil, e encontra-se em perigo de extinção de algumas populações, uma vez que é intensamente explorada devido às suas inúmeras qualidades de seus produtos (MONTEIRO *et al.*, 2012). A espécie é uma arbórea tropical, pertencente à família Anacardiaceae, encontrada em várias formações florestais ao longo do país. É uma planta dioica e tem sua polinização realizada por abelhas. É considerada uma espécie com alto valor econômico, utilizada de diversas formas, como produto medicinal, na área de paisagismo e para construção civil, uma vez que sua madeira é altamente densa (LORENZI, 2000).

A aroeira apresenta uma ampla área de distribuição natural, se comparada à maioria das espécies florestais nativas. Pode ser encontrada na Argentina, Brasil, Bolívia e Paraguai. No Brasil, é amplamente encontrada nas regiões Centro-Oeste, Sudeste, Nordeste e, em menor proporção, no Sul. A maior área de ocorrência se dá nos estados do Maranhão, Piauí, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Bahia, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo e São Paulo (RIZZINI, 1971; LORENZI, 2000). Sua extensa distribuição geográfica indica alta variabilidade genética, facilitando sua adaptação em diferentes regiões fitogeográficas (KAGEYAMA *et al.*, 2003), como a floresta estacional semidecidual e decidual, cerrado, cerradão, caatinga, mata seca e pantanal mato-grossense (CARVALHO, 1994). Portanto, a espécie tem a adaptação como característica marcante para o favorecimento de estudos relacionados à conservação genética e às mudanças climáticas globais.

Os impactos ambientais ocorrem constantemente e vêm crescendo nos últimos anos, reduzindo o tamanho efetivo das populações *M. urundeuva* o que tem causado diminuição da variabilidade genética e alteração no seu sistema reprodutivo (SEBBEN, 2011), responsável pela capacidade de adaptação e aumento da vulnerabilidade da espécie às mudanças climáticas globais (SHIMIZU, 2007). As

populações com menor variabilidade genética serão as mais afetadas pelas mudanças climáticas e, portanto, a caracterização da variabilidade genética poderá auxiliar na conservação e no uso sustentável dos recursos genéticos da espécie.

A principal causa comprovada das mudanças climáticas é a ação antrópica. Com isso, tem crescido a busca por modelos de maior confiabilidade para a projeção de cenários futuros e os modelos de nicho, que são bastante promissores para prever a distribuição das espécies. Os modelos de nicho podem atender a muitas finalidades, entre as quais prever quais são as espécies mais ameaçadas de extinção e quais são os locais estratégicos para estabelecimento de plantios comerciais e ensaios, visando a conservação e o melhoramento genético da espécie.

As pesquisas com conservação genética de *M. urundeuva* vêm sendo implementadas desde 1980 pela UNESP de Ilha Solteira, e o foco principal destes testes é contribuir para conservação da variabilidade genética da espécie. A conservação genética *ex situ* é uma estratégia mais barata que a conservação *in situ*, e pode complementar de maneira eficiente a conservação genética das populações naturais. Assim, vários testes de progênies desta espécie foram estabelecidos a partir de sementes de populações naturais desde 1980, visando estudos de ecologia, adaptação, melhoramento e silvicultura (OLIVEIRA *et al.*, 2000; FREITAS *et al.*, 2006; GUERRA *et al.*, 2009; PUPIN *et al.*, 2010; TUNG *et al.*, 2010; MORAES *et al.*, 2012; OTSUBO, 2015; BERTONHA, 2016; CANUTO *et al.*, 2016; CAMBUIM, 2017; SANTANA, 2017; SOUZA, 2017). Os testes de progênies são muito importantes para o melhoramento e para a conservação genética de espécies arbóreas (VALLS *et al.*, 2008; ETTORI *et al.*, 2006).

A partir desses testes, é possível a formação de pomares de sementes por mudas e clonal. No município de Selvíria, estado do Mato Grosso do Sul, foram instalados testes de progênies de *M. urundeuva*, visando conservação e uso, incluindo o teste de progênie analisado neste trabalho, composto por populações de *M. urundeuva*, *Terminalia argentea* e *Astronium fraxinifolium*. Assim, o objetivo principal deste trabalho foi estimar a variabilidade genética e o ganho com a seleção em uma população de *M. urundeuva*, além de analisar a distribuição da espécie e projetar cenários climáticos futuros, com o cálculo da alteração de área de ocorrência da espécie e identificação das regiões com maior aptidão climática visando a conservação genética e o plantio da espécie.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A espécie *Myracrodruon urundeuva*

*Myracrodruon urundeuva*, popularmente conhecida como aroeira-do-sertão ou aroeira preta, é nativa do Brasil (SANTIN, 1989), arbórea, tropical, decídua e seletiva xerófita (LORENZI, 2002). Seu estado sucessional, de acordo com Ferretti *et al.* (1995), é secundária tardia. Porém, também foi classificada, em ambientes antrópicos, como pioneira (KAGEYAMA *et al.*, 1994).

O tronco normalmente possui características peculiares, dependendo da região fitoecológica em que se encontra (Figura 1). Na Caatinga, seu tronco é curto e tortuoso e quando encontrada em floresta pluvial, tem o tronco reto e comprido (RIZZINI, 1971). É considerada dioica, contudo existem relatos de indivíduos monoicos e hermafroditos ocorrendo juntamente. É apícola e seu fruto não é comestível, mas é consumido por periquitos e papagaios (SANTIN; LEITÃO FILHO, 1991; CARVALHO, 1994; POTT; POTT, 1994). A madeira possui densidade alta e tem alta concentração de tanino (LORENZI, 1998, 2002).

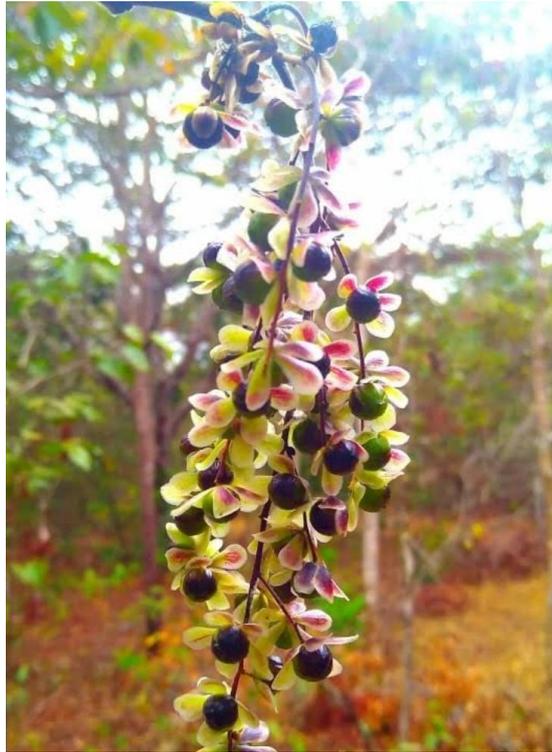
Figura 1. Tronco de *M. urundeuva*..



Fonte: Daniele Zullian (2018)

De acordo com Flörsheim e Tomazello (1994), *M. urundeuva* têm altura variando entre 7,5 e 17,5 metros, podendo atingir 30 metros (RIZZINI, 1971), com troncos adultos contendo córtex suberoso e subdividido em placas de formato retangular. Suas folhas são alternas, compostas, medindo de 15 a 23 centímetros. Em sua inflorescência, são encontradas brácteas e panículas de 10 a 18 centímetros de comprimento. Suas flores são pentâmeras com coloração creme, podendo ser masculinas ou femininas. De acordo com Lorenzi (2002), a floração dessa espécie ocorre entre os meses de julho e setembro, encontrando maior dificuldade nos períodos de déficit hídrico e sua polinização é realizada, principalmente, por abelhas (CARVALHO, 1994). Os frutos são drupas de formato redondo, com acompanhamento de um cálice, sépalas resistentes, cílios, corola e estaminódios (Figura 2). A planta contém semente única com tegumento membranáceo, tendo a frutificação dependente de fatores como fotoperíodo, precipitação, temperatura, polinizadores e dispersores de frutos (LEITÃO FILHO, 2001) e sua maturação ocorrendo, normalmente, entre setembro e outubro (LORENZI, 2002). As sementes são bitegumentadas, a principal reserva energética dos cotilédones é a proteína, e não precisam de tratamentos para que sua germinação atinja o potencial de 80% de sobrevivência. As mudas desenvolvem-se melhor à pleno sol. Na meia sombra, reduzem seu desenvolvimento, contudo a viabilidade e a sobrevivência das plântulas não são alteradas (SCALON *et al.*, 2012).

Figura 2. Frutos de *M. urundeuva*.



Fonte: Murilo Serra (2018)

Considerada uma espécie de grande potencial econômico, os produtos da *M. urundeuva* são aproveitados de diversas formas, sendo o principal produto o óleo essencial, que é utilizado como ação antimicrobiana e como repelente contra mosca doméstica. Esse óleo é utilizado para micoses, candidíases e também para limpeza da pele, agindo contra manchas, coceiras e acne (OLIVEIRA *et al.*, 2010). A madeira tem alto teor de tanino, conferindo maior resistência à decomposição (QUEIROZ *et al.*, 2002), é dura, pesada, com grande defesa contra pragas e doenças, tendo alta durabilidade e grande resistência ao fogo (CARVALHO, 2003). Por estes motivos, é muito utilizada na construção civil (LORENZI, 2002). Está registrada no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) do estado de São Paulo como “durável”, devido ao alto teor de tanino e densidade, sendo considerada a madeira mais resistente do país (RIBEIRO, 1989). Sua entrecasca (Figura 3), também por possuir tanino (RIBEIRO, 1989), é utilizada como fitoterápico, contém propriedades antialérgicas, anti-inflamatórias e poder cicatrizante. Suas raízes ajudam no tratamento de reumatismo e suas folhas no tratamento de úlceras (CARLINI *et al.*, 2010).

Figura 3. Casca e entrecasca de *M. urundeuva*.



Fonte: Daniele Zullian (2018)

*M. urundeuva*, por ter alta taxa de germinação e reprodução bastante eficiente, é indicada para fins de reflorestamento, projetos de recuperação de áreas degradadas, serviços ambientais e formação de sistemas silvipastoris (FIGUEIROA *et al.*, 2004; LORENZI, 2002; CINTRA, 2009; VIANA *et al.*, 2002). Devido à ampla utilização, sua exploração tem aumentado de forma significativa, estando na lista de espécies ameaçadas de extinção pela FAO, 1986 e pelo Ministério do Meio Ambiente - Brasil, 2008, dessa forma, sua conservação tem grande importância para a espécie.

## 2.2 Conservação Genética

A exploração de produtos madeireiros ou não madeireiros tem como resultado a degradação dos biomas, alterando a biodiversidade e causando erosão nos ecossistemas (KAGEYAMA, 1987). O desmatamento e a fragmentação florestal causam sérias consequências na manutenção da diversidade genética, podendo alterar o padrão de cruzamentos devido ao aumento da distância entre os indivíduos reprodutivos, causando aumento da taxa de autofecundação e no grau de endogamia na espécie (JENNINGS *et al.*, 2001) e reduzindo a densidade entre os indivíduos, bem

como o número efetivo da população (SEBBEN, 2001; QUESADA *et al.*, 2004; LOWE *et al.*, 2005).

As florestas vêm sofrendo com a fragmentação, principalmente pela ação antrópica, por esse motivo, estudos sobre conservação de recursos genéticos, principalmente em espécies nativas, começaram a ser mais comuns no final da década de 1980 (FREITAS *et al.*, 2005). No cerrado, estima-se que 57% dos 204 milhões de hectares tenham sido desmatados, comprometendo sua biodiversidade (CERRADO, 2004). Devido a esses desmatamentos, a conservação dos recursos genéticos é uma garantia, de forma mais duradoura, à manutenção da diversidade e à variabilidade genética dos germoplasmas, os quais tem potencial para servir a programas de melhoramento genético.

A conservação dos recursos genéticos garante uma produção com maior sustentabilidade. A estratégia a ser adotada depende de seu objetivo, devendo considerar o local e o tempo em que será realizada a conservação (NASS *et al.*, 2001). Para espécies florestais, a representatividade se dá por populações com ampla variabilidade genética, permitindo que a adaptação às mudanças ambientais seja facilitada ao longo das gerações (KAGEYAMA *et al.*, 2001).

Uma das etapas principais para a realização de programas de conservação se dá pelo conhecimento da estrutura genética da população estudada. Esses estudos envolvem o sistema reprodutivo, fluxo gênico, distribuição espacial dos indivíduos e a variação genética entre e dentro da população (KAGEYAMA, 1987) e são utilizados para definição das unidades de conservação, indicando quais as melhores áreas e quais populações tem maior importância para conservação (CAVALLARI, 2004).

Alguns parâmetros ecológicos e genéticos, embora não sejam levados em consideração, devem ser observados para melhor planejamento do manejo, sendo esses parâmetros: padrão de distribuição geográfico da espécie, biologia da reprodução e sucessão floral e, como parâmetros genéticos, os índices da variabilidade genética, tamanho efetivo da população, sistema reprodutivo e fluxo gênico (NAMKOONG *et al.*, 2006).

A conservação genética é utilizada para que seja mantido o potencial de melhoramento e sobrevivência das espécies, satisfazendo as necessidades de adaptação de gerações futuras. Dessa forma, então, é vista de maneira positiva, uma vez que é sinônimo de preservação e manutenção daquela espécie (NASS *et al.*,

2001). Existem, praticamente, duas formas de conservação, a *in situ* e a *ex situ*, que favorecem a conservação.

Entende-se por conservação *ex situ* a manutenção de genes da espécie fora de seu ambiente de origem, sendo fundamental para manter a variabilidade genética das populações em extinção (VALOIS, 1996). Esse tipo de conservação é um complemento da conservação *in situ*, tendo grande importância por atuar como um controle para a extinção, fornecendo material para restauração de áreas e espécies ameaçadas (POTTER *et al.*, 2017). Para Nascimento *et al.* (2015), esse tipo de conservação é a mais eficiente quando se trata de conservação de bancos de germoplasma. Quando há interferência antrópica de forma intensa, a conservação *ex situ* permite maior garantia em relação à sobrevivência das espécies (PINTO *et al.*, 2004).

A conservação *ex situ* pode ser realizada por meio de coleção de pólen, cultura de tecidos (PAIVA, VALOIS, 2001) e testes de procedências e progênies (SEBBEN, 2004). O objetivo é manter amostras representativas de populações, tendo grande variedade de alelos e combinações gênicas de diversas procedências, para que possam ser utilizadas em pesquisas de conservação e melhoramento genético (LLEIRAS, 1992; VALLS *et al.*, 2008).

### **2.3 Pomar de Semente por Muda**

Uma estratégia eficiente nos programas de melhoramento florestal é a transformação dos testes de procedências e progênies em pomares de sementes por mudas, uma vez que é realizada a produção de sementes melhoradas em um curto período de tempo. Para que isso aconteça, árvores com melhores valores genéticos e/ou genotípicos são selecionadas, sendo mantidas na área, enquanto as de caracteres não desejados são desbastadas. As árvores selecionadas compõem então a população de recombinação nos pomares que dão origem a sementes com qualidade genética superior (SEBBEN, 2007).

O pomar de sementes contém indivíduos advindos de diversas matrizes, que estavam localizadas em ambientes homogêneos e com menores distâncias entre si, favorecendo cruzamentos entre elas e garantindo a manutenção da variabilidade genética das sementes, uma vez que a recombinação gênica é favorecida pelas pequenas distâncias entre as árvores (CAMBUIM, 2017).

Esse tipo de instalação para produção de sementes é uma ótima alternativa para suprir a demanda de sementes tanto em quantidade quanto em qualidade genética para restauração de áreas florestais. Isso se deve ao fato de que a maioria das áreas remanescentes de florestas nativas do centro-sul do Brasil se encontra em Áreas de Preservação Permanente e em Unidades de Conservação, tendo seu uso controlado, incluindo a coleta de sementes. Outro fator que contribui para a grande aceitação do pomares de sementes por mudas é que a coleta de sementes diretamente de árvores matrizes em populações naturais, além de demandar maior quantidade de tempo, é considerada mais custosa financeiramente quando comparada à coleta de sementes em pomares de sementes por mudas (SEBBENN, 2006), uma vez que as matrizes localizadas em remanescentes florestais encontram-se dispersas, necessitando de grande deslocamento para coleta de números pequenos de sementes (HIGA; DUQUE SILVA, 2006).

O pomar de semente de espécies nativas se enquadra na legislação, que diz que o este é “uma plantação planejada, estabelecida com matrizes superiores, isoladas, com delineamento de plantio e manejo adequado para a produção de sementes”. Dessa forma, as matrizes superiores são resultantes da seleção realizada de acordo com o objetivo da produção de sementes. Para isso, se o objetivo for produção de madeira, as características procuradas nas árvores matrizes serão relacionadas a produtividade e qualidade da madeira. Caso o interesse seja a restauração ambiental, as características procuradas nas matrizes são baseadas na produção e sanidade de sementes para manter a variabilidade genética (SEBBENN, 2006).

Dessa forma, no Brasil, esse assunto vem sendo amplamente estudado por pesquisadores de diversas instituições e órgãos. Na FEPE, Fazenda de Ensino, Pesquisa e Expansão da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, estão localizados alguns testes de progênies de espécies nativas, inclusive, aroeira, com intuito de formação de pomares de sementes. Esses experimentos tiveram início no ano de 1986 com diversas espécies e tipos de delineamento experimental, sendo escolhidos de acordo com a necessidade e disposição de cada linhagem, tendo, atualmente, cortes liberados em associação com instituições para formação de pomares de mudas.

Existem, aproximadamente, cinquenta testes de progênies, envolvendo mais de trinta espécies em diferentes tipos de espaçamento. São encontrados testes em

consorcio, com mais de dez anos, sendo eles: *Myracrodruon urundeuva* x *Astronium fraxinifolium* x *Terminalia argentea*; *Myracrodruon urundeuva* x *Trema micrantha* x *Peltophorum dubium* x *Syagrus romanzoffiana* x *Corimbia citriodora*; *Myracrodruon urundeuva* x *Jacaranda cuspidifolia* x *Mabaea fistulifera* x *Cordia trichotoma*; *Aspidosperma cylindrocarpon* x *Aspidosperma polyneuron* x *Inga uruguensis*, como também testes homogêneos, como: *Astronium fraxinifolium*, *Myracrodruon urundeuva*, *Hevea brasiliensis*, *Hymenaea stigonocarpa*, *Genipa americana*, *Dipteryx alata* (CAMBUIM, 2017) (Tabela 1 do Adendo).

## 2.4 Nicho ecológico

Nicho ecológico pode ser definido de duas maneiras, nicho fundamental e nicho realizado. O primeiro descreve as condições abióticas nas quais as espécies estão aptas a sobreviver. O segundo descreve as condições nas quais as espécies persistem apesar da presença de outras espécies. O nicho fundamental e o nicho realizado referem-se a um momento particular no tempo, podendo alterar ao longo deste (JIMÉNEZ-VALVERDE *et al.*, 2008). A modelagem de nicho ecológico ou modelagem de nicho potencial permite identificar qual é o nicho fundamental da espécie, por meio da sua distribuição e se baseia nos atributos ambientais, isto é, correlaciona o local em que a espécie vive com as condições de clima, de solos e de relevo. O nível de detalhe é variável, podendo ser em nível de espécie ou de população. Assim, havendo informações disponíveis, pode-se identificar diferentes populações, definir as regiões onde ocorrem e contribuir inclusive para a caracterização ambiental de seus nichos (PETERSON, 2001; RAXWORTHY *et al.*, 2003; LUOTO *et al.*, 2005).

A modelagem de nicho ecológico define qual é a distribuição potencial da espécie. Existe uma diferença entre distribuição potencial e distribuição real. A primeira refere-se ao lugar onde a espécie poderia viver. A segunda é o lugar onde vive de fato (JIMENÉZ-VALVERDE *et al.*, 2008) considerando-se a presença de outras espécies e a competição entre as mesmas pela permanência no nicho. As espécies não vivem isoladamente em seu habitat, e a presença de outras espécies pode mudar as condições de sobrevivência e definir novas relações entre elas (HUNTLEY *et al.*, 2004; WIEN; GRAHAN, 2005).

Os modelos de nicho ecológico têm condições de gerar previsões precisas de ocorrência da espécie desde que utilizem dados de qualidade, com o maior número possível de pontos de presença que representem com fidelidade a região em que a espécie ocorre. A decisão de escolha entre os modelos é baseada na comparação entre dados observados e estimados, utilizando índices que medem a diferença entre os modelos (JIMENÉZ-VALVERDE *et al.*, 2008).

A modelagem de nicho ecológico pode ter diversas finalidades, como analisar o efeito das mudanças climáticas globais sobre a biodiversidade, orientar na escolha de áreas prioritárias para preservação, fazer a predição de áreas ideais para plantio, guiar levantamentos para detectar espécies novas, raras ou em risco de extinção, identificar novos padrões de distribuição da vegetação, guiar levantamentos para detectar as diferentes populações de uma espécie, detectar áreas com risco de invasão por espécies exóticas (DE MARCO JUNIOR; SIQUEIRA, 2009), identificar regiões para uso na conservação dos recursos da espécie, entre outros

Fritzsons *et al.* (2017), determinaram a ocorrência natural de *Araucária angustifolia* no estado de São Paulo, a fim de elaborar estratégias para conservação *in situ* da espécie e também seu melhoramento, observando a precipitação e a temperatura local e a influência exercida na sobrevivência da espécie. Observaram, então, que a presença de florestas nativas dessa espécie deu-se em ambientes onde a temperatura estava de 2 a 3 graus menores em todas as estações, assim como em altitudes superiores a 700m. Para mesma espécie, Wrege, *et al* (2017), realizou o mapeamento da distribuição no presente e nos cenários climáticos futuros, a partir de dados de presença da espécie coletados no campo, os quais foram complementados com dados do Centro de Referência em Informação Ambiental - CRIA.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Parâmetros Genéticos

##### 3.1.1 *Material*

Para formação do teste de progênie foram coletadas sementes de 28 árvores matrizes de polinização livre em populações naturais de três espécies, sendo elas *M. urundeuva*, *T. argentea* e *A. fraxinifolium*, em Selvíria-MS, numa área de fragmento florestal de Cerrado (20° 20' 7,87" S e 51° 24' 38,56" W, com altitude em torno de 328 m).

Esse teste de progênies de *M. urundeuva* está localizado na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia, Campus de Ilha Solteira (FEIS/UNESP), localizado no município de Selvíria, estado do Mato Grosso do Sul. O teste de progênie de *M. urundeuva* foi estabelecido em 12 de junho de 1994 em consórcio com duas espécies (*A. fraxinifolium* e *T. argentea*) (Figura 4).

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima é identificado como Aw, subtropical úmido, com inverno seco e ameno e verão quente e chuvoso (ROLIM *et al.*, 2007). A temperatura média anual de 22,4°C e a precipitação média anual registrada foi de 1354 mm (DAMIÃO *et al.*, 2010). O solo é classificado segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos como Latossolo Vermelho Distrófico (SANTOS *et al.*, 2013). A vegetação, atualmente, é formada por Cerrado *stricto sensu* (CALGARO *et al.*, 2015).

Figura 4. Localização do teste de progênie de *M. urundeuva*.



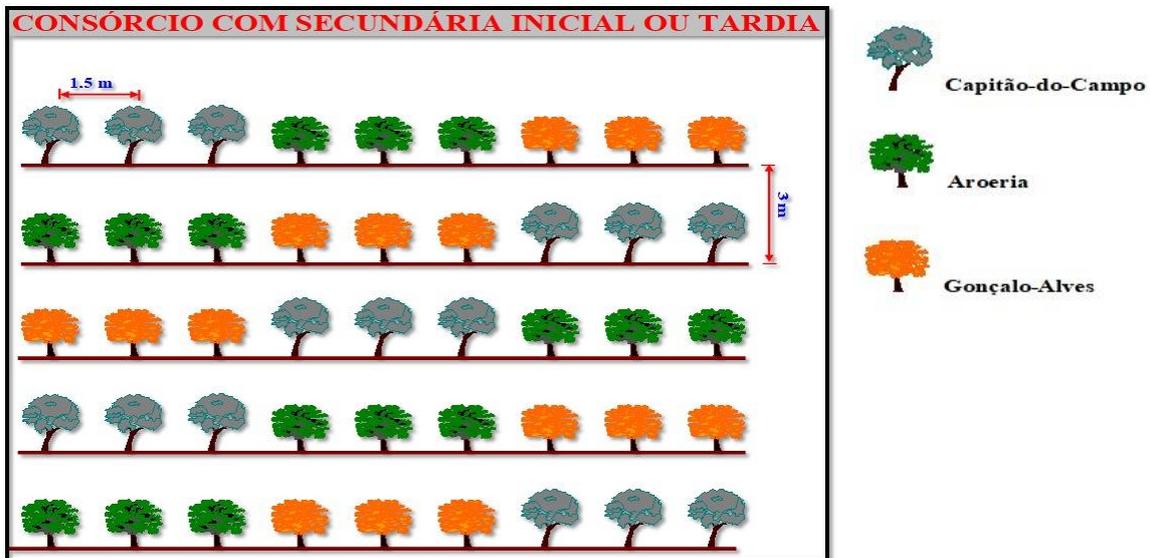
Fonte: Próprio autor.

### 3.1.2 Métodos

#### 3.1.2.1 Instalação do Teste de Progênies

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com 28 tratamentos (progênies) e quatro repetições para cada uma das espécies. As parcelas instaladas no experimento obedeceram a uma disposição linear, sendo as espécies alternadas a cada 10 plantas por parcela, tendo um espaçamento de 3,0 x 1,5 m na linha. Aos 22 anos de idade, foi realizado um desbaste de 40% e o teste foi transformado em um pomar de sementes por mudas, permanecendo 6 plantas por parcela (CAMBUIM, 2017). (Figura 5)

Figura 5. Delineamento experimental utilizado no teste de progênie (Moraes, 2017)



Fonte: Mário Moraes (2017)

### 3.1.2.2 Coleta de dados

Os caracteres quantitativos foram mensurados aos 23 anos de idade apenas para a espécie *M. urundeuva*. Os caracteres considerados foram: altura total de plantas (ALT, em metros), realizada com um hipsômetro Vertex III; circunferência à altura do peito (CAP, em centímetros), medida com uma fita métrica graduada em 0,1 centímetros. Com base no CAP foi calculado o diâmetro à altura do peito (DAP – em centímetro) conforme a expressão a seguir:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

### 3.1.2.3 Análise de deviance e estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos

Para análise de deviance, estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos foram adotado o método REML/BLUP (máxima verossimilhança restrita/melhor predição linear não viciada), empregando-se o *software* genético-estatístico SELEGEN-REML/BLUP, desenvolvido por Resende (2016). O modelo utilizado foi o de blocos completos casualizados, considerando progênie de meias-

irmãs, várias plantas por parcela, um só local e uma única população (Modelo 93). Conforme modelo abaixo proposto por Resende (2007):

$$y = Xb + Za + Wc + e$$

em que:  $y$  = vetores de dados;  $b$  = vetores dos efeitos de blocos (fixos);  $a$  = vetores dos efeitos genéticos aditivos (aleatórios);  $c$  = vetores dos efeitos de parcela (aleatórios);  $e$  = vetores dos efeitos de erros aleatórios.  $X$ ,  $Z$  e  $W$  = matrizes de incidência para os referidos efeitos.

Demais estimativas de variâncias e parâmetros genéticos:

a) Variância genética aditiva ( $\hat{\sigma}_a^2$ ):

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

b) Variância ambiental entre parcelas ( $\hat{\sigma}_c^2$ ):

$$\hat{\sigma}_c^2 = [\hat{c}'\hat{c} + \hat{\sigma}_e^2 \text{tr}C^{33}]/s_1;$$

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

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

em que:  $C^{22}$  e  $C^{33}$  vêm da inversa de  $C$ ;  $C$ : matriz dos coeficientes das equações de modelo misto;  $\text{tr}$ : operador traço matricial;  $r(x)$ : posto da matriz  $X$ ;  $N$ ,  $q$ ,  $s$ : números de dados, de indivíduos e de parcelas, respectivamente.

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

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

e) Herdabilidade individual no sentido restrito, ou seja, dos efeitos aditivos:

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

f) Herdabilidade da média de progênies:

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

g) Herdabilidade aditiva dentro de parcela:

$$\hat{h}_{ad}^2 = \frac{0,75\hat{\sigma}_a^2}{0,75\hat{\sigma}_a^2 + \hat{\sigma}_e^2};$$

h) Coeficiente de variação genética aditiva individual:

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

i) Coeficiente de variação genotípica entre progênes:

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

j) Coeficiente de variação experimental:

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

k) Coeficiente de variação relativa:

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

l) Acurácia da seleção de progênes:

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

#### 3.1.2.4 Estratégias de seleção

As seleções foram realizadas com base no DAP, visto que é um caráter de grande importância por apresentar correlação positiva com o volume das árvores. Quanto a estimativa do aumento esperado com a seleção, levou-se em consideração valores genéticos aditivos individuais (BLUP's) do caráter DAP conforme Resende (2002a). Foram adotados dois métodos de seleção:

- a) Entre progênes, com intensidade de seleção de 25%, 50% e 75%;
- b) Dentro de progênes, com intensidade de seleção de 30%, 50% e 70%.

Após aplicação dos diferentes métodos e intensidades de seleção foram estimados o tamanho efetivo populacional ( $N_e$ ), o ganho de seleção (GS %), e a

diversidade genética (D). Para isso foi utilizada a expressão para espécies dioicas com base no método descrito por Vencovsky *et al.* (2012).

$$N_e = 4t/D5$$

em que:  $N_e$  é o tamanho efetivo populacional;  $t = Nf + Nm$ , sendo  $Nf$  e  $Nm$  o número total de plantas com florescimento feminino e masculino da população, respectivamente, e

$$D5 = \frac{1}{r(1-r)} + \frac{(1-u)t-1}{F} + \frac{(1-v)t-1}{M}$$

em que  $1-r = \frac{Nm}{(Nf+Nm)}$ ;  $u = \frac{F}{Nf}$  ( $0 < u \leq 1$ );  $v = \frac{M}{Nm}$  ( $0 < v \leq 1$ );  $F$  e  $M$  correspondem ao número de plantas com florescimento feminino e florescimento masculino, que participam efetivamente do evento reprodutivo. A sexagem da área foi realizada em 2016 (Cambuim, 2017).

A diversidade genética (D), após a seleção, foi quantificada conforme Wei e Lindgren (1996), citados por Resende (2002).

$$D = N_{ef} / N_{fo}$$

Onde:  $0 < D \leq 1$ , sendo  $N_{ef}$  o número efetivo de progênies selecionadas; e  $N_{fo}$  o número original de famílias.

## 3.2 Nicho Ecológico

### 3.2.1 Material

Neste trabalho, foram obtidos dados primários e secundários de presença de *M. urundeuva* de quatro bancos de dados distintos, em um total de 1.210 pontos de presença da espécie. Os bancos de dados contêm pontos georreferenciados de ocorrência (latitude e longitude), armazenados nos sítios do Centro de Referência em Informação Ambiental - CRIA (CRIA, 1999), Sistema Global de Informação sobre a Biodiversidade (Global Biodiversity Information Facility - GBIF) (GBIF, 2015), levantamentos de coordenadas geográficas de artigos científicos, bem como dados de 19 populações naturais, em torno de 30 progênies por população, da coleção de Germoplasma da UNESP, Campus de Ilha Solteira.

O banco de dados de coleções biológicas do CRIA (1999) é de acesso livre e gratuito, e pode ser acessado por meio da ferramenta SpeciesLink, sistema de informações sobre espécies (fauna, flora e microbiota), que reúne informações

históricas de vários herbários presentes em todo o país, associado a um sistema de previsão de distribuição geográfica de espécies, baseado em modelagem matemática. Da mesma forma, o banco de dados do GBIF (2015) reúne informações sobre as espécies e sua ocorrência.

### **3.2.2 Métodos**

Em uma primeira análise, foi verificada a consistência e os erros dos dados dos locais de ocorrência de *M. urundeuva*. Foram eliminados elementos discrepantes (*outliers*), que se encontravam isolados dos agrupamentos principais e que não representavam a zona de distribuição natural da espécie. Em uma segunda análise, foram corrigidas coordenadas invertidas (latitude com longitude e vice-versa) e excluídas as incorretas (ocorrência sobre o mar, por exemplo). Foram excluídas (295 ocorrências), restando 915 registros de ocorrência de *M. urundeuva* no mundo. Como a modelagem da predição de ocorrência foi feita apenas para o Brasil, foram retiradas as coordenadas com registro de presença da espécie em outros países, restando 844 registros. Para este fim, foi utilizado sistema de informações geográficas - SIG.

#### *3.2.2.1 Determinação das variáveis bioclimáticas*

Os dados climáticos do período atual e dos cenários futuros foram obtidos no sítio do Worldclim e foram gerados mapas das variáveis bioclimáticas com resolução espacial aproximada de 1 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 30" na linha do equador. As variáveis bioclimáticas foram organizadas na escala temporal mensal, estacional e anual, sendo trabalhadas as principais variáveis de importância para determinação da distribuição das espécies, como por exemplo a temperatura do ar e a precipitação pluvial, entre outras (KUMAR; STOHLGREN, 2009). Os dados do período base ("período presente") se basearam em condições registradas entre 1961 e 1990. Os cenários futuros foram projetados para 2041-2060 e 2061-2080. As divisas estaduais e a fronteira do Brasil com os países vizinhos foram obtidas da base do IBGE (2001).

Os mapas de clima atual e de cenários climáticos futuros foram elaborados usando-se regressão linear múltipla, utilizando a latitude, a longitude e o modelo numérico do terreno (representando a altitude), como variáveis preditoras. Os mapas foram feitos para o Brasil, na escala 1:1.000.000. O modelo numérico do terreno (MNT) utilizado foi o GTOPO30, elaborado pelo Serviço Geológico dos Estados

Unidos (USGS, 1999), baseado no projeto 'Shuttle Radar Topography Mission' (SRTM) (FARR; KOBRICK, 2000).

Para a modelagem da predição de ocorrência, foram selecionadas 19 variáveis bioclimáticas (Tabela 1), incluindo temperaturas mínimas e máximas e precipitação pluvial.

Tabela 1. Variáveis bioclimáticas selecionadas para uso na modelagem da predição de ocorrência de *M. urundeuva* (código) e sua correspondência (variável).

Código	Variável
Bio1	Temperatura média anual (°C)
Bio2	Média mensal da variação diária da temperatura (temp. máxima - temp. mínima)(°C)
Bio3	Isotermalidade (Bio2/Bio7) (* 100)
Bio4	Sazonalidade da temperatura (desvio padrão *100)
Bio5	Temperatura máxima no mês mais quente (°C)
Bio6	Temperatura mínima no mês mais frio (°C)
Bio7	Variação anual da temperatura (Bio5-Bio6) (°C)
Bio8	Temperatura média no trimestre mais úmido (°C)
Bio9	Temperatura média no trimestre mais seco (°C)
Bio10	Temperatura média no trimestre mais quente (°C)
Bio11	Temperatura média no trimestre mais frio (°C)
Bio12	Precipitação pluvial acumulada no ano (mm)
Bio13	Precipitação pluvial acumulada no mês mais úmido (mm)
Bio14	Precipitação pluvial acumulada no mês mais seco (mm)
Bio15	Sazonalidade da precipitação pluvial (coeficiente de variação)
Bio16	Precipitação pluvial acumulada no trimestre mais úmido (mm)
Bio17	Precipitação pluvial acumulada no trimestre mais seco (mm)
Bio18	Precipitação pluvial acumulada no trimestre mais quente (mm)
Bio19	Precipitação pluvial acumulada no trimestre mais frio (mm)

Fonte: Wrege, 2017

### 3.2.2.2 Predição de ocorrência de *M. urundeuva*

Os dados climáticos usados no trabalho, da base do Worldclim, foram organizados, compilados e consistidos. Foram calculadas as médias do período base, compreendido entre 1961 e 1990, das variáveis climáticas listadas na Tabela 1. Sobre essa base, seguindo-se as tendências do 4º relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (AR4/IPCC) (IPCC, 2007), foram calculados os cenários climáticos futuros. Os cenários selecionados foram o A2 e B1, sendo A2 o cenário mais pessimista, com manutenção dos padrões atuais de emissões de GEEs, e o B1, cenário de menores emissões ou cenário menos pessimista (NAKICENOVIC *et al.*, 2000). As projeções climáticas para as próximas décadas foram feitas para 2041-2060 e 2061-2080.

A predição de distribuição geográfica foi feita por seis modelos de algoritmo: Bioclim, Climate Space Model, Envelope Score, Maximum Entropy, Niche Mosaic e Environmental Distance. A modelagem da predição futura de ocorrência da espécie deu-se com o uso do software Open Modeller (MUÑOZ *et al.*, 2009). Este programa trabalha com dados de distribuição geográfica de espécies (latitude e longitude) e com mapas ou camadas ambientais (clima, solos e relevo), compondo um sistema matemático de previsão de distribuição de espécies.

As variáveis ambientais foram as mesmas para o presente e para o futuro. Os mapas de saídas dos modelos foram transformados em valores numéricos, variando entre 0 e 1. Cada pixel do mapa passou a representar um valor, 0 ou 1, sendo 0 relacionado a não possibilidade de ocorrência de *M. urundeuva* e 1 a possibilidade máxima de ocorrência. Os mapas formados no Open Modeller em formato de texto ASCII (American Standard Code for Information Interchange), contendo estes valores binários, foram importados para o ArcGIS e transformados para o formato 'raster'. Foram posteriormente criadas classes de categoria, com um gradiente variando de '0' a '1', representando desde as zonas sem possibilidade de ocorrência até as zonas com possibilidade máxima de ocorrência, respectivamente, para o desenvolvimento da espécie.

A avaliação da qualidade dos modelos ajustados foi feita a partir de cálculo da área sob a curva (Area Under the Curve - AUC), obtida a partir da integração da curva de Características Operacionais do Receptor (Receiver Operating Characteristic - ROC). O valor máximo de AUC é, teoricamente, 1,0 e indica discriminação perfeita,

enquanto que valores inferiores a 0,5 denotam baixo desempenho da modelagem. O teste de Jackknife foi aplicado para diagnosticar a contribuição relativa de cada variável bioclimática.

Assim, neste estudo, por meio da predição de ocorrência da espécie, foram identificados locais onde devem ser priorizados programas de conservação de populações naturais de *M. urundeuva* e onde existe aptidão para novos plantios, considerando o clima do período atual e o das próximas décadas, projetado de acordo com as análises das mudanças climáticas globais.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Parâmetros Genéticos

#### 4.1.1 Análise de variância e parâmetros genéticos

Antes do desbaste, aos 22 anos, o teste de progênie de *M. urundeuva* apresentou uma taxa de sobrevivência de 88% (CAMBUIM, 2017). Dois anos após o desbaste, a taxa de sobrevivência permaneceu alta, observou-se a morte de apenas 5 indivíduos, dois deles devido ao ataque de fungo. Constatou-se a presença de ceratocystis e observada a presença do fungo *Pycnoporus sanguineus*, conhecido popularmente por orelha de pau, sendo este responsável por parte da decomposição da madeira morta (Figura 6).

Figura 6. Árvore de *M. urundeuva* com o fungo *P. sanguineus*, conhecido popularmente por orelha de pau.



Fonte: Próprio autor.

Otsubo *et al.* (2015) encontraram 91,96% de taxa de sobrevivência para a espécie em um teste de progênie puro com 14 anos. Alta taxa de sobrevivência (89%) para aroeira também foi verificado em um teste misto de *M. urundeuva* com *Corymbia*

*citriodora* aos 20 anos de implantação. De maneira geral, a espécie apresenta uma boa adaptação no teste consorciado com outras espécies florestais nativas, bem como nas condições edafoclimáticas da região.

De acordo com o teste da razão de verossimilhança (LTR) (TABELA 2), houve diferença estatística significativa a 1% de probabilidade entre as progênes para o caráter DAP e altura. Cambuim (2017), na mesma área, também encontrou diferença significativa para DAP e altura, confirmando o resultado aqui obtido. Segundo Freitas *et al.* (2007), a existência de diferenças entre as progênes significa que há possibilidade de ganho genético para o caráter quando selecionados os melhores indivíduos dentro de progênes para permanecer no campo.

Para o DAP, Santana (2017) encontrou valores não significativos entre progênes em quatro testes instalados na FEPE – MS, sendo eles originados de Petrolina - PE, Selvíria - MS, Bauru - SP e Paulo de Faria - SP. Dentre eles, apenas o teste de progênie Petrolina não está em um plantio homogêneo, tendo sido consorciado com *Trema micrantha*, *Peltophorum dubium*, *Syagrus romanzoffiana*, *Corymbia citriodora*. Resultado semelhante foi encontrado por Guerra *et al.* (2009) e Bertonha *et al.* (2016) em uma população de *M. urundeuva* procedente de Aramina – SP, plantada em consorcio com *T. micranta* e uma população procedente de Paulo Faria - SP em plantio homogêneo na FEPE no município de Selvíria. Em contrapartida, Freitas *et al.* (2006) e Moraes *et al.* (2012) observaram diferenças significativas entre progênes de *M. urundeuva* situada na cidade de Selvíria – MS para o caráter DAP em um teste de progênie homogêneo.

Tabela 2 - Resultado da análise de deviance em um teste de progênie de *M. urundeuva* aos 23 anos em Selvíria-MS.

<b>Caracteres</b>	<b>Progênes</b>	<b>Parcela</b>
<b>DAP (cm)</b>	4,12*	71,60**
<b>ALT (m)</b>	13,18**	53,46**

Nota: DAP: Diâmetro a altura do peito; ALT; Altura. \* e \*\* Significativo a 1% e 5% de probabilidade com 1 grau de liberdade.

Fonte: Próprio autor.

Os valores médios obtidos para os caracteres DAP e ALT foram de 11,42 cm e 10,98 m, respectivamente (Tabela3). Cambuim (2017) ao estudar essa mesma área obteve valores médios de DAP inferiores aos apresentados no presente trabalho.

Antes e após o desbaste aos 22 anos de idade, foram observados os seguintes valores médios para DAP, 9,28 cm e 10,45 cm, respectivamente. Esses valores indicam que as progênes tiveram bom desenvolvimento nessa área e o aumento do valor médio era esperado, uma vez que a competição entre os indivíduos é menor após o desbaste seletivo.

O coeficiente de variação experimental (C<sub>Ve</sub>) teve como resultados os valores de 19,79% e 11,63% para DAP e ALT, respectivamente. De acordo com Gomes e Garcia (2002), esses valores são considerados baixos, uma vez que se trata de testes com espécies em competição e aponta a boa precisão no delineamento experimental utilizado para avaliação do trabalho. Resultado semelhante foi encontrado por Cambuim (2017), Canuto (2016) e Guerra *et al.* (2009) em experimentos consorciados de *M. urundeuva*, o primeiro com idade semelhante, o segundo mais novo e o terceiro aos 15,5 anos de idade, avaliado com 10 anos de idade, em áreas com condições ambientais semelhantes.

São considerados baixos valores do coeficiente de determinação dos efeitos de parcela, quando inferiores à 10%, o que indica baixa variabilidade ambiental dentro dos blocos. Os valores desse coeficiente para DAP e ALT foram 27% e 21%, respectivamente. Esses valores altos podem indicar influência do ambiente na estimativa dos parâmetros genéticos. Cambuim (2017) também obteve valores considerados altos (27% e 18%) para os caracteres ALT e DAP no mesmo experimento avaliado no presente estudo. Conclui-se que existe variabilidade dentro de parcela nos blocos, e isso pode ser devido ao tipo delineamento experimental adotado ou ao efeito diferenciado das plantas de outras espécies sob as de aroeira.

CV<sub>gi</sub> e CV<sub>gp</sub> apresentaram valores altos e médios para DAP (19,41% e 17,26%) e ALT (9,7% e 8,63%), respectivamente. De acordo com Aguiar *et al.* (2010), valores de CV<sub>gi</sub> considerados médios ou altos indicam que existe variabilidade genética suficiente para ser explorada em gerações subsequentes de melhoramento, com obtenção de ganho genético. Resultados semelhantes para de CV<sub>gi</sub> e CV<sub>gp</sub> para caracteres de crescimento foram encontrados em um teste de *M. urundeuva* consorciado com *Corymbia citriodora* (CANUTO, 2016; PUPPIN *et al.*, 2014).

Guerra *et al.* (2009), estudando duas populações de aroeira encontraram valores de coeficiente de variação genética de progênie de 0,79 % e 7,62 % para o caráter DAP. Para mesma espécie, Moraes *et al.* (2015) observaram valores de CV<sub>gp</sub> alto e muito baixo em um consórcio com Eucalipto (9,41) e consórcio com culturas

anuais (0,98). Outros resultados discrepantes foram encontrados por Santana, (2017), em plantios homogêneos da espécie, com coeficientes de variação entre 2,9% a 11,8% para o caráter DAP. Esses resultados confirmam a importância da conservação de indivíduos de diferentes populações. Algumas populações apresentam baixa variação entre progênies para alguns caracteres devido a exploração e reflorestamento das populações naturais. A conservação genética de indivíduos de diferentes populações pode contribuir de maneira mais eficiente para conservação da variabilidade genética da espécie. Observou-se que o coeficiente de variação genética obtido entre as progênies é menor que o valor obtido entre os indivíduos, indicando que há maior diferença genética entre estes do que entre as progênies. Essa diferença acontece, possivelmente, devido aos diferentes graus de parentescos entre as progênies (PUPIN *et al.*, 2014).

Tabela 3 - Estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres silviculturais em um teste de progênie de *M. urundeuva* aos 23 anos em Selvíria-MS.

Caracteres	Média	Parâmetros			
		<i>CVgi</i> (%)	<i>CVgp</i> (%)	<i>CVe</i> (%)	$\hat{C}_{parc}^2$
<b>DAP (cm)</b>	11,42	19,41	9,70	19,79	0,27
<b>ALT (m)</b>	10,98	17,26	8,63	11,63	0,21

*CVgi*: coeficiente de variação genética aditiva individual; *CVgp*: coeficiente de variação genética entre progênies; *CVe*: coeficiente de variação experimental;

Fonte: Próprio autor.

Para ambos caracteres, as herdabilidades da média de progênies apresentaram maior valor em relação à  $\hat{h}_a^2$ , e ambas foram altas, indicando controle genético nos caracteres estudados (Tabela 4). Valores maiores que 0,5 para  $\hat{h}_m^2$  indicam que seleção das melhores progênies contribuirá com ganhos significativos no melhoramento genético da população. Além disso, a população tem bom potencial evolutivo para adaptação às mudanças edafoclimáticas (SOUZA, 2017). Vários autores encontraram valores de  $\hat{h}_m^2$  entre 0,00 e 0,72, tanto para altura quanto para DAP, condizendo com os resultados obtidos (MORAES *et al.*, 1992; OLIVEIRA *et al.*, 2000; SEBBENN; ETTORI, 2001; CANUTO, 2009; GUERRA *et al.*, 2009; OTSUBO *et al.*, 2015; CAMBUIM, 2017).

De acordo com Resende (1995), o coeficiente de herdabilidade individual no sentido restrito é considerado mediano quando o valor obtido está entre 0,15 e 0,5. Dessa forma, o valor de  $\hat{h}_a^2$  é considerada moderada e alto para DAP (0,32) e ALT (0,62), respectivamente, portanto ganhos considerados podem ser obtidos com a seleção. Souza (2017) observou  $\hat{h}_a^2$  para ALT variando de 0,04 a 0,34, resultados abaixo da população estudada neste trabalho.

As estimativas da acurácia ( $r_{\hat{a}a}$ ) e do coeficiente de variação relativa ( $CV_r$ ) indicam o caráter que apresenta mais controle genético e que pode ser considerado na seleção genética. Para  $CV_r$ , valores entre 0,00 e 0,025 são considerados baixos, de 0,25 e 0,50 medianos, de 0,50 e 0,75 bons e acima de 0,75 ótimos. Já para  $r_{\hat{a}a}$ , valores entre 0,25 e 0,75 são considerados intermediários e entre 0,75 e 1,00 considerados ótimos (RESENDE, 2002). Nesse estudo, os valores desses parâmetros para caráter DAP foram considerados intermediário ( $r_{\hat{a}a}$ ) e mediano e para ALT ótimo ( $r_{\hat{a}a}$ ) e intermediário ( $CV_r$ ). Os resultados obtidos mostram o grau de confiabilidade do experimento.

Tabela 4. Estimativas de parâmetros genéticos para os caracteres silviculturais em um teste de progênie de *M. urundeuva* aos 23 anos, em Selvíria-MS.

Caracteres	Parâmetros				
	$\hat{h}_a^2$	$\hat{h}_m^2$	$\hat{h}_{ad}^2$	$r_{\hat{a}a}$	$CV_r$
DAP (cm)	0,32±0,1243	0,49	0,37	0,70	0,49
ALT (m)	0,61±0,1707	0,69	0,71	0,83	0,74

$\hat{h}_a^2$ : herdabilidade individual no sentido restrito;  $\hat{h}_m^2$ : herdabilidade da média de progênies;

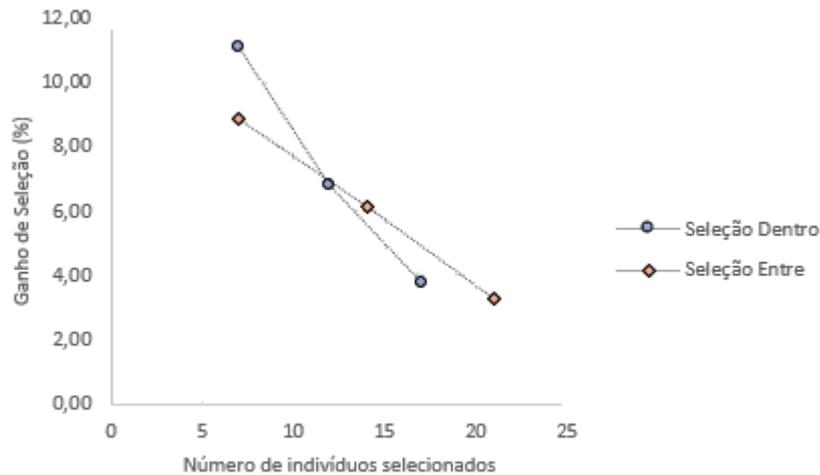
$\hat{h}_{ad}^2$ : herdabilidade aditiva dentro de parcela;  $r_{\hat{a}a}$ : acurácia;  $CV_r$ : coeficiente de variação relativa.

Fonte: Próprio autor.

#### 4.1.2 Ganhos de Seleção e Diversidade Genética

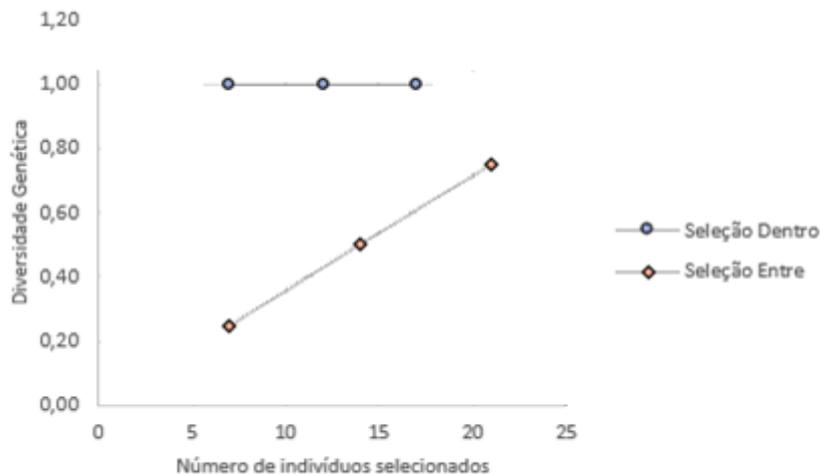
O ganho de seleção realizado na área experimental variou entre 3,28% e 11,23% nos dois métodos de seleção utilizado (entre progênies e dentro de progênies) e nas seis intensidades de seleção, selecionando de 7 a 21 indivíduos (Figura 7). A diversidade genética se manteve 1,00 na seleção dentro e variou de 0,25 a 0,75 na seleção entre (Figura 8).

Figura 7. Porcentagens de ganho de seleção estimado (GS) para *M. urundeuva*, em dois métodos e diferentes intensidades de seleção (25% a 75%) aplicados.



Fonte: Próprio autor.

Figura 8. Diversidade Genética para *M. urundeuva*, em dois métodos e diferentes intensidades de seleção (25% a 75%).



Fonte: Próprio autor.

O método de seleção que proporcionou maior ganho foi a seleção dentro de progênies (11,13%) na intensidade de 30%. A diversidade genética apresentou o mesmo valor nas três intensidades de seleção aplicada (1) para esse método. Em geral, nos dois métodos de seleção aplicados, o valor do ganho de seleção tende a diminuir na medida que a intensidade de seleção aumenta, variando de 3,28% a

8,85% e de 3,80% a 11,13%, entre e dentro de progênies, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5. Estimativas de parâmetros para dois métodos e seis diferentes intensidades de seleção a serem aplicados em um teste de progênie de *M. urundeuva* em Selvíria-MS.

<b>Seleção Entre</b>			
<b>IntS</b>	25%	50%	75%
<b>IS</b>	168	336	503
<b>PS</b>	7	14	21
<b>MaIP</b>	28	28	28
<b>MiIP</b>	1	1	1
<b>GS(%)</b>	8,85	6,13	3,28
<b>D</b>	0,25	0,50	0,75
<b>Ne</b>	25	50	75
<b>Seleção Dentro</b>			
<b>IntS</b>	30%	50%	70%
<b>IS</b>	196	336	476
<b>PS</b>	7	12	17
<b>MaIP</b>	28	28	28
<b>MiIP</b>	1	1	1
<b>GS(%)</b>	11,13	6,82	3,80
<b>D</b>	1,00	1,00	1,00
<b>Ne</b>	79	90	95

IntS: Intensidade de seleção; IS: Indivíduos selecionados; PS: Progênies selecionadas; MaIP: Máximo de indivíduos selecionados por progênies; MiIP: Mínimo de indivíduos selecionados por progênies; GS: Ganho de seleção; D: Diversidade genética; Ne: Tamanho efetivo populacional.

Fonte: Próprio autor.

O tamanho efetivo populacional ( $N_e$ ) também foi estimado para todas as propostas de seleção aplicadas, e apenas na seleção entre com intensidade de 25% o resultado foi abaixo do valor recomendado para conservação ou melhoramento da população (Vencovsky, 1987). Para evitar o efeito da endogamia em população genética a ser conservada, Vencovsky (1987) recomenda que o  $N_e$  ideal seja no mínimo de 50. Os tamanhos efetivos populacionais para população de aroeira após

as diferentes propostas de desbastes estão acima do recomendado por Vencovsky (1987). O valor de  $N_e = 150$  tem sido recomendado para conservação a curto prazo (NUNNEY; CAMPBELL, 1993). Para se atingir esse valor, recomenda-se o enriquecimento dessa população a partir de indivíduos, com menor relação de parentesco com os da população, procedentes de outras populações de aroeira, principalmente, as com mais variabilidade genética.

Para obtenção de maiores ganhos genéticos é necessário o aumento da intensidade de seleção para que o plantio tenha um menor número de plantas por progênie. De acordo com os resultados obtidos, a seleção dentro com intensidade de 30% mostrou melhor resultado que as demais seleções realizadas, mostrando um ganho de seleção de 11,13%. Portanto, essa deveria ser adotada para formação de um pomar de sementes por mudas. Conclui-se que a população apresenta variabilidade genética adequada para avançar mais algumas gerações de melhoramento, bem como para conservação *ex situ*.

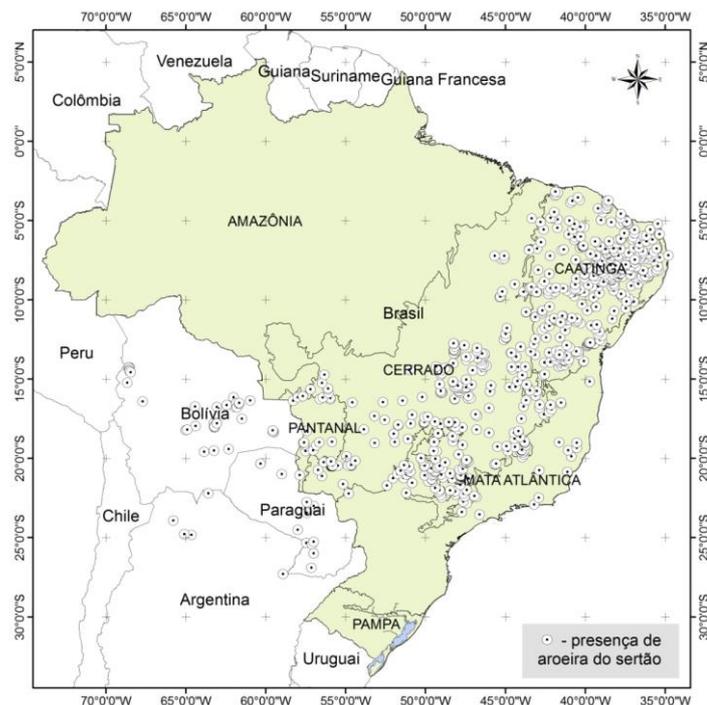
## 4.2 Nicho Ecológico

A partir dos bancos de dados de coleções biológicas do CRIA, GBIF, Unesp de Ilha Solteira e artigos científicos, foi possível obter 915 pontos de ocorrência de *M. urundeuva* no mundo, todos concentrados na América do Sul (Figura 9) e 844 pontos dentro do território brasileiro (Figura 10), após a eliminação dos pontos discrepantes, com erro de localização ou situados fora do Brasil. O mapeamento da distribuição atual de *M. urundeuva* (Figura 11), com base nestes pontos de presença da espécie, foi significativo para todos os modelos utilizados ( $p < 0,001$ ). Entre os modelos gerados, foi selecionado o mais representativo da distribuição. O que apresentou maior similaridade com a distribuição da espécie foi o Environmental Distance, com AUC de 1,00. O modelo utilizado permitiu expressar a ocorrência potencial da espécie em área que abrange o domínio de quatro biomas brasileiros, incluindo os limites do Pantanal, Cerrado, Mata Atlântica e a Caatinga. As projeções realizadas para os cenários climáticos no futuro (Figuras 12a, 12b, 12c e 12d) apontam para redução das áreas aptas ao desenvolvimento da espécie nos dois períodos avaliados (2041-2060 e 2061-2080), sendo que as áreas mais sensíveis à redução da espécie estão concentradas nos limites latitudinais norte dos biomas Cerrado e Caatinga.

Os modelos gerados indicam a fragilidade das populações de *M. urundeuva* nos biomas Caatinga, Pantanal e Cerrado, sendo que a mudança para cada período

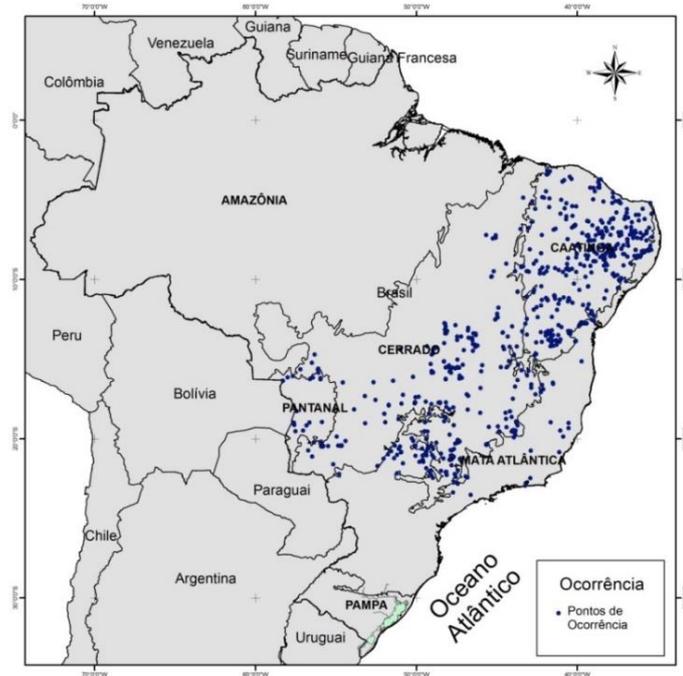
(2041-2060 e 2061-2080) foi de aumento total no cenário A2, tendo para a Caatinga, em ambos períodos, aumento de 0,05% e 0,07%, enquanto para o Cerrado houve perda de 5,6% para o período de 2041-2060 e aumento de área em 1,2% para o segundo período, e no bioma Pantanal houve aumento de área de 0,2% em ambos períodos. Para o cenário B1, perda de área na Caatinga de 1,10% no período de 2041-2060 e de 10,0% no período de 2061-2080, enquanto para o Pantanal, o primeiro período foi de aumento de 0,2% na área e perda de 99% para o segundo período estudado e, para o bioma Cerrado, houve perda de área em ambos períodos de 4% e 38%, respectivamente (Figuras 13a e 13b e Tabelas 6a e 6b). Portanto, as populações naturais localizadas nesses biomas devem ser priorizadas para coleta de amostragem, visando a implantação de coleções de germoplasma, melhoramento genético e plantios comerciais.

Figura 9. Dados de presença de *M. urundeuva* por biomas no Brasil (Fonte: CRIA, GBIF, UNESP- Campus de Ilha Solteira e artigos científicos).



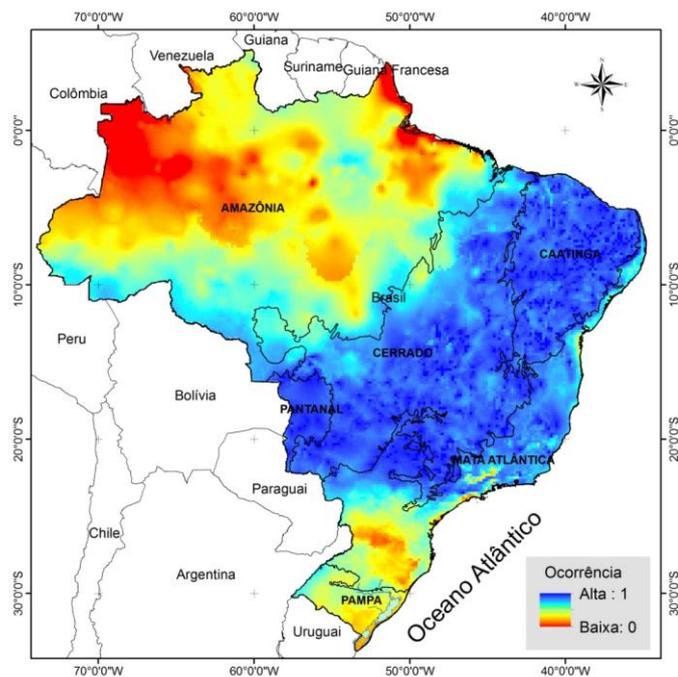
Fonte: Próprio autor.

Figura 10. Dados de ocorrência de *M. urundeuva* por biomas no Brasil (Fonte: CRIA, GBIF, UNESP - Campus de Ilha Solteira e artigos científicos) após a exclusão de coordenadas dos demais países.



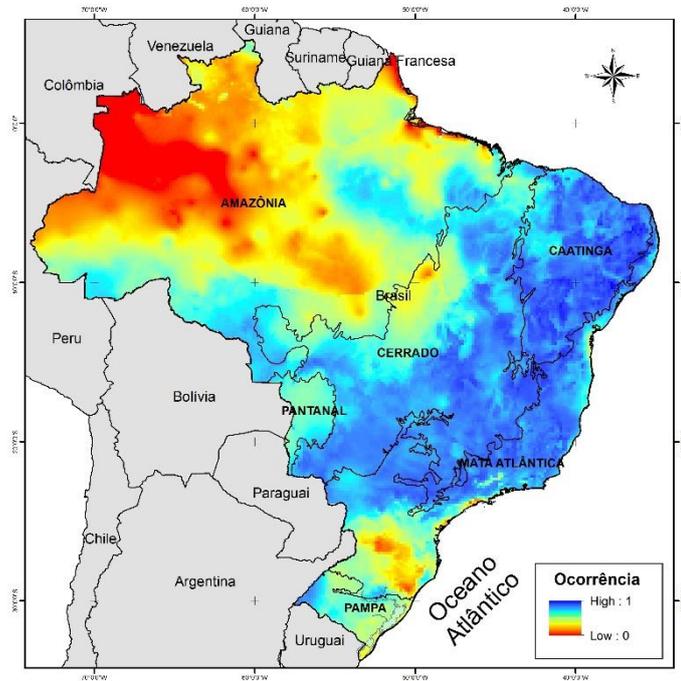
Fonte: Próprio autor.

Figura 11. Distribuição de *M. urundeuva* no Brasil por biomas no período atual. (Modelo Environmental Distance).



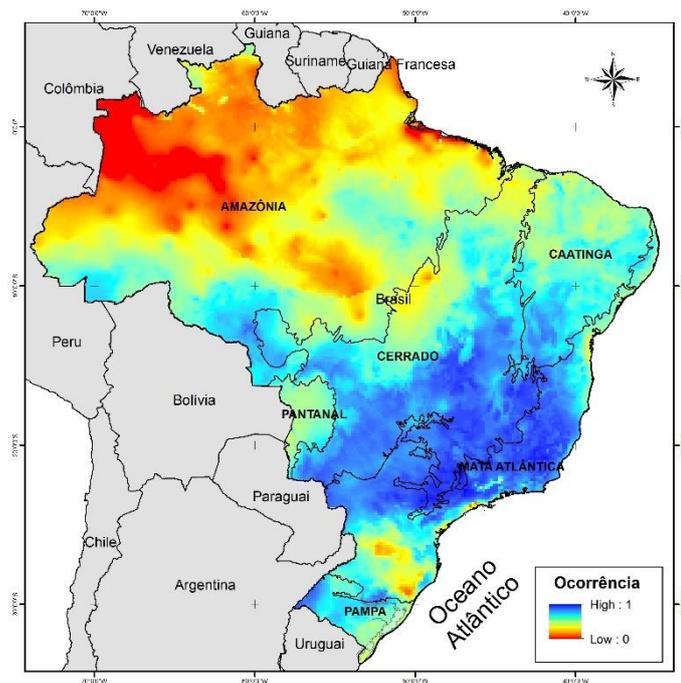
Fonte: Próprio autor.

Figura 12a. Projeção para o período de 2041-2060, no cenário A2, da distribuição de *M. urundeuva* no Brasil por biomas de acordo com as mudanças climáticas globais (Modelo Environmental Distance).



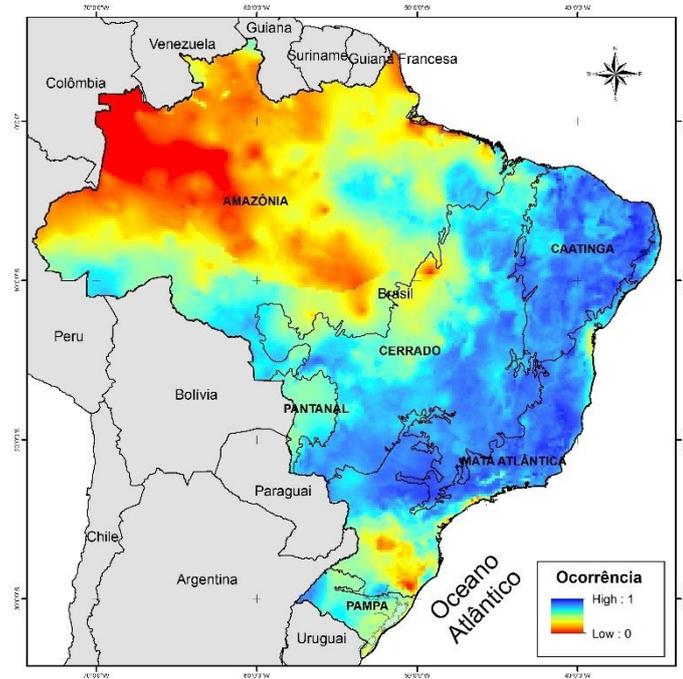
Fonte: Próprio autor.

Figura 12b. Projeção para o período de 2041-2060, no cenário B1, da distribuição de *M. urundeuva* no Brasil por biomas de acordo com as mudanças climáticas globais (Modelo Environmental Distance).



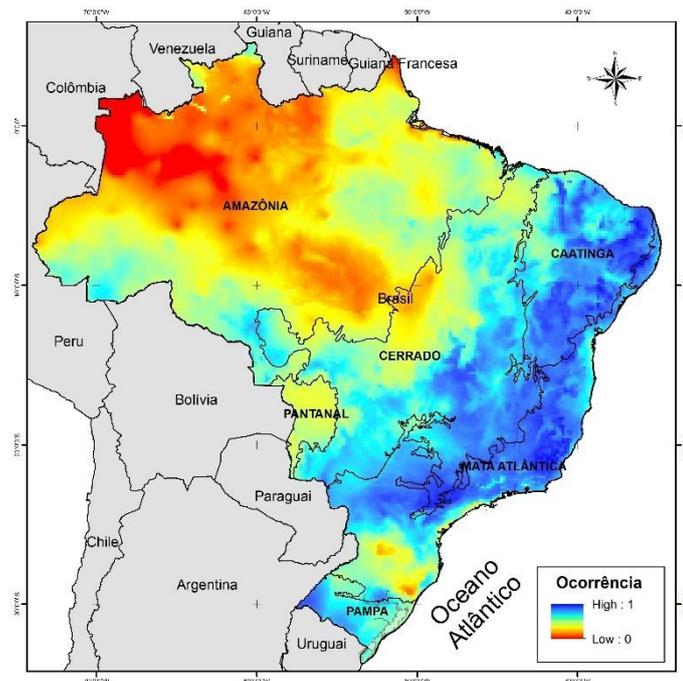
Fonte: Próprio autor.

Figura 12c. Projeção para o período de 2061-2080, no cenário A2, da distribuição de *M. urundeuva* no Brasil por biomas de acordo com as mudanças climáticas globais (Modelo Environmental Distance).



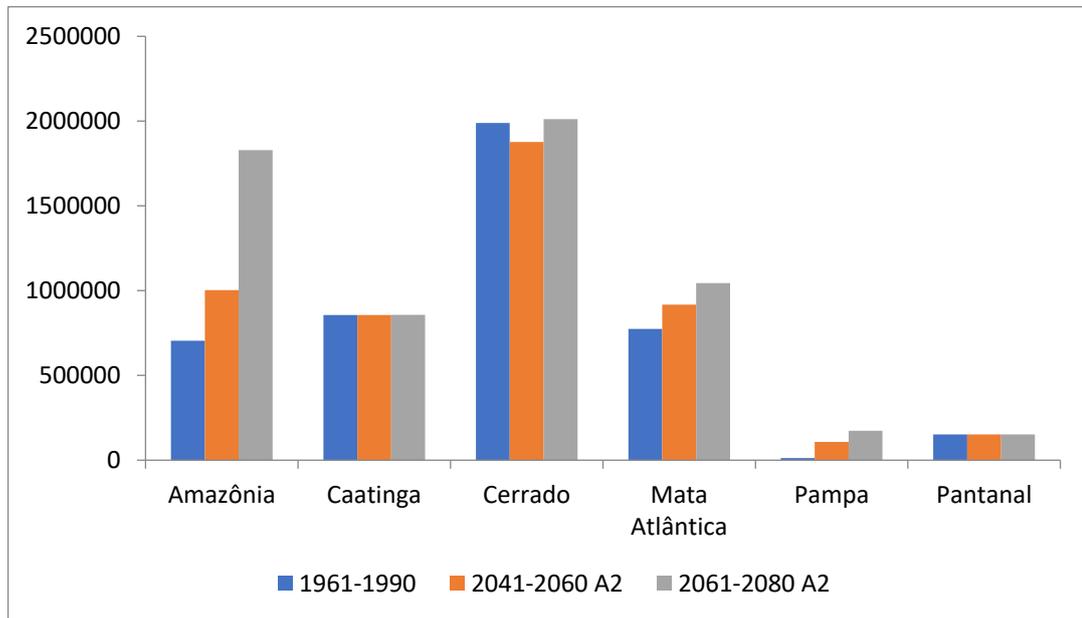
Fonte: Próprio autor.

Figura 12d. Projeção para o período de 2061-2080, no cenário B1, da distribuição de *M. urundeuva* no Brasil por biomas de acordo com as mudanças climáticas globais (Modelo Environmental Distance).



Fonte: Próprio autor.

Figura 13a. Área de distribuição (em km<sup>2</sup>) por bioma de *M. urundeuva* no cenário A2 em ambos períodos de tempo (Modelo Environmental Distance).



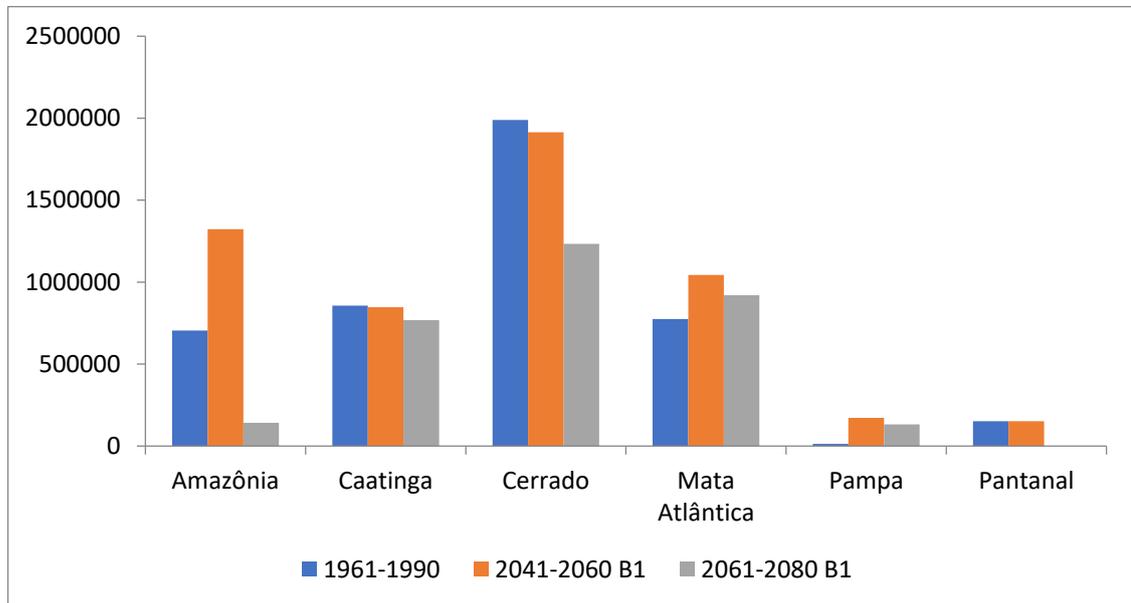
Fonte: Próprio autor.

Tabela 6a. Área, em quilômetros quadrados, na projeção do cenário A2 para ambos períodos. Fonte: Próprio autor.

Bioma	Área (km <sup>2</sup> )		
	1961-1990	2041-2060 A2	2061-2080 A2
<b>Amazônia</b>	704.954,2519	100.3202,0470	1829137,1730
<b>Caatinga</b>	856.143,0000	856.624,0000	856.813,0000
<b>Cerrado</b>	1.988.791,7880	1.876.852,5750	201.1460,0000
<b>Mata Atlântica</b>	774.417,2653	917.844,6684	1.044.171,4820
<b>Pampa</b>	13046,8179	108.155,0000	173.361,0000
<b>Pantanal</b>	151.657,0000	151.969,0000	151.969,0000
<b>Brasil</b>	4.489.010,1230	4.914.647,2900	6.066.911,6550

Fonte: Próprio Autor

Figura 13b. Área de distribuição (em km<sup>2</sup>) por bioma de *M. urundeuva* no cenário B1 em ambos períodos de tempo (Modelo Environmental Distance).



Fonte: Próprio autor.

Tabela 6b. Área, em quilômetros quadrados, na projeção do cenário B1 para ambos períodos.

Bioma	Área (km <sup>2</sup> )		
	1961-1990	2041-2060 B1	2061-2080 B1
<b>Amazônia</b>	704.954,2519	1.322.732,4970	141.408,7180
<b>Caatinga</b>	856.143,0000	846.714,0000	767.502,4331
<b>Cerrado</b>	1.988.791,7880	1.913.800,9150	1.233.553,1070
<b>Mata Atlântica</b>	774.417,2653	1.043.581,3360	919.773,3617
<b>Pampa</b>	13.046,8179	172.313,0000	132.019,0000
<b>Pantanal</b>	151.657,0000	151.969,0000	1.146,2900
<b>Brasil</b>	4.489.010,1230	5.451.110,7490	3.195.402,91000

Fonte: Próprio Autor.

A Caatinga, junto à Amazônia, está entre os ecossistemas mais sensíveis à variabilidade climática (SEDDON *et al.*, 2016). Verificou-se também que as áreas vulneráveis à redução das populações coincidem com regiões que sofrem intensa

pressão antrópica pela mudança no uso do solo. No bioma Cerrado, em seu limite norte de distribuição da espécie, poderá ocorrer grande perda de área com potencial para desenvolvimento da espécie nas próximas décadas, coincidindo com o Arco do Desflorestamento. No estado de Mato Grosso, a maior parte do desmatamento tem ocorrido nestas áreas transicionais entre biomas (FAUSTO *et al.*, 2016) e em áreas não-inundáveis do Pantanal, pressionadas pela ocupação agropecuária (AZEVEDO; SAITO, 2013).

O Pantanal Matogrossense é considerado um dos biomas brasileiros de maior importância, contendo uma das maiores planícies inundáveis contínuas do mundo, cujo funcionamento ecológico é dependente da complexa dinâmica hidroclimatológica da região. Ainda que existam incertezas quanto aos resultados obtidos por modelos climáticos em relação ao comportamento do ciclo hidrológico frente aos cenários futuros na região (AR4/IPCC) (MARENGO; VALVERDE, 2007), há registros de importantes alterações microclimáticas na conversão de áreas florestadas em pastagens nesse bioma, com potenciais alterações no regime de pluviosidade, temperatura e balanço de energia (BIUDES *et al.*, 2012). Essas alterações antrópicas, provocadas pela mudança no uso do solo, podem potencializar os riscos inerentes às mudanças do clima sobre a vegetação nativa nos biomas brasileiros, conforme apontado também por VALE *et al.* (2009), para diferentes ecossistemas terrestres.

A modelagem de distribuição potencial consiste em uma ferramenta alternativa para o mapeamento de áreas potenciais de adaptação das espécies, com uso de um menor número de variáveis que seriam requeridas pelo método do zoneamento, possibilitando ainda a extrapolação das projeções de ocorrência da espécie em cenários futuros, de acordo com as mudanças climáticas globais (BADER *et al.*, 2008; MELO *et al.*, 2015). No entanto, apresenta limitações, devendo ser usada em conjunto com outras ferramentas para auxílio nas tomadas de decisões (GARCIA *et al.*, 2014). Um exemplo, são os diversos testes de procedências e/ou progênies que apresentam valores altos de variabilidade genética, que variam de acordo com o local de origem. Estes, indicam também uma boa adaptação as condições climáticas, evidenciada pela alta taxa de sobrevivência e desenvolvimento em crescimento dos indivíduos de aroeira (GUERRA *et al.*, 2009; TUNG *et al.*, 2010; MORAES *et al.*, 2012; BERTONHA *et al.*, 2016; PUPIN *et al.*, 2017). Desta forma, a preservação de fragmentos florestais e a conservação dos materiais *ex situ* são fundamentais para manter a variabilidade genética dessa espécie ao longo dos anos..

Porém, é importante também considerar que o modelo ecológico apresentado foi gerado com uma base de dados climáticos ainda insuficientes para atendimento de todo o território nacional, especialmente em áreas remotas de difícil acesso, onde estão concentradas grande parte dos indivíduos desta espécie. Um levantamento mais detalhado do clima nas áreas de ocorrência da aroeira poderá contribuir mais eficientemente nesse estudo, bem como informações sobre a variabilidade genética das populações e, conseqüentemente, o potencial de adaptação delas em cada ambiente.

As interações, como condições edáficas, não consideradas nesse trabalho, também poderão modificar a projeção de ocorrência da espécie (GARCIA *et al.*, 2014), o que poderá diminuir ainda mais as áreas com potencial para sua ocorrência nas próximas décadas, pois as projeções aqui apresentadas não consideraram essas restrições. Os principais biomas em que a aroeira é encontrada têm aspectos distintos, por isso é de suma importância um estudo mais detalhado a respeito das características de cada um, a fim de analisar o comportamento da espécie. Dessa forma é possível analisar sua adaptação nos biomas, tendo maior sucesso na escolha da área para sua conservação.

No bioma Caatinga, as médias anuais de temperatura giram em torno de 25°C e 30°C, tendo pouca diferença entre os meses mais frios e os mais quentes. A precipitação anual varia de 300 mm na área central e de até 1000 mm, na transição com outros biomas. Apesar de ter solos bastante rasos, que suprem a necessidade da planta apenas por alguns dias, a maior extensão é de solos profundos e bem drenados, com boa retenção de água (GARGLIO *et al.*, 2010), o que é importante, uma vez que o período de estiagem na Caatinga pode durar de sete a oito meses (SCARIOT *et al.*, 2005). O bioma Cerrado, assim como a Caatinga, conta com várias texturas e profundidade de solo. A precipitação pluvial acumulada em um ano varia entre 600 mm a 800 mm na transição com a Caatinga e de 2000 mm a 2200 mm no limite com a Amazônia. Na média, tem precipitação pluvial acumulada no ano de 1200 mm a 1800 mm e um período de seis meses de seca (SCARIOT *et al.*, 2005). A temperatura média varia entre 22°C e 23°C (KLEIN, 2002). No Pantanal, a temperatura média anual é entre 23°C e 25°C, com índice pluviométrico de 1110 mm acumulado no ano e sete meses de seca (GARCIA, 1986; NARCUZZO *et al.*, 2011). Neste bioma, os solos são considerados mais frágeis (BEIRIGO *et al.*, 2011; BATISTA *et al.*, 2014).

De acordo com Costa *et al.* (2015) *M. urundeuva*, que é tolerante à seca, tem a taxa fotossintética reduzida com o déficit hídrico, porém é uma espécie que se recupera rapidamente quando cessa a estiagem, pois é uma espécie de grande plasticidade, adaptada às condições desde a Mata Atlântica ao Cerrado, o que nos leva a acreditar que a espécie irá se adequar, mesmo que de forma lenta, às mudanças climáticas, por isso há diminuição da área de sobrevivência, mas não extinção.

O fato da *M. urundeuva* se moldar de forma mais eficiente às condições de predição consideradas mais pessimistas, pode estar ligado diretamente ao aquecimento global. De acordo com Nunes (2008), quando ocorre diminuição da temperatura, há maior queda de folhas nos indivíduos e o amadurecimento do fruto é afetado, tornando-o inviável, uma vez que este é realizado entre os meses de agosto e novembro, período de maior temperatura.

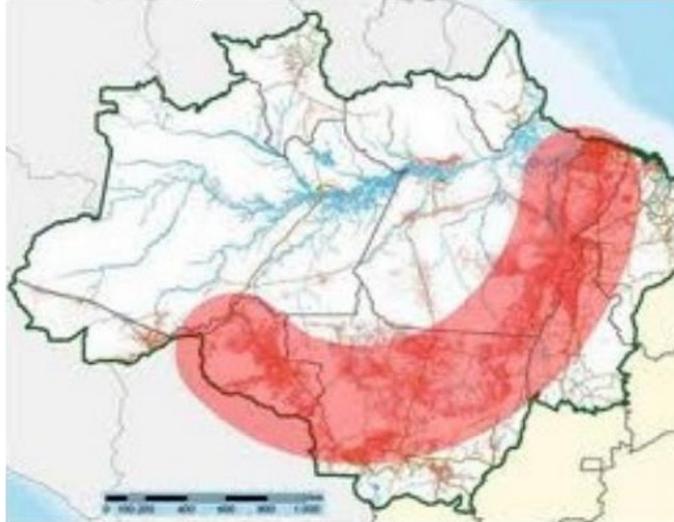
Outro ponto a ser observado quanto à diminuição da área ocupada pela espécie é o polinizador, que tem seu voo afetado pelas condições climáticas. A abelha, principal polinizador da aroeira, faz seu deslocamento na parte da manhã, normalmente entre 8 e 11 horas. Com o aumento de temperatura, esse horário poderá ser alterado, prejudicando a polinização dos indivíduos.

Os resultados indicam a necessidade de um acompanhamento das populações nas próximas décadas, principalmente nas áreas onde a aptidão climática poderá sofrer alterações com as mudanças climáticas (GARCIA *et al.*, 2014), assim como a necessidade de uma maior compreensão dos efeitos diretos e indiretos das mudanças climáticas globais sobre a ocorrência e desenvolvimento da espécie, ao aumento da mortalidade e da vulnerabilidade da espécie ao ataque de pragas e doenças.

A modelagem de nicho ecológico, em conjunto com avaliações de campo, pode contribuir muito para melhorar o conhecimento sobre a distribuição de espécies e a tendência de distribuição no futuro, com base nas mudanças climáticas globais, colaborando inclusive para definir áreas descobertas onde podem ser priorizadas expedições a campo para melhorar a amostragem de levantamento de populações, principalmente nas regiões Centro-Oeste e Nordeste, no limite norte de ocorrência da espécie (no entorno do Arco do Desflorestamento) (Figura 14) (MOSCOSO *et al.*, 2013). Essa área é conhecida como a região onde há grande avanço da fronteira agrícola tendo, assim, grande desmatamento. Compreende as regiões entre o Maranhão e Rondônia (IPAM, 2015; VIEIRA *et al.*, 2005). Outro fator responsável pela

grande perda da cobertura vegetal original na região é a criação bovina (CARVALHO; DOMINGUES, 2016), a qual é responsável pela erosão do solo, assoreamento dos cursos de água e perda da qualidade potável da água (CAPOANE; SANTOS, 2012).

Figura 14. Arco do Desflorestamento.



Fonte: Rodrigues (2017).

## 5 CONCLUSÕES

1. A população de *M. urundeuva* apresentou boa adaptação às condições ambientais de Selvíria, uma vez que obteve bom desenvolvimento em diâmetro e altura;
2. A população apresentou variação significativa entre e dentro de progênies para os caracteres de crescimento;
3. O modelo de seleção dentro na intensidade de 30% poderá proporcionar maiores ganhos na próxima geração de melhoramento e manterá 100% da variabilidade genética da população;
4. De acordo com os resultados obtidos nos mapas de projeções futuras para as próximas décadas, ocorrem alterações na distribuição de *M. urundeuva* nos cenários climáticos A2 e B1, com significativa redução da área potencial de ocorrência nos limites latitudinais norte, principalmente onde se situa o Arco do Desflorestamento;
5. A criação de áreas de conservação ou preservação ambiental em locais estratégicos poderá ajudar a proteger a espécie em regiões de maior vulnerabilidade;
6. A preservação das populações em toda a amplitude de ocorrência natural de *M. urundeuva* possibilitará uma melhor resiliência da espécie às mudanças climáticas globais, assegurando a manutenção de sua diversidade genética.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. V.; SOUSA, V. A.; SHIMIZU, J. Y. Seleção genética de progênies de *Pinus greggii* para formação de pomares de sementes. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 62, 2010.
- ANDREACCI, F.; MELO JUNIOR, J. C. F. Madeiras históricas do barroco mineiro: interfaces entre o patrimônio cultural material e a anatomia da madeira. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 62, n. 2, p. 241-251, 2011.
- AZEVEDO, A. A.; SAITO, C. H. O perfil dos desmatamentos em Mato Grosso, após implementação do licenciamento ambiental em propriedades rurais. **Cerne**, Lavras, v.19, n.1, p.111-122, 2013.
- BADER, D. C.; COVEY, C.; GUTOWSKI J. R.; HELD, I.M.; KUNKEL, K.E.; MILLER, R.L.; TOKMAKIAN, R.T.; ZHANG, M.H. Climate Models: An Assessment of Strengths and Limitations. In: CCSP, **Climate models: An assessment of strengths**, 2008.
- BATISTA, M. A.; PAIVA, D. W.; MARCOLINO, A. **Solos para todos**: perguntas e respostas. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2014. 87 p.
- BEIRIGO, R. M.; TORRADO, P. V.; STAPE, J. L.; COUTO, E. G.; ANDRADE, G. R. P. **Solos da reserva particular do patrimônio natural SESC Pantanal**. Rio de Janeiro: SESC, 2011. 76 p.
- BERTONHA, L. J.; FREITAS, M. L. M.; CAMBUIM, J.; MORAES, M. L. T.; SEBENN, 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. 95104, 2016.
- BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. S.; DALMAGRO, H. J.; MACHADO, N. G.; DANELICHEN, V. H. M.; SOUZA, M.C. Mudança no microclima provocada pela conversão de uma floresta de cambará em pastagem no norte do Pantanal. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 10, n. 1, p. 61-68, 2012. Disponível em: [http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol10/ARTIGO\\_7\\_RCAA\\_v10n1a2012.pdf](http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol10/ARTIGO_7_RCAA_v10n1a2012.pdf). Acesso em: 27 abr. 2017.
- BRASIL. Centro Nacional de conservação da flora. **Projeto Lista Vermelha**: lista vermelha. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/listavermelha>. Acesso: 15 jan. 2018.
- CALGARO, H. F.; BUZETTI, S.; SILVA, L. R.; LORRAINE, S.; MIRANDA, L. P. M.; MORAES, M. A.; MORAES, M. L.T. Distribuição natural de espécies arbóreas em áreas com diferentes níveis de antropização e relação com os atributos químicos do solo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 39, n. 2, p. 233-243, 2015.
- CALGARO, H. F.; BUZETTI, S.; SILVA, L. R.; LORRAINE, S.; MIRANDA, L. P. M.; MORAES, M. A.; MORAES, M. L.T. Distribuição natural de espécies arbóreas em

áreas com diferentes níveis de antropização e relação com os atributos químicos do solo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 39, n. 2, p. 233-243, 2015.

CAMBUIM, J. **Fragmentos Florestais e Testes de Progênies**: Opções Para a Coleta de Sementes em Espécies Arbóreas Nativas do Cerrado no Bolsão Sul-Matogrossense. 2017. Tese (Pós-doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Campus Ilha Solteira. São Paulo, 2017.

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.

CARVALHO, P. E. R. **Aroeira verdadeira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 16 p. (Circular técnica, n. 82)

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Brasília, DF: Empresa Brasileira de Agropecuária - Centro Nacional Pesquisas Florestais, 1994.

CINTRA, T. C. **Avaliação energética de espécies florestais nativas plantadas na região do médio Paranapanema, SP**. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

CRIA-BDT, IC/Unicamp, 1999. **SinBiota**: Sistema de Informação Ambiental do Programa Biota/FAPESP. Centro de Referência em Informação Ambiental - BDT e Instituto de Computação - Unicamp. Disponível em: <http://www.biotasp.org.br/sia/>. Acesso em: 25 set. 2017.

DAMIÃO, J. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; SANTOS, G. O.; ZOCOLER, J. L. Balanço hídrico da região de Ilha Solteira, Noroeste Paulista. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 2010, Uberaba. **Anais...** [S. l.: s. n.], 2010.

ETTORI, L. C.; FIGLIOLIA, M. B.; SATO, A. S. Conservação *ex situ* dos recursos genéticos de espécies florestais nativas: situação atual no Instituto Florestal. *In*: HIGA, A. R.; SILVA, L. D. (Coord.). **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF do Paraná, 2006.

FARR, T.G.; KOBRICK, M. Shuttle Radar Topography Mission produces a wealth of data. **American Geophysical Union**, Whashington, v. 81, p. 583-585, 2000.

FAUSTO, M. A.; ANGELINI, L. P; MARQUES, H. O, FILHO A. S. *et al* Impacto da alteração do uso do solo no saldo de radiação no Cerrado do sul de Mato Grosso. **Revista Ambiental Água**, p. 350-361, 2016. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1980-993X2016000200350&lng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2016000200350&lng=en).<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1843>. Acesso em: 28 abr. 2017.

- FLÖRSHEIM, S. M.; TOMAZEILO FILHO, M. Dendrologia e anatomia da madeira de aroeira: *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão (Anacardiaceae). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 6, p. 75-85, 1994.
- FREITAS, M. L.; ANDRADE, A. A. P.; SEBBEN, A. M.; MORAES, M. L. T.; MACEDO, L. E. G. Variação genética em progênies de *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão em três sistemas de cultivo. **Arvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 319-329, 2006.
- FREITAS, M. L. M.; AUKAR, A. P. A.; SEBBEN, A. M.; MORAES, M. L. T.; LEMOS, E. G. M. Variabilidade genética intrapopulacional em *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. por marcador AFLP. **Scientia Forestalis**, n. 68, p.21-28, 2005.
- FREITAS, M. L. M.; AUKAR, A. P. A.; SEBBEN, A., M.; MORAES, M. L. T.; LEMOS, E. G. M. Variação genética em progênies de *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. allemão em três sistemas de cultivo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n.3, p.319-329, 2006.
- FRITZONS, E.; WREGE, M. S.; MANTOVANI, L. E. Fatores climáticos limitantes para a distribuição da araucária no estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 116, p. 663-672, dez. 2017.
- GARCIA, G. L.; FERRAZ, S. F. B.; ALVARES C. A.; FERRAZ, K. M. P. M. B.; HIGA, R. C. V. . Modelagem da aptidão climática do *Eucalyptus grandis* frente aos cenários de mudanças climáticas no Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 104, p. 493-501. 2014. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Silvio\\_Ferraz2/publication/279318770\\_Modeling\\_suitable\\_climate\\_for\\_Eucalyptus\\_grandis\\_under\\_future\\_climates\\_scenarios\\_in\\_Brazil/links/55c0c67808aec0e5f447ae0f.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Silvio_Ferraz2/publication/279318770_Modeling_suitable_climate_for_Eucalyptus_grandis_under_future_climates_scenarios_in_Brazil/links/55c0c67808aec0e5f447ae0f.pdf)>. Acesso em: 28 abr. 2017.
- GARCIA, E. A. C. **Estudo técnicoeconômico da pecuária bovina de corte do Pantanal Mato-Grossense**. Corumbá: Embrapa-CPAP, 1986. 150 p.
- GARGLIO, M. A. **Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga**. Brasília, DF: Serviço Florestal Brasileiro, 2010. 368 p.
- GBIF.org, **GBIF Occurrence**. Disponível em: <http://doi.org/10.15468/dl.xpdycr>. Acesso em: 10 de setembro de 2017.
- GUERRA, C. R. S. B.; MORAES, M. L. T.; SILVA, C. L. S. P.; CANUTO, D. S. O.; ANDRADE, J. A. C.; FREITAS, M. L. M.; SEBBEN, A. M. Estratégia de seleção dentro de progênies em duas populações de *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. em sistema silvopastoril. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, p. 7-87, 2009.
- HAMADA, E.; GONÇALVES, R.R.V.; MARENCO, J.A.; GHINI, R. Cenários climáticos futuros para o Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (org.). **Mudanças climáticas: impactos sobre doenças de plantas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 1, p. 25-73.

HIGA, A. R.; DUQUE SILVA, L. Certificação da produção de sementes e mudas de espécies florestais nativas. *In*: SILVA, L. D.; HIGA, A. R. **Pomar de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF, 2006. p. 65-77.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Malha municipal digital do Brasil**, 2001. Rio de Janeiro, 2001. 1 CD-ROM.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC.. **Climate change 2007: the physical science basis, summary for policy makers**. IPCC: Geneva, 2007. 18 p.

KAGEYAMA, P. Y.; CUNHA, G. C.; BARRETO, K. D.; CAMARGO, F. R. A.; SEBBENN, A. M. Diversidade e autocorrelação genética espacial em populações de *Ocotea odorífera* (Lauraceae). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 64, p. 108-119, 2003.

KAGEYAMA, P.Y. Conservação “*in situ*” de recursos genéticos de plantas. **Silvicultura**, São Paulo, v. 11, n. 41, p. 7-37, 1987.

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 melhoramentos de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 149-158.

KLEIN, A. L. **Eugen Warming e o cerrado brasileiro: um século depois**. São Paulo: Editora UNESP, 2002.

KUMAR, S.; STOHLGREN, T. J. Maxent modeling for predicting suitable habitat for threatened and endangered tree *Canacomyrica monticule* in New Caledonia. **Journal of Ecology and Natural Environment**, Victoria Island, v. 1, n. 4, p. 94-98, 2009.

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

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 368 p.

LORENZEN, E. D.; NOGUÉS-BRAVO, D.; ORLANDO, L.; WEINSTOCK, J.; BINLADEN, J.; MARSKE, K. A.; UGAN, A.; BORREGAARD, M. K.; GILBERT, M.T.; NIELSEN, R.; HO, S.Y.; GOEBEL, T.; GRAF, K.E.; BYERS, D.; STENDERUP, J.T.; RASMUSSEN, M.; CAMPOS, P.F.; LEONARD, J.A.; KOEPFLI, K.P.; FROESE, D.; ZAZULA, G.; STAFFORD, T.W. JR.; AARIS-SØRENSEN, K.; BATRA, P.; HAYWOOD, A.M.; SINGARAYER, J.S.; VALDES, P.J.; BOESKOROV, G.; BURNS, J.A.; DAVYDOV, S.P.; HAILE, J.; JENKINS, D.L.; KOSINTSEV, P.; KUZNETSOVA, T.; LAI, X.; MARTIN, L.D.; MCDONALD, H.G.; MOL, D.; MELDGAARD, M.; MUNCH, K.; STEPHAN, E.; SABLIN, M.; SOMMER, R.S.; SIPKO, T.; SCOTT, E.; SUCHARD, M.A.; TIKHONOV, A.; WILLERSLEV, R.; WAYNE, R.K.; COOPER, A.; HOFREITER, M.; SHER, A.; SHAPIRO, B.; RAHBEK, C.; WILLERSLEV, E. **Species-specific responses of Late Quaternary megafauna to climate and humans.** [S. I.], 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** 3. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2000.

LOVATO, M. B. Genetic diversity and structure of the critically endangered tree *Dimorphandra wilsonii* and of the widespread in the Brazilian Cerrado *Dimorphandra mollis*: Implications for conservation. **Biochemical Systematics and Ecology**, Victoria Island, v. 38, n. 1, p. 49-56, 2010.

LOWE, A. J.; BOSHIER, D.; WARD, M.; BACLES, C. F. E.; NAVARRO, C. Genetic resource loss following habitat fragmentation and degradation; reconciling predicted theory with empirical evidence. **Heredity**, London, v. 95, p. 255–273, 2005.

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, v. 8, p. 5-28, 2007.

MONTEIRO, J. M.; ARAÚJO, E. L.; AMORIM, E. L. C.; ALBUQUERQUE, U. P. Valuation of the aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão): perspectives on conservation. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte, v. 26, n. 1, p. 125-132, 2012.

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

MORAES, M. A.; FILHO, W. V. V. F.; RESENDE, M. D. V.; SILVA, A. M.; MANOEL, R. O. M.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de *Myracrodruon urundeuva* F.F. & M.F. Allemão – Anacardiaceae. Piracicaba: Embrapa Florestas, 2012.

MUÑOZ, M. E. S.; GIOVANNI, R. S. *et al.* OpenModeller: a generic approach to species' potential distribution modelling. **Geoinformatica**, v. 15, n. 1, p. 111-135, 2011. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10707-009-0090-7>. Acesso em: 28 abr.2017.

NARCUZZO, F. F. N.; ROCHA, H. M.; MELO, D. C. R. **Mapeamento da precipitação pluviométrica no bioma pantanal do estado do Mato Grosso**. Jataí, 2011.

NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. **Recursos genéticos e melhoramento-plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. 1183 p.

NAKICENOVIC, N.; AICAMO, J.; GRUBLER, A. *et al.* Special report on emissions scenarios (SRES), a special report of Working Group III of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. Disponível em: <http://pure.iiasa.ac.at/6101/2/sres-en.pdf>. Acesso em: 28 abr.2017.

NUNNEY, L.; CAMPBELL, K. A. Assessing minimum viable population size: Demography meets population genetics. **Trends in Ecology and Evolution**, Cambridge, v. 8, n. 7, p. 234-239, 1993.

OTSUBO, H.C.B.; MORAES, M.L.T.; MORAES, M.A.; NETO, J.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. **Revista 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. L.; VALOIS, A. C. C., MELO, I. S.; INGLIS, M. C. V. **Recursos genéticos e melhoramento: plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p. 79-99.

PUPIN, S.; SANTOS, A. V. A; ZARUMA, D. U. G.; MIRANDA, A. C.; SILVA, P. H. M.; MARINO, C. L.; SEBBEN, A. M; MORAES, M. L. T. Produtividade, estabilidade e adaptabilidade em progênies de polinização aberta de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 105, p. 127-134 2015.

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

QUEIROZ, C. R. A. A.; MORAIS, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A. Caracterização dos taninos da aroeira-preta (*Myracrodruon urundeuva*). **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 493-497, 2002.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma cerrado. *In*: SANO S.M.; ALMEIDA, S. P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 1998. p.89–66.

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

ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G.; MORAES, J. F. L. Classificação climática de Köppen e Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.

SANT'ANA, V. Z.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T.; ZANATA, M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAES, M. A.; SEBBENN, A. M. Parâmetros genéticos em progênies de polinização aberta de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong em Luiz Antonio, SP, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 515-520, 2013.

SANT'ANA, V. Z. **Proporção sexual em populações de *Myracrodruon urundeuva* para fins de formação de pomares de sementes por mudas.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Campus Ilha Solteira, São Paulo, 2017

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

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRELAS, J. F.; CUNHA, T. J. F.; ALMEIDA, J. A. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2013. p 353

SCARIOT, A.; SOUZA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. Cerrado e Secas – CERRADO: ecologia, biodiversidade e conservação. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 439.

SEBBENN, A. M.; COELHO, A. S. G.; KAGEYAMA, P. Y.; ZANATTO, A. C. S. Depressão por endogamia em populações de jequitibá-rosa. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 61-81, 2001.

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: Instituto Florestal, 2004. p.484,

SEBBENN, A. M.; DEGEN, B.; AZEVEDO, V. C. R.; SILVA, M. B; LACERDA, A. E.; CIAMPI, A. Y.; KANASHIRO, M.; CARNEIRO, F.; TOMPSON, I.; LOVELESS, L. D. Modelling the long-term impacts of selective logging on genetic diversity and demographic structure of four tropical tree species in the Amazon Forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 254, n. 2, p. 335-349, 2008.

SEBBENN, A. M. Effects of forest fragmentation on the effective and realized gene flow of Neotropical tree species: implications for genetic conservation. **BMC Proceedings**, New York, v. 5, n. 7, p. 2, 2011.

SOUZA, D. C. L. Sistema de reprodução e distribuição da variabilidade genética de *Myracrodruon urundeuva* (F.F. & M.F. Allemão) em diferentes biomas. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia, Botucatu, 2017.

SHIMIZU, J. Estratégia complementar para conservação de espécies florestais nativas: resgate e conservação de ecótipos ameaçados. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 1, n. 54, p. 07-35, 2007.

SEDDON, A. W.; MACIAS-FAURIA, M.; LONG, P. R.; BENZ, D.; WILLIS, K. J. Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability. **Nature**, London, v. 531, p. 229–232, 2016. Disponível em: <http://www.nature.com/nature/journal/v531/n7593/full/nature16986.html>. Acesso em: 28 abr. 2017.

SOUZA, D. C. L. Sistema de reprodução e distribuição da variabilidade genética de *Myracrodruon urundeuva* (F.F. & M.F. allemão) em diferentes biomas. 2017. 87 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2017.

TERRIBLE, L. V.; LIMA-RIBEIRO, M. S.; NABOUT, J. C.; OLIVEIRA, G.; RANGEL, T. F.; RABELO, S. G.; DINIZ-FILHO, J. A. F. A coupled phylogeographic and species distribution modeling approach recovers the demographic history of a Neotropical seasonally dry forest tree species. **Molecular Ecology**, Chichester, v. 21, n. 23, p. 5845-5863, 2012.

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

U.S. GEOLOGICAL SURVEY - SURVEY NATIONAL MAPPING DIVISION. **Global 30 arc second elevation data**. [S. l.], 1999. Disponível em: <http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/gtopo30/gtopo30.html>. Acesso em: 28 abr. 2017.

VALLS, J. F. M.; VEIGA, R. F. A.; BARBIERI, R. L.; RAMOS, S. R. R.; BUSTAMANTE, P. G. Conservação *ex situ* de recursos fitogenéticos. In: MARIANTE, A. S.; SAMPAIO, M. J. A.; INGLIS, M. C. V. (org.). **Informe nacional sobre a situação dos recursos fitogenéticos para a alimentação e a agricultura do Brasil**. Brasília, DF: EMBRAPA-MAPA, 2008. p. 31-39.

VALOIS, A. C. Conservação de germoplasma vegetal *ex situ*: diálogo XLV: conservação de germoplasma vegetal. Uruguai, 1996. p. 7-11.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E; VIEGAS, G. P. **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 137-214

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

VUUREN, D. P.; KRIEGLER, E.; O'NEILL, B. C.; EBI, K. L.; RIAHI, K.; CARTER, T. R.; EDMONDS, J.; HALLEGATTE, S.; KRAM, T.; MATHUR, R.; WINKLER, H. A new

scenario framework for climate change research: scenario matrix architecture. **Climatic Change**, Amsterdã, v. 122, p. 373-386, 2014.

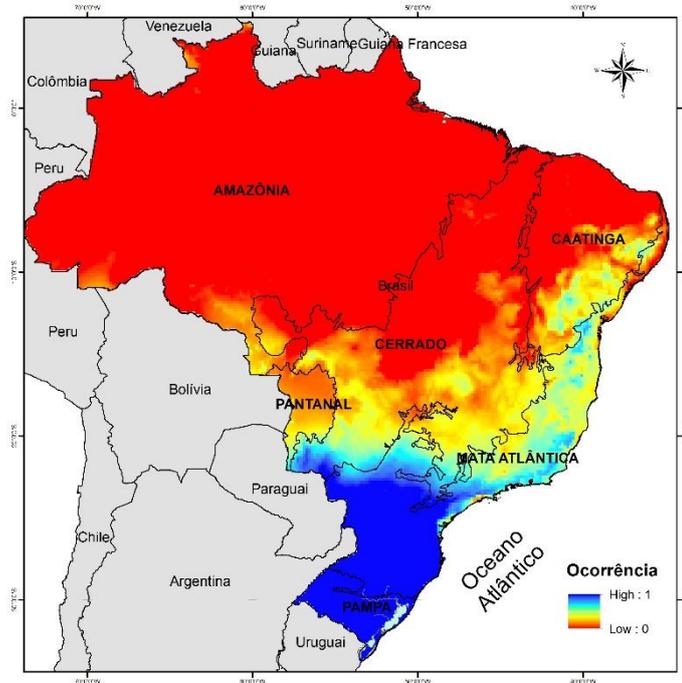
van VUUREN, D. P.; STEHFEST, E.; den ELZEN, M. G. J.; KRAM, T.; van VLIET, J.; DEETMAN, S.; ISAAC, M.; GOLDEWIJK, K. K.; HOF, A.; BELTRAN, A. M.; OOSTENRIJK, R.; van RUIJVEN, B. RCP2.6: exploring the possibility to keep global mean temperature increase below 2°C. **Climatic Change**, Amsterdã, v. 109, p. 95-116, 2011.

WEBER, E.; HASENACK, H.; FERREIRA, C. J. S. **Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação**. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia, 2004.

WREGÉ, M. S.; FRITZONS, E.; SOARES, M. T. S.; BOGNOLA, I. A.; SOUSA, V. A.; SOUSA, L. P.; GOMES, J. B. V.; AGUIAR, A. V.; GOMES, G. C.; MATOS, M. F. S.; SCARANTE, A. G.; FERRER, R. S. Distribuição natural e habitat da araucária frente às mudanças climáticas globais. **Pesquisa Florestal Brasileira - Brazilian Journal of Forestry Research**, Colombo, v. 37, n. 91, p. 331-346, jul./set. 2017.

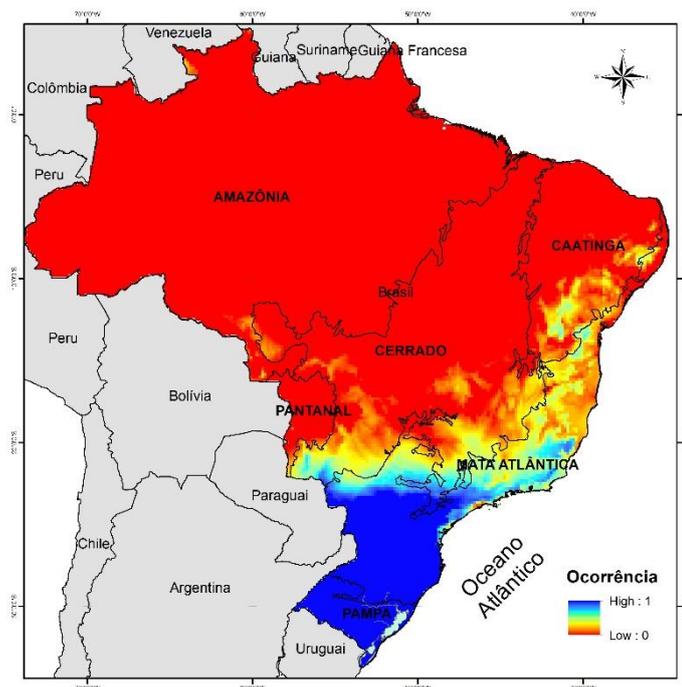
## APÊNDICE

Figura 1. Distribuição de *M. urundeuva* no Brasil por biomas no período atual. (Modelo Environmental Distance).



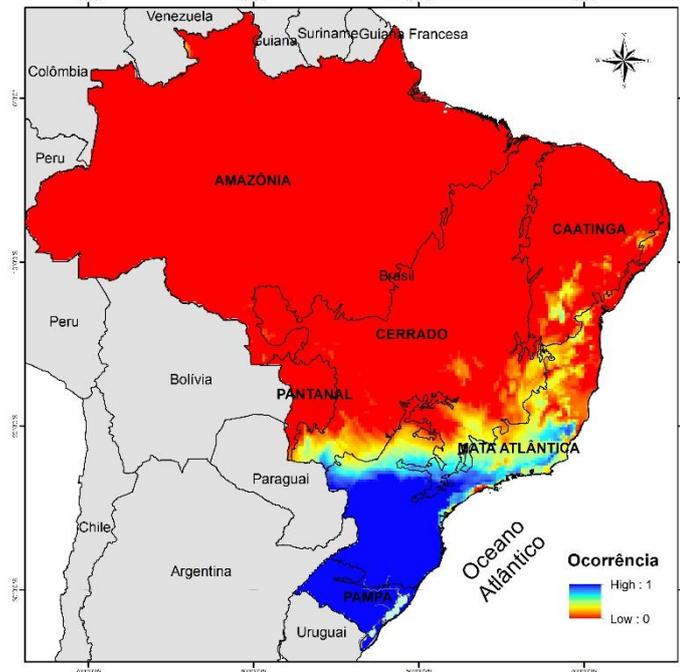
Fonte: Próprio autor.

Figura 2. Projeção para o período de 2041-2060, no cenário A2, da distribuição de *M. balansae* no Brasil por biomas de acordo com as mudanças climáticas globais (Modelo Environmental Distance).



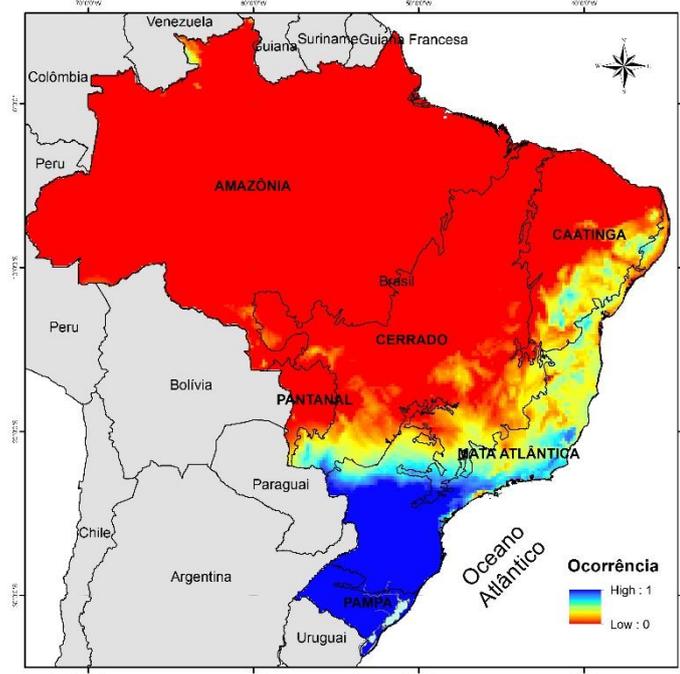
Fonte: Próprio autor.

Figura 3. Projeção para o período de 2041-2060, no cenário B1, da distribuição de *M. balansae* no Brasil por biomas de acordo com as mudanças climáticas globais (Modelo Environmental Distance).



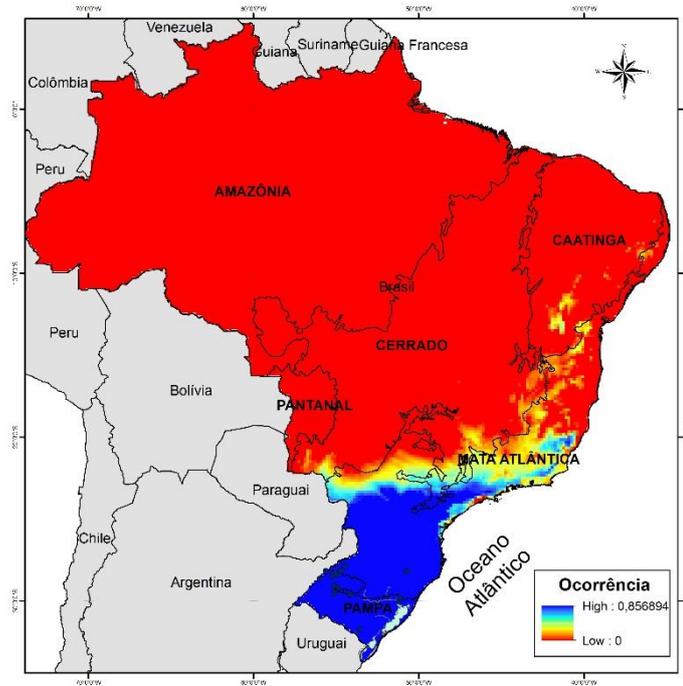
Fonte: Próprio autor.

Figura 4. Projeção para o período de 2061-2080, no cenário A2, da distribuição de *M. balansae* no Brasil por biomas de acordo com as mudanças climáticas globais (Modelo Environmental Distance).



Fonte: Próprio autor.

Figura 5. Projeção para o período de 2061-2080, no cenário B1, da distribuição de *M. balansae* no Brasil por biomas de acordo com as mudanças climáticas globais (Modelo Environmental Distance).



Fonte: Próprio autor.

Tabela 1. Revisão Bibliográfica de caracteres genéticos de *M. urundeuva*.

Citação	Caráter	Local de plantio e coordenadas	Idade	Procedência e coordenadas	Parâmetros genéticos								
					CVa%	CVgp%	CVg%	CVe%	h2mp				
Guerra <i>et al.</i> 2009	Alt	Teste de Progênie e Procedência em Selvíria - MS	16 anos	Selvíria - MS					4,02		15,65	0,28	
	Dmc			Coord.	Grau	Min.	Seg.		5,98		11,58	0,62	
	FT			(S)	20	19	0		4,94		12,5	0,48	
	Dap			(W)	51	26	0		7,62		19,14	0,58	
	Sob								4,73		1,58	0,37	
				Aramina - SP									
	Alt			Coord.	Grau	Min.	Seg.		1,5		14,56	0,06	
	Dmc			(S)	20	3	0		3,62		13,28	0,31	
	FT			(W)	47	48	0		4,66		12,33	0,46	
	Dap								0,79		17,46	0,01	
Sob						2,38		10,74	0,22				
Moraes <i>et al.</i> 2012	Dap	Teste de Progênie e Procedência em Selvíria - MS (TP-AMA)	11 anos	Selvíria - MS					3,35		20,79	0,07	
		Teste de Progênie e Procedência em Selvíria - MS (TP - ASO)		Coord.	Grau	Min.	Seg.		4,35		11,06	0,32	
		Teste de Progênie e Procedência em Selvíria - MS (TP - SAF)		(S)	20	19	0						
		Teste de Progênie e Procedência em Selvíria - MS (TP - EUCA)		(W)	51	26	0		0,98		13,05	0,02	
Freitas <i>et al.</i> 2006	Alt	Teste de Progênie e Procedência em Selvíria - MS (AMA)	3 anos	Paulo de Faria - SP						5,8			
	For	Coord.		Grau	Min.	Seg.	Decimal			10			
	D30	(S)		22	22	0				5,7			
	Dmc	(W)		51	22	0							
	Alt	Teste de Progênie e Procedência em Selvíria - MS (AEU)								7,4			
	For	Coord.		Grau	Min.	Seg.	Decimal						
D30	(S)	22	22	0				9,8					



	Dmc			(W)	49	32	0		6,2	12,4	12,2			
	Alt	Teste de Progênie e Procedência em Selvíria - MS (Seridó - RN)	18 anos	Coord.	Grau	Min.	Seg.		9,3	18,6	16,6			
	Dap			(S)	6	66	0		12,3	24,6	17,1			
	Dmc			(W)	37	40	0		5,3	10,6	12,3			
	Dap			Coord.	Grau	Min.	Seg.		3,5	7,1	16,5	0,12		
Santana, V. Z., 2017	Dap	Teste de Progênie e Procedência em Selvíria - MS (Petrolina)	24 anos	(S)	9	9	0							
				(W)	40	22	0							
				Coord.	Grau	Min.	Seg.							
	Dap	Teste de Progênie e Procedência em Selvíria - MS (Seridó)	19 anos	(S)	6	66	0		11,8	23,5	16,2	0,76		
				(W)	37	40	0							
				Coord.	Grau	Min.	Seg.		10,2	20,4	18,2	0,79		
	Dap	Teste de Progênie e Procedência em Selvíria - MS (Itarumã - GO)	12 anos	(S)	18	44	0							
				(W)	51	13	0							
				Coord.	Grau	Min.	Seg.							
	Dap	Teste de Progênie e Procedência em Selvíria - MS (Selvíria)	29 anos	(S)	20	22			5,4	10,8	13,3	0,32		
				(W)	51	26								
				Coord.	Grau	Min.	Seg.							
Dap	Teste de Progênie e Procedência em Selvíria - MS (Bauru)	29 anos	(S)	22	19	0		5,6	11,2	15,1	0,29			
			(W)	49	4	0								
			Coord.	Grau	Min.	Seg.								
Dap	Teste de Progênie e Procedência em Selvíria - MS (Paulo de Faria)	19 anos	(S)	19	58	0		2,9	5,9	13,8	0,12			
			(W)	49	32	0								
			Coord.	Grau	Min.	Seg.								
Cambuim 2017	Alt	Consórcio P10							8,7		13,09			
	Dap	Coord.	Grau	Min.	Seg.	Decimal	22 anos	Coord.	Grau	Min.	Seg.	9,44		12,86
	Dmc	(S)	20	19	0			(S)	-20	20	7,87	11,15		16,49
	For	(W)	51	26	0			(W)	51	24	38,56	10,15		14,76
	Alt	Consórcio P06							11,57		14,86			
	Dap	Coord.	Grau	Min.	Seg.	Decimal	22 anos	Coord.	Grau	Min.	Seg.	11,13		15,41
	Dmc	Latitude (S)	20	19	0			(S)	-20	20	7,87	3,4		10,4
	For	Longitude (W)	51	26	0			(W)	51	24	38,56	3,24		10,22
	Alt	Consórcio P04						22 anos				4,98		10,88

	Dap	Coord.	Grau	Min.	Seg.	Decimal		Coord.	Grau	Min.	Seg.		2,11		7,36		
	Dmc	(S)	20	19	0			(S)	-20	20	7,87		1,66		8,3		
	For	(W)	51	26	0			(W)	51	24	38,56		5,29		6,9		
Canuto <i>et al.</i> 2016	Alt	TP-1					10 anos	Coord.	Grau	Min.	Seg.		1,67	3,34			
	Dap							(S)	19	55	0		5,07	10,14			
	FF							(W)	49	31	0		6,16	12,33			
	Alt	TP-2					10 anos	Coord.	Grau	Min.	Seg.		2,04	4,09			
	Dap							(S)	19	55	0		3,68	7,37			
	FF							(W)	49	31	0		5,45	10,89			
	Alt	TP-3					10 anos	Coord.	Grau	Min.	Seg.		1	1,99			
	Dap							(S)	19	55	0		1,19	2,39			
	FF							(W)	49	31	0		3,13	6,25			
	Alt	TP-4					10 anos	Coord.	Grau	Min.	Seg.		8,17	16,34			
	Dap							(S)	19	55	0		9,21	18,41			
	FF							(W)	49	31	0		0,93	1,85			
Tung <i>et al.</i> 2010	ALT total	Teste de progênie - Selvíria MS					20 anos	Coord.	Grau	Min.	Seg.		8	16,1	18,4		
	ALT Fuste							(S)					11,6	23,2	45,3		
	Diam. Cepa							(W)					1,4	3	22,1		
	N brotação/ Cepa												15,1	30,3	88,9		
Bertonha 2016	DAP	(Homogêneo) ASO - Selvíria - MS					16,5 anos						5,9	11,9	11,68		
	HT												3,3	6,7	11,8		
	HI	Coord.	Grau	Min.	Seg.	Decimal							1,1	2,1	12,7		
	HC	(S)	22	22	0								4,6	9,2	22		
	DMC	(W)	51	22	0								3,4	6,8	18,3		
	VCO												27,7	55,5	70,6		
	DAP	(Corymbia citriodora) AEU - Selvíria - MS					16,5 anos						12,7	25,5	27,3		
	HT												8,9	17,7	22,8		
	HI	Coord.	Grau	Min.	Seg.	Decimal							9,4	18,8	21		
	HC	(S)	22	22									4,9	9,8	30,7		
	DMC	(W)	51	22									10,62	21,25	23,45		
	VCO												28,01	56,03	57,37		



H	Exp 01 - Mutambo e Angico					20	Paulo de Faria - SP				7					
	Coord.	Grau	Min.	Seg.	Decimal		Coord.	Grau	Min.	Seg.						
DMC	(S)	22	22			(S)	19	55	0	8,8						
	(W)	51	22			(W)	49	31	0							
H	Exp 01 - Mutambo e Angico					23					6,6					
	Coord.	Grau	Min.	Seg.	Decimal											
DMC	(S)	22	22							6,8						
	(W)	51	22													
F	Exp 01 - Mutambo e Angico					12	Paulo de Faria - SP				5,7					
DF	Coord.	Grau	Min.	Seg.	Decimal		Coord.	Grau	Min.	Seg.						
NR	(S)	22	22				(S)	19	55	0				5,9		
	(W)	51	22				(W)	49	31	0						
F	Exp 01 - Mutambo e Angico					24					7,3					
DF	Coord.	Grau	Min.	Seg.	Decimal											
NR	(S)	22	22											2,4		
	(W)	51	22													
H	Exp 02 - Homogêneo					7					5,7					
	Coord.	Grau	Min.	Seg.	Decimal											
DMC	(S)	22	22							5,7						
	(W)	51	22													
H	Exp 02 - Homogêneo					10					3,3					
	Coord.	Grau	Min.	Seg.	Decimal											
DMC	(S)	22	22							3,3						
	(W)	51	22													
H	Exp 02 - Homogêneo					20	Paulo de Faria - SP				8,9					
	Coord.	Grau	Min.	Seg.	Decimal		Coord.	Grau	Min.	Seg.						
DMC	(S)	22	22			(S)	19	55	0	8,9						
	(W)	51	22			(W)	49	31	0							
H	Exp 02 - Homogêneo					23					4,1					
	Coord.	Grau	Min.	Seg.	Decimal											
DMC	(S)	22	22							4,1						
	(W)	51	22													

	F	Exp 02 - Homogêneo					24 meses											
	DF	Coord.	Grau	Min.	Seg.	Decimal												
	NR	(S)	22	22										3,6				
		(W)	51	22														
Pupin <i>et al</i> 2010	Alt	Teste Progênie - Selvíria - MS					04 anos	Ribeirão Preto - SP e arredores							20,24	35,3		
	Dap	Coord.	Grau	Min.	Seg.	Decimal									23,14	43,55		
		(S)	20	21	33													
		(W)	51	24	46													
	Alt	Teste Progênie - Selvíria - MS					09 anos	Ribeirão Preto - SP e arredores							12,69	32,61		
	Dap	Coord.	Grau	Min.	Seg.	Decimal									18,41	39,87		
		(S)	20	21	33													
		(W)	51	24	46													

Fonte: Próprio autor.