

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON

VANESSA LEONARDO IGNÁCIO

GERMINAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE SEMENTES DE *Balfourodendron*  
*riedelianum* (Engler) Engler

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ

2013

**VANESSA LEONARDO IGNÁCIO**

**GERMINAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE SEMENTES DE *Balfourodendron  
riedelianum* (Engler) Engler**

Tese de Doutorado apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Doctor Scientiae.

Orientador: Professora PhD Marlene de Matos Malavasi  
Coorientador: Professor PhD Ubirajara Contro Malavasi

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PARANÁ**

**2013**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)  
(Biblioteca da UNIOESTE - Campus de Marechal Cândido Rondon - PR., Brasil)

I24g	Ignácio, Vanessa Leonardo Germinação e conservação de sementes de <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler / Vanessa Leonardo Ignácio. - Marechal Cândido Rondon, 2013. 103 p. [19]  Orientadora: Marlene Matos Malavasi Coorientador: Ubirajara Contro Malavasi  Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2013.  1. Árvores - Brasil. 2. Pau marfim - Sementes - Armazenamento. 3. Pau Marfim - Germinação. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.  CDD 22. ed. 582.160981 CIP-NBR 12899
------	---

Ficha catalográfica elaborada por Marcia Elisa Sbaraini-Leitzke CRB-9/539

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM AGRONOMIA  
NÍVEL MESTRADO E DOUTORADO

VANESSA LEONARDO IGNÁCIO

**GERMINAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE SEMENTES DE *Balfourodendron  
riedelianum* (Engler) Engler**

Tese apresentada como pré-requisito de conclusão de curso de Doutorado da  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

ATA DA DEFESA

Marechal Cândido Rondon, \_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

---

---

---

---

Ao meu filho André Luís Leonardo Ignácio, ao meu marido Edward Ignácio Júnior, aos meus pais Helio Leonardo Filho e Jussara da Cunha Leonardo, com todo meu amor.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, meu maior inspirador e auxiliador, por tudo o que fez e tem feito na minha vida.

À Prof. Dra. Marlene de Matos Malavasi, pela confiança, pelo estímulo, ensinamentos, amizade e orientação em todas as fases de execução, desde a preparação até a finalização desta tese.

Ao Prof. Dr. Ubirajara Contro Malavasi, pela atenção, orientação e ensinamentos.

À CAPES, Coordenadoria de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior, pela bolsa concedida por todo o período de doutorado.

À UNIOESTE pela oportunidade de realização deste trabalho.

À minha amiga e companheira Fabiane Cristina Gusatto, por toda ajuda na coleta dos dados, realização deste trabalho, e pelo companheirismo, paciência e amizade em todas as horas.

Ao amigo e colega de doutorado João Alexandre Lopes Dranski, por toda paciência e ajuda com a estatística para a elaboração desta tese.

Às companheiras Cristina Fernanda Schneider, Deisnara Giane Schulz, Neusa Francisca Michelon Herzog e Michelle Cristina Ajala por toda ajuda dispensada.

Ao Prof. Dr. Edmar Soares de Vasconcelos pela atenção e tempo dispensados para ajudar com a estatística.

Aos funcionários do Núcleo de Estações Experimentais da Unioeste, campus de Marechal Cândido Rondon, principalmente ao Cláudio, Wagner e Flávio, pela ajuda com a coleta das sementes, beneficiamento das mesmas e fornecimento dos dados das matrizes.

Ao meu querido filho André e meu esposo Edward, pela paciência, amor e compreensão nas horas mais difíceis.

Aos meus pais por todo amor e principal incentivo para nunca desistir.

A todos da minha família pelo apoio e todas as orações.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Unioeste, por todos os ensinamentos e auxílio.

A todos os funcionários do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Unioeste.

Aos meus colegas de doutorado.

A todos que acreditaram na minha capacidade, muito obrigada.

***«Bendito o homem que confia no Senhor, cuja confiança é o Senhor. Porque será como a árvore plantada junto às águas, que estende as suas raízes para o ribeiro, e não receia quando vem o calor, mas a sua folha fica verde ; e no ano de sequeidão não se afadiga, nem deixa de dar fruto.»***

***Jeremias 17, 7 e 8***



## RESUMO

IGNÁCIO, Vanessa Leonardo, D. S. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Julho de 2013. **Germinação e conservação de sementes de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler.** Orientadora: Marlene de Matos Malavasi. Coorientador: Ubirajara Contro Malavasi.

A crescente conscientização da sociedade para os problemas ecológicos vem proporcionando um considerável aumento na demanda por sementes e mudas de espécies nativas. O *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler é uma espécie lenhosa nativa, de importância econômica, paisagística e ecológica, popularmente conhecida como pau marfim. Objetivou-se, neste estudo, identificar a temperatura ideal para germinação e determinar o potencial fisiológico de sementes desta espécie, colhidas de diferentes procedências. Objetivou-se também verificar o comportamento das sementes com relação ao armazenamento, prever o período de armazenamento destas sementes e determinar as constantes da equação de longevidade. Foram estudadas sementes, colhidas em Marechal Cândido Rondon, Entre Rios do Oeste e Diamante D'Oeste/PR. Para avaliação da germinação, foram utilizadas duas temperaturas, 25 °C constante e 20-30 °C alternada, com fotoperíodo de 16-8 horas, e como substrato o papel tipo germitest. Armazenou-se, por 360 dias, os frutos em duas diferentes embalagens (saco de papel Kraft e vidro) e em dois diferentes ambientes (controlado e não controlado). O delineamento, utilizado, foi inteiramente casualizado. Foram avaliadas as variáveis: comprimento de frutos, massa de mil frutos, porcentagem de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, grau de umidade e comprimento de plântulas. Os períodos de armazenagem foram: 0, 90, 180, 270 e 360 dias após o beneficiamento dos frutos. Para a elaboração das equações de longevidade determinou-se as constantes que compõem a equação através de curvas de regressão. A germinação das sementes de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, não sofreu efeito da temperatura constante de 25 °C, quando comparadas com temperaturas alternadas de 20-30 °C. O comprimento das plântulas de pau marfim, não foi influenciado pelas temperaturas de 25 °C constante e temperatura alternada de 20-30 °C, a partir de 90 dias de armazenamento. Entre as procedências, a Entre Rios do Oeste destacou-se das demais aos 0 e 360 dias, quando apresentou os maiores valores de velocidade de germinação. Os frutos,

armazenados em embalagens de vidro e em local sem controle das condições ambientais, não apresentaram variações relacionadas ao teor de água, evidenciando, assim, a melhor maneira de armazenar frutos de pau marfim. Os valores da massa de mil frutos de pau marfim foram 329,5 g, 585,5 g e 450,0 g para as procedências Marechal Cândido Rondon, Entre Rios do Oeste e Diamante D'Oeste, respectivamente. Para sementes de pau marfim, as constantes encontradas a fim de predizer a longevidade foram:  $K_e= 2,8667$ ;  $C_w=9,7697E-013$ ;  $C_h=1,3435E-012$  e  $C_q=1,1651E-013$ . Para as condições de armazenamento com temperaturas médias de 23 °C ou de 15 °C, e as sementes de pau marfim apresentando grau de umidade médio de 12%, podem ser armazenadas pelo período de até 2 anos. Os valores da Correlação de Pearson entre a porcentagem de germinação real e a porcentagem de germinação calculada foram 73% e 76%, para as procedências Entre Rios do Oeste e Diamante D'Oeste, e 77% e 74%, para ambiente não controlado e ambiente controlado, respectivamente.

**Palavras-chave:** Pau marfim. Germinação. Sementes. Longevidade. Constantes de viabilidade. Armazenamento.

## ABSTRACT

IGNÁCIO, Vanessa Leonardo, D. S. State University of Western Paraná, in July 2013. ***Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler Germination and seed conservation.** Advisor: Marlene de Matos Malavasi. Co-Advisor: Ubirajara Contro Malavasi.

The growing awareness of society to ecological problems is providing a considerable increase in demand for seeds and seedlings of native species. The *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler is a native woody species of economic importance and ecological landscape, popularly known as ivory wood. The purpose of this study was to identify the ideal temperature for germination and determine the seed physiological potential of this species collected from different sources. The objective also their behavior with respect to storage and predict the storage period seeds and determine the constants of the longevity equation. Seeds collected in Marechal Cândido Rondon, Entre Rios do Oeste and Diamante D'Oeste / PR were studied. For germination evaluation, two temperatures, 25 °C and 20-30 °C constant alternating with a photoperiod of 16-8 hours, and as substrate germitest paper were used. It was stored for 360 days, fruit in two different packaging (bag Kraft paper and glass) and in two different environments (controlled and uncontrolled). The experimental design used was completely randomized. The evaluated variables were: fruit length, percentage of germination, first count of germination, germination velocity index, moisture content, weight of thousand fruit and seedling length. Storage periods were 0, 90, 180, 270 and 360 days after fruit processing. For the development of the equations of longevity it was determined constants that made the equation through regression lines. The germination seeds of *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, was not affected by constant temperature of 25 °C compared with temperatures of 20-30 °C. The seedling length ivory wood was not influenced by temperatures of 25 °C constant and alternating temperature of 20-30 °C, from 90 days of storage. Among provenances, Entre Rios do Oeste stood out from the others to 0 and 360 days when he presented the highest rate of germination. The fruit stored in glass containers in uncontrolled environment and environmental conditions, did not show variations, related to the water content, thus demonstrating the best way to store ivory wood fruit. The mass of a thousand fruits stick ivory were 329.5 g, 585.5 g and 450.0 g for the provenances of Marechal Cândido Rondon, Entre Rios

do Oeste and Diamante D'Oeste, respectively. To seed ivory wood, the constants found to predict longevity were:  $K_e = 2.8667$ ;  $C_w = 9.7697 \text{ E-}013$ ;  $C_h = 1.3435 \text{ E-}012$  and  $C_q = 1.1651 \text{ E-}013$ . Using the storage conditions with average temperatures of  $23 \text{ }^\circ\text{C}$  or  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ , and the ivory wood seeds showing moisture content of 12%, can be stored for up to 2 years. The values of the Pearson correlation between the actual percent germination calculated and the percentage of germination were 73% and 76% for the provenances Entre Rios do Oeste and Diamante D'Oeste, and 77% and 74% for uncontrolled and controlled environment, respectively.

**Keywords:** Ivory wood. Germination. Seeds. Longevity. Constants viability. Storage.

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO 1

- Figura 1 - Secagem dos frutos sobre armação de madeira e tela.....32
- Figura 2 - Dados meteorológicos da Estação Experimental da UNIOESTE no município de Marechal Cândido Rondon, PR.....33
- Figura 3 - Germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Marechal Cândido Rondon, do desdobramento da interação entre procedência das sementes e período de armazenamento.....45
- Figura 4 - Índice de velocidade de germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, de procedência Entre Rios do Oeste, do desdobramento da interação entre procedência das sementes e período de armazenamento.....45
- Figura 5 - Comprimento de plântulas de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, utilizando temperatura de germinação alternada, de diferentes procedências, durante período de armazenamento. ....46

### ARTIGO 2

- Figura 1 - Secagem dos frutos sobre armação de madeira e tela.....56
- Figura 2 - Frutos de pau marfim, armazenados em saco de papel Kraft e frascos vidros com tampa. ....57
- Figura 3 - Dados meteorológicos da Estação Experimental da UNIOESTE no município de Marechal Cândido Rondon, PR.....58
- Figura 4 - Germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Entre Rios do Oeste, do desdobramento da interação entre diferentes embalagens de armazenamento durante o período de armazenamento.....71
- Figura 5 - Primeira contagem de germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Entre Rios do Oeste, do desdobramento da interação entre diferentes embalagens de armazenamento durante o período de armazenamento.....72

- Figura 6 - Primeira contagem de germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Entre Rios do Oeste, do desdobramento da interação entre diferentes ambientes de armazenamento durante o período de armazenamento.....72
- Figura 7 - Índice de Velocidade de Germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Entre Rios do Oeste, do desdobramento da interação entre diferentes embalagens de armazenamento durante o período de armazenamento.....73
- Figura 8 - Primeira contagem de germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Diamante D'Oeste do desdobramento da interação entre diferentes ambientes de armazenamento durante o período de armazenamento.....74
- Figura 9 - Germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Marechal Cândido Rondon durante o período de armazenamento.....75
- Figura 10 - Primeira contagem de germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Marechal Cândido Rondon durante o período de armazenamento. ....75
- Figura 11 - Índice de velocidade de germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Marechal Cândido Rondon durante o período de armazenamento. ....76
- Figura 12 - Germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Diamante D'Oeste durante o período de armazenamento.....76
- Figura 13 - Comprimento de plântulas de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Diamante D'Oeste durante o período de armazenamento.....77
- Figura 14 - Comprimento de plântulas de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Marechal Cândido Rondon, do desdobramento da interação entre diferentes ambientes e embalagens de armazenamento durante o período de armazenamento. ....78

**ARTIGO 3**

Figura 1 - Secagem dos frutos sobre armação de madeira e tela.....	89
Figura 2 - Dados meteorológicos da Estação Experimental da UNIOESTE no município de Marechal Cândido Rondon, PR.....	90
Figura 3 - Curva de sobrevivência, em probit, de sementes <i>Balfourodendron riedelianum</i> , armazenadas em ambiente não controlado (23 °C), apresentando grau de umidade médio de 12%.....	95
Figura 4 - Curva de sobrevivência, em probit, de sementes <i>Balfourodendron riedelianum</i> , armazenadas em ambiente controlado (15 °C), apresentando grau de umidade médio de 12%.....	96

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

Tabela 1 – Caracterização dos frutos de <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler de três procedências.....	38
Tabela 2 – Resumo da análise de variância para os dados obtidos de porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação e comprimento de plântula de <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler, para diferentes procedências de sementes, em função de diferentes temperaturas de germinação.....	39
Tabela 3 - Germinação (%) de sementes <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias de armazenamento, em função diferentes procedências de sementes. ....	40
Tabela 4 - Germinação (%) de sementes <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias de armazenamento, em função diferentes temperaturas de germinação de sementes.....	40
Tabela 5 - Índice de velocidade de germinação de sementes <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias de armazenamento, em função diferentes procedências de sementes.....	42
Tabela 6 - Comprimento de plântulas (cm) de <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias de armazenamento, em função diferentes temperaturas de germinação de sementes.....	43

### ARTIGO 2

Tabela 1 - Grau de umidade (GU) em base úmida de frutos de <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias após a colheita para a procedência Marechal Cândido Rondon, armazenados em diferentes ambientes e recipientes. ....	64
Tabela 2 - Grau de umidade (GU) em base úmida de frutos de <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias após a colheita para a procedência Entre Rios do Oeste, armazenados em diferentes ambientes e recipientes. ....	64



Tabela 3 - Grau de umidade (GU) em base úmida de frutos de <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias após a colheita para a procedência Diamante D'Oeste, armazenados em diferentes ambientes e recipientes. ....	65
Tabela 4 - Massa de mil (MM) frutos de <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias após a colheita para a procedência Marechal Cândido Rondon, armazenados em diferentes ambientes e recipientes. ....	65
Tabela 5 - Massa de mil (MM) frutos de <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias após a colheita para a procedência Entre Rios do Oeste, armazenados em diferentes ambientes e recipientes. ....	66
Tabela 6 - Massa de mil (MM) frutos de <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias após a colheita para a procedência Diamante D'Oeste, armazenados em diferentes ambientes e diferentes recipientes. ....	66
Tabela 7 - Resumo da análise de variância para os dados obtidos de porcentagem de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação e comprimento de plântulas de <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler, em função de diferentes ambientes e recipientes durante período de armazenamento para diferentes procedências de sementes. ....	67
Tabela 8 - Germinação (%) de sementes <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias de armazenamento, em função de diferentes recipientes, para diferentes procedências de sementes. ....	68
Tabela 9 - Primeira contagem de germinação (%) de sementes <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias de armazenamento, em função de diferentes recipientes, para diferentes procedências de sementes. ....	69
Tabela 10 - Primeira contagem de germinação (%) de sementes <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias de armazenamento, em função de diferentes ambientes de armazenamento, para diferentes procedências de sementes. ....	69

Tabela 11 - Índice de velocidade de germinação de sementes <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias de armazenamento, em função de diferentes recipientes, para diferentes procedências de sementes.....	70
--	----

### **ARTIGO 3**

Tabela 1 - Tabela de conversão de probit para porcentagem. ....	93
Tabela 2 - Qualidade inicial estimada ( $K_i$ , em probit) de sementes <i>Balfourodendron riedelianum</i> , de diferentes procedências, nos ambientes de armazenamento: não controlado (23°C) e controlado (15°C).....	96
Tabela 3 - Coeficientes para determinar a longevidade de sementes de <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler.....	97
Tabela 4 - Correlação de Pearson entre os valores de porcentagem de germinação reais e os valores estimados pelas equações de longevidade, de três procedências. ....	98

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
2.1	CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE .....	3
2.2	ARMAZENAMENTO DE SEMENTES .....	5
2.3	TEMPERATURA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES .....	9
2.4	VIGOR DE SEMENTES .....	13
2.5	PROCEDÊNCIA DAS SEMENTES .....	15
2.6	EQUAÇÕES DE LONGEVIDADE .....	17
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>22</b>

	<b>ARTIGO 1 EFEITO DA TEMPERATURA NA GERMINAÇÃO DE <i>Balfourodendron riedelianum</i> (Engler) Engler, PARA DIFERENTES PROCEDÊNCIAS DE SEMENTES</b> .....	<b>27</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>29</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>31</b>
2.1	LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO .....	31
2.2	MATERIAL VEGETAL .....	31
2.3	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE COLETA DOS FRUTOS E DAS MATRIZES.....	31
2.4	BENEFICIAMENTO DOS FRUTOS .....	32
2.5	ARMAZENAMENTO DOS FRUTOS .....	33
2.6	AVALIAÇÃO DOS FRUTOS.....	34
2.6.1	Comprimento dos Frutos .....	34
2.6.2	Grau de Umidade e Peso de Mil.....	34
2.7	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA.....	34
2.7.1	Teste de Germinação .....	35
2.7.2	Primeira Contagem de Germinação .....	36
2.7.3	Índice de Velocidade de Germinação.....	36
2.7.4	Avaliação das Plântulas .....	36
2.8	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE DOS DADOS.....	37
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>37</b>

<b>4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>46</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>47</b>

## **ARTIGO 2 ARMAZENAMENTO DE SEMENTES *Balfourodendron riedelianum***

<b>(Engler) Engler.....</b>	<b>51</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>53</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>54</b>
2.1 LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO .....	54
2.2 MATERIAL VEGETAL .....	54
2.3 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE COLETA DOS FRUTOS E DAS MATRIZES.....	54
2.4 BENEFICIAMENTO DOS FRUTOS .....	55
2.5 ARMAZENAMENTO DOS FRUTOS .....	56
2.6 AVALIAÇÃO DOS FRUTOS.....	58
2.6.1 Grau de Umidade e Peso de Mil.....	58
2.7 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA.....	59
2.7.1 Teste de Germinação.....	59
2.7.2 Primeira Contagem de Germinação .....	60
2.7.3 Índice de Velocidade de Germinação.....	60
2.7.4 Avaliação das Plântulas .....	60
2.8 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE DOS DADOS.....	61
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>61</b>
<b>4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>78</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>79</b>

## **ARTIGO 3 ARMAZENAMENTO DE SEMENTES *Balfourodendron riedelianum***

<b>(Engler) Engler.....</b>	<b>81</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>83</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>87</b>
2.1 LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO .....	87
2.2 MATERIAL VEGETAL .....	87
2.3 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE COLETA DOS FRUTOA E DAS MATRIZES.....	87

2.4	BENEFICIAMENTO DOS FRUTOS .....	88
2.5	ARMAZENAMENTO DOS FRUTOS .....	89
2.6	AVALIAÇÃO DOS FRUTOS.....	90
2.6.1	Grau de Umidade e Peso de Mil.....	90
2.7	AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA.....	91
2.7.1	Teste de Germinação .....	91
2.8	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE DOS DADOS.....	92
2.9	EQUAÇÕES DE LONGEVIDADE .....	92
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>94</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>99</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>100</b>
	<b>CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>102</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que possui grande potencial florestal e uma das maiores reservas florísticas do mundo, tudo propiciado pela vasta extensão territorial e pelas variações edafoclimáticas. Mas este patrimônio biológico sofreu por muitos anos grandes devastações tanto para fins extrativistas como para fins de exploração territorial.

A crescente conscientização da sociedade para os problemas ecológicos, relacionados com a exploração dos recursos florestais, através da extração de matéria prima para vários fins, e a necessidade de conservação das florestas tropicais, vem ocasionando um considerável aumento na atividade de fiscalização e cumprimento das legislações ambientais, com isso elevando, nos últimos anos, a demanda por sementes e mudas de espécies nativas para reposição florestal que constituem insumo básico nos programas de recuperação de conservação de ecossistemas (AZEREDO et al., 2003).

Um dos fatores básicos para êxito em atividades como recuperação de áreas degradadas e/ou reflorestamentos é utilizar espécies adequadas à composição florística das diferentes regiões, bem como, usar sementes de elevada qualidade fisiológica. Desta forma, torna-se necessário o conhecimento da espécie que se vai trabalhar, evitando, assim, situações que possam inviabilizar estas atividades.

Entretanto, para a maioria das espécies nativas do Brasil, são escassas as informações disponíveis na literatura sobre as características dos frutos e das sementes, e referências sobre a qualidade dos mesmos.

O conhecimento destas características dos frutos e das sementes é necessário para o sucesso da coleta e utilização de sementes no reflorestamento. O empreendimento florestal de cunho econômico ou conservacionista requer o suprimento constante de sementes de espécies florestais de alta qualidade. No entanto, a disponibilidade de sementes é limitada devido à baixa qualidade, à maturação desuniforme e a longevidade limitada (KAGEYAMA et al., 2003).

A boa qualidade das sementes é necessária para o êxito do estabelecimento da planta no campo, sendo a sua capacidade germinativa o principal atributo considerado, pois, sem ela, a semente não tem valor para a semeadura, e dela, também, depende a qualidade das mudas e o sucesso de um reflorestamento.

No decorrer dos anos, têm sido publicados muitos trabalhos na área de sementes de grandes culturas e florestais de alto valor econômico, mas ainda existe necessidade de trabalhos sobre o potencial fisiológico e o comportamento germinativo de sementes de espécies nativas, coletadas em diferentes locais. A localização das árvores nativas, utilizadas na coleta, afetam morfológica e fisiologicamente as sementes, necessitando, assim, estudos também sobre a procedência das mesmas.

Pela escassez da produção de sementes de espécies nativas, há necessidade de conhecimento de seu comportamento durante o armazenamento e, se possível, prever o período de tempo que podem ficar armazenadas. A previsão desta longevidade é possível através de equações, nas quais são utilizados os valores de umidade inicial das sementes e de temperatura no armazenamento.

O *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, também conhecido como pau marfim, é uma espécie de grande importância para a flora brasileira, devido a sua qualidade da madeira para a utilização na indústria moveleira e na construção civil, podendo ser encontrada em grande área de distribuição no território brasileiro, desde Minas Gerais até o Rio Grande do Sul (CARVALHO, 2004). Apesar da importância, pouco se encontra com relação a estudos sobre a qualidade de sementes e tecnologia para realização de teste germinação.

Neste contexto, teve-se por objetivo: o estudo detalhado do comportamento germinativo desta espécie, testando-se diferentes temperaturas de germinação em sementes de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, visando a padronização para o teste de germinação; determinar do potencial fisiológico de sementes da mesma espécie, colhidas de diferentes procedências; contrastar a qualidade de sementes da mesma espécie, armazenadas em diferentes ambientes e embalagens; e determinar as constantes da equação de viabilidade de pau marfim e predizer o período de armazenamento das sementes desta espécie.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE

A família Rutaceae pertence à ordem Rurales com aproximadamente 150 gêneros e 1500 espécies, distribuídas pelas regiões tropicais e temperadas de todo o mundo, sendo mais abundante na América Tropical, Sul da África e Austrália. Só no Brasil, existem cerca de 190 espécies. Dentre as representantes desta família, destaca-se a *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, pertencente à subfamília Toddalioideae (SILVA e PAOLI, 2006).

O *B. riedelianum* possui como sinonímia botânica os nomes *Esenbeckia riedeliana* Engler e *Helietta multiflora* Engler; e muitos nomes populares tais como: pau marfim, farinha-seca, farinha-seca-branca, gramixinga, guamuxinga, guarataia, guataia, guataio, guatambu, guatambu-branco, guaximinga, marfim, mucambo, pau-chumbo, pequiá-branco, pereiro-preto, pau-cetim, pau-liso, pequiá-marfim, pequiá-mamão e pequiá-mamona (LORENZI, 2000; CARVALHO, 2004).

Segundo o Registro Nacional de Cultivares o nome popular é descrito como pau marfim (RNC: 23531).

Com base na sucessão ecológica a espécie é classificada como secundária tardia, nativa da América do Sul, encontrada principalmente, nas regiões fitoecológicas da Floresta Estacional Semidecidual, na formação Submontana, onde ocupa o estrato superior, e na Floresta Estacional Decidual. Na Floresta Ombrófila Mista, onde é menos frequente, atinge o sul do Paraná até próximo a Curitiba, PR, no alto da Bacia do Rio Ribeira, na Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Atlântica (CARVALHO, 2004).

Esta espécie está inserida na lista de plantas ameaçadas de extinção no Paraná. Em três áreas inventariadas da Floresta Estacional Semidecidual, o pau marfim representou 16,8% da frequência relativa das essências de maior valor econômico no Parque Nacional do Iguaçu (CARVALHO, 2004).

Segundo descrição de Carvalho (2004) e Lorenzi (2000), é árvore caducifólia, mas presume-se que essa espécie apresenta diferentes ecótipos, pois frequentemente são encontrados exemplares com folhagem durante a estação de repouso vegetativo, comumente com 6 a 20 m de altura e 30 a 50 cm de DAP



(diâmetro a altura do peito), podendo atingir até 35 m de altura e 100 cm de DAP na idade adulta (LORENZI,2000; CARVALHO,2004).

O tronco é reto e cilíndrico e o fuste pode ter até 15m de altura. A copa é larga e arredondada. A casca externa é cinza a pardo-acinzentada com numerosas lenticelas branco-amareladas, o que é uma característica de grande importância na identificação da espécie (LORENZI,2000; CARVALHO,2004).

As folhas são compostas trifolioladas, filotaxia opostas. As lâminas dos folíolos são elípticas, subglabras, com comprimento de 5 a 12 cm e largura de 2,5 a 4,5 cm (LORENZI,2000; CARVALHO,2004).

As flores são bissexuais, de coloração branco-amarelada, reunidas em panícula terminal muito ramificada. O ovário possui quatro carpelos, quatro lóculos e duas séries de óvulos por lóculo.

Os frutos são do tipo nucáceos, indeiscentes, lenhosos, coriáceos, secos, com quatro grandes asas, verticalmente radiadas, semicircular, verde quando imaturo e amarelo a acinzentado quando maduro. Eles são considerados como a unidade disseminadora desta espécie (SILVA e PAOLI, 2006).

Silva e Paoli (2006) descreveram as sementes como sendo elipsóides, pretas, anátropas, endotestais com tégmem reduzido, exariladas e albuminosas. O endosperma possui reserva lipo-protéica. O embrião é axial, dominante, branco, com cotilédones carnosos, eixo hipocótilo-radícula curto e plúmula reduzida.

A espécie é hermafrodita, e quando plantada, em solos férteis, o seu processo reprodutivo inicia-se por volta dos 4 anos de idade. No Paraná, sua floração acontece de agosto a dezembro e os frutos amadurecem de junho a outubro. Os frutos apresentam ampla dispersão e são disseminados pelo vento (CARVALHO, 2004).

A madeira de pau marfim é indicada para fabricação de móveis de luxo, partes internas na construção civil, como vigas, caibros, ripas, rodapés, forros, tacos, tábuas para assoalho e lambris; marcenaria, molduras e guarnições internas; cabos de ferramentas, compensados, chapas, lâminas faqueadas decorativas, peças torneadas; artefatos decorativos em geral e cutelaria. Pode ainda ser utilizada na fabricação de instrumentos agrícolas, móveis, hélice de avião, formas de sapatos, tacos de bilhar, bengalas e esculturas. As árvores podem ser usadas em arborização de parques e jardins (FARIAS et al., 1995; LORENZI, 2000; SILVA e PAOLI, 2006).

## 2.2 ARMAZENAMENTO DE SEMENTES

A estratégia de conservação da biodiversidade das florestas tropicais envolve dois métodos: *in situ* e *ex situ*. A conservação *in situ* está representada pela manutenção das espécies no seu habitat. A conservação *ex situ* consiste na preservação da espécie fora de seu habitat, por meio do armazenamento das sementes (CARVALHO et al., 2006).

O armazenamento de sementes de qualquer espécie, tanto agrícola quanto florestal, tem por objetivo a manutenção do nível de qualidade física, fisiológica, sanitária e genética das sementes e a sua utilização futura (MEDEIROS, 2001; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

As sementes são organismos vivos responsáveis pela perpetuação e disseminação das espécies. São capazes de manter a viabilidade até que as condições ambientais sejam favoráveis para o início de uma nova geração. No entanto, não conseguem preservar suas condições vitais por tempo indeterminado, sofrendo deterioração e morrendo (MEDEIROS, 2001; MARCOS FILHO, 2005).

A deterioração é um processo inevitável, contínuo e irreversível, que inicia na maturidade fisiológica e culmina com a morte da semente. Este processo é determinado por uma série de alterações fisiológicas, bioquímicas, físicas e citológicas, que ocorrem progressivamente, reduzindo a potencial fisiológico das mesmas (CABRAL et al., 2003; MARCOS FILHO, 2005).

A qualidade física de sementes reflete a eficiência da coleta, operações de secagem e beneficiamento. A qualidade sanitária está relacionada com a presença de microrganismos e/ou insetos nas sementes. Já, a qualidade fisiológica está assentada no genótipo de cada espécie, aliada às condições ambientais que podem retardar ou acelerar a intensidade da deterioração (MEDEIROS, 2001; MARCOS FILHO, 2005).

Exercendo-se o controle da temperatura e da umidade relativa durante o armazenamento, é possível manter a qualidade fisiológica das sementes, reduzindo sua taxa de deterioração.

Dentre os vários fatores que influenciam na manutenção da viabilidade e do vigor de sementes durante o armazenamento destacam-se a umidade inicial da semente, a temperatura de secagem, a umidade relativa, a temperatura do ambiente

de armazenamento, tipos de embalagens e duração do armazenamento. As melhores condições a serem utilizadas variam em relação à espécie e há necessidade de controle de todos os fatores para o sucesso do armazenamento (BOTELHO e CARNEIRO, 1992; CRUZ, 2006; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

As sementes de espécies agrícolas podem ser produzidas, anualmente, e, geralmente, são armazenadas por um período curto de tempo, até a próxima semeadura. Com as sementes das espécies florestais este fato nem sempre é possível. Algumas destas produzem sementes anualmente e em grande quantidade, como as pioneiras. Mas alguns fatores como temperatura ambiente, chuvas e ação dos agentes polinizadores, podem interferir nesta produção. Existem espécies que ficam por grande período, até anos sem produzir sementes. Outras intercalam períodos de altas e baixas produções (MEDEIROS, 2001).

Diante desta análise, justifica-se a necessidade de armazenamento das sementes de espécies florestais, caracterizando uma técnica relativamente econômica para assegurar a disponibilidade de sementes para a propagação e armazenamento em bancos germoplasmas (SOUZA et al., 2005). Como a produção de sementes é limitada no tempo, o estudo do comportamento das sementes durante seu armazenamento para posterior produção de mudas é de fundamental importância, pois, quando conservadas por determinados períodos e condições desfavoráveis, podem perder sua capacidade germinativa (OLIVEIRA et al., 2006).

Ao discutir o armazenamento de sementes florestais, deve-se considerar quatro fatores principais: sobrevivência de sementes (ou seja, a viabilidade, a capacidade de uma semente permanecer viva de modo que, quando for necessário, ela irá germinar e produzir uma muda capaz de externar um crescimento autotrófico); ambiente de armazenamento, duração do armazenamento e espécie (efetivamente a variação entre os lotes de sementes dentro de uma espécie é também considerado) (HONG e ELLIS, 2003).

As sementes são classificadas quanto ao comportamento no armazenamento e à tolerância à dessecação em dois principais grupos: ortodoxas e recalcitrantes. No grupo das ortodoxas, estão as sementes que podem sofrer dessecação até atingirem baixos teores de água, em torno de 5%, e podem ser armazenadas sob baixas temperaturas por um longo período, sem prejudicar o metabolismo. No grupo das recalcitrantes, estão as sementes sensíveis à dessecação, que são incapazes

de sobreviver com baixos níveis de teor de água, o que impede o seu armazenamento por longo prazo (ROBERTS, 1973). Além destes grupos, há ainda um terceiro que apresenta comportamento intermediário, ou seja, pequena resistência ao armazenamento a baixas temperaturas, mas certa tolerância à dessecação (MEDEIROS, 2001; MARCOS FILHO, 2005; CARVALHO et al., 2006).

De acordo com Carvalho et al. (2006), existe uma associação direta com relação ao comportamento das sementes, durante o armazenamento, e o grupo ecológico a que a espécie pertence. Geralmente, as espécies pioneiras regeneram-se por meio do banco de sementes no solo e podem ser armazenadas por longo período de tempo, o que corresponde ao comportamento ortodoxo. Já as sementes das espécies clímax apresentam reduzida longevidade que é uma característica das recalcitrantes.

Analisando-se estas características, com relação ao comportamento no armazenamento, as sementes de *B. riedelianum* são classificadas como ortodoxos (CARVALHO, 2004).

Muitos fatores influenciam na conservação das sementes durante o armazenamento. Alguns fatores estão ligados à qualidade inicial das sementes colhidas como: grau de maturidade no momento da colheita; grau de umidade das sementes; viabilidade inicial; presença de fungos, bactérias e insetos, associados às sementes; e a presença de danos mecânicos. Outros fatores estão relacionados com o ambiente de armazenamento: umidade relativa; temperatura do ar; ação de patógenos e embalagens utilizadas (MEDEIROS, 2001; FERREIRA e BORGHETTI, 2004; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

A umidade relativa do ambiente de armazenamento está ligada diretamente ao grau de umidade das sementes porque ocorre a troca de vapor de água entre as sementes e o ar atmosférico até que as sementes entrem em equilíbrio higrocópico. Este requisito está ligado diretamente à intensidade das reações metabólicas que ocorrem nas sementes, conseqüentemente com a deterioração das sementes, e o potencial de armazenamento. A temperatura afeta diretamente a velocidade das reações químicas, acelera a respiração e o desenvolvimento de microrganismos (MARCOS FILHO, 2005; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

As embalagens são importantes veículos na comercialização das sementes, além de importantes na proteção contra insetos e roedores, e ainda, facilitam o

manejo durante o armazenamento e o transporte (MEDEIROS, 2001; MARCOS FILHO, 2005).

A deterioração também está associada ao recipiente em que as sementes permanecem armazenadas, dependendo da facilidade com que acontecem as trocas de vapor de água e condições ambientais em que as sementes permanecem armazenadas (FERREIRA e BORGHETTI, 2004; MARCOS FILHO, 2005). A escolha quanto ao tipo de embalagem a ser utilizada para acondicionar as sementes, depende da natureza da semente, das condições climáticas sob as quais as sementes permanecerão armazenadas e do período de armazenamento (MEDEIROS, 2001; MARCOS FILHO, 2005; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

Há muitos tipos de embalagens no mercado, mas com relação à troca de vapor de água com o ambiente, as embalagens podem ser classificadas em permeáveis ou porosas, semipermeáveis ou semiporosas e impermeáveis ou herméticas (MEDEIROS, 2001; MARCOS FILHO, 2005; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

As embalagens permeáveis são aquelas que permitem livre troca de vapor de água entre as sementes e o ambiente, como os sacos de pano, de juta, de papel, de papelão e de polipropileno entrelaçado (MEDEIROS, 2001; MARCOS FILHO, 2005; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Este tipo de embalagem não é recomendado para o acondicionamento de sementes que ficarão armazenadas por muito tempo (MEDEIROS, 2001).

Embalagens semipermeáveis permitem alguma troca de vapor de água entre sementes e ambiente, e como exemplos se pode citar o papel multifoliado, papel revestido com material ceroso e sacos plásticos de 100 a 250 micras de espessura (MEDEIROS, 2001; MARCOS FILHO, 2005; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

Aquelas embalagens que não permitem trocas de vapor de água entre semente e ambiente são as impermeáveis. Neste grupo pode-se citar os recipientes de metal, vidro, alumínio e plástico de espessura maior que 250 micras (MEDEIROS, 2001; MARCOS FILHO, 2005; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

De acordo com Fowler e Martins (2001), frutos de *B. riedelianum* podem ser armazenados por até 12 meses, em embalagem de polietileno, em ambiente de câmara fria.

A conservação de sementes de essências florestais é de fundamental importância quando se visa o desenvolvimento de programas silviculturais. Já, os trabalhos sob o aspecto tecnológico das sementes são o ponto de partida para utilização e exploração de forma racional das espécies nativas (SOUZA et al., 2005).

### 2.3 TEMPERATURA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES

A germinação de sementes é um fenômeno que consiste em uma sequência ordenada de eventos metabólicos, os quais reativam o crescimento do eixo embrionário, originando uma plântula (MARCOS FILHO, 2005; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Este termo é aplicado a sementes, esporos e grãos de pólen para indicar quando estas estruturas quiescentes retomam o crescimento (BRADFORD e NONOGAKI, 2007).

Do ponto de vista da fisiologia vegetal, a germinação é definida, como um fenômeno biológico através do qual uma semente viável, em repouso (por quiescência ou dormência), inicia atividade metabólica e retoma o crescimento do embrião, com o conseqüente rompimento do tegumento pela radícula ou outra estrutura do embrião (SANTOS e ASPERTI, 2006).

Contudo, este critério por si só é insuficiente, pois pode ocorrer falsa germinação, que é a extrusão da radícula do embrião morto, devido à pressão exercida pela embebição dos constituintes hidrofílicos. Portanto, em tecnologia de sementes, considera-se germinação a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, produzindo uma plântula normal (SANTOS e ASPERTI, 2006).

A captação de água marca o início das atividades metabólicas em sementes. O processo de embebição pode seguir um padrão trifásico de hidratação, em que a fase I é caracterizada pela rápida transferência da água do substrato para a semente, pelo acentuado aumento da intensidade respiratória e pelo início da degradação das substâncias de reserva. Na fase II, há redução drástica da velocidade de hidratação e intensidade respiratória, e ocorre o transporte ativo das substâncias degradadas na fase anterior, do tecido de reserva para o tecido meristemático. A fase III inicia-se com a retomada da intensa absorção de água,

intensa respiração, e é identificada pela protrusão da raiz primária (FERREIRA e BORGUETTI, 2004; MARCOS FILHO, 2005; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

De acordo com Fenner e Thompson (2005), uma vez que a germinação iniciou ou atingiu a fase III de hidratação, o embrião tem o compromisso irrevogável de crescimento ou morte.

O crescimento embrionário origina plântulas que podem ser classificadas em epígeas e hipógeas. Nas epígeas, a parte aérea ultrapassa a superfície do solo envolta pelos cotilédones, graças ao desenvolvimento do hipocótilo. Nas plântulas hipógeas, a parte aérea cresce, principalmente, pelo alongamento do epicótilo (MARCOS FILHO, 2005; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

As sementes de pau marfim originam plântulas epígeas. O início da germinação varia de 27 a 150 dias após a sementeira, com germinação média de 50%, variando entre 20 e 80% (CARVALHO, 2004).

Em algumas espécies florestais, a viabilidade das sementes e o subsequente desenvolvimento das plântulas são muito baixos, desestimulando a produção de mudas tanto para fins comerciais como para a manutenção ecológica (CHEROBINI, 2006).

Um grande número de espécies florestais, especialmente as nativas, apresenta germinação lenta, irregular ou nula, mesmo quando coletadas adequadamente e sob condições ambientais favoráveis à germinação, fato este diretamente ligado à fisiologia das sementes. Durante a germinação ocorre uma sequência de eventos fisiológicos e bioquímicos que são influenciados pela temperatura, luz e ausência de luz. Portanto, torna-se imprescindível estudar a influência desses fatores para compreender o processo germinativo das espécies de diferentes grupos ecológicos (FERREIRA et al., 2007).

Os estudos de germinação de sementes são, geralmente, realizados dentre outros objetivos, para ampliar os conhecimentos sobre o comportamento fisiológico da espécie e suas respostas aos fatores ambientais. O teste de germinação indica a capacidade de produzir plântulas normais. Cada espécie exige condições específicas para a realização do teste, necessárias para as sementes expressarem o máximo potencial fisiológico (FOSSATI, 2007).

As Regras para Análises de Sementes apresentam os padrões específicos para a germinação de 276 espécies florestais e arbustivas e, dentre estas, muitas

não são espécies florestais nativas do Brasil, o que dificulta a realização dos testes e compromete os resultados (FERRAZ e CALVI, 2010).

A análise de sementes de espécies florestais visa a obtenção de informações, atualmente escassas, que expressem a qualidade fisiológica das sementes, tanto para sua preservação como para a utilização dessas espécies vegetais para os mais variados interesses (MONDO et al., 2008).

Estudar a ecofisiologia da germinação permite a compreensão dos processos que regulam a longevidade das sementes e o estabelecimento de plântulas em condições naturais (SILVA et al., 2002).

Espécies silvestres possuem ampla variabilidade genética em suas sementes, resultando em grande variedade de características morfofisiológicas determinantes no comportamento fenológico dos indivíduos da mesma espécie. Estas espécies estão distribuídas em uma ampla extensão geográfica, sujeitando-se a variações edafoclimáticas em escalas espaciais e temporais e, ainda fatores, relacionados ao manejo da coleta e pós-coleta, são capazes de influenciar a qualidade fisiológica das sementes. Estes fatores exigem cautela na definição de um padrão que seja característico para cada espécie, especialmente a respeito das sementes e seu comportamento germinativo (WIELEWICKI et al., 2006).

Fatores intrínsecos, ambientais e por práticas de manejo na produção e colheita influenciam na velocidade, na porcentagem e na uniformidade da germinação de sementes. Dentre os fatores ambientais destacam-se a água, temperatura, oxigênio e luz. (MARCOS FILHO, 2005; SANTOS e ASPERTI, 2006; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

A temperatura interfere diretamente no processo germinativo, tanto na velocidade quanto na uniformidade, por atuar na velocidade de absorção de água e na velocidade das reações bioquímicas, que vão desdobrar, ressintetizar e transportar para o eixo embrionário, as substâncias de reserva (KOPPER et al., 2010; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

Na ausência de outros fatores limitantes, a germinação pode ocorrer sob amplos limites de temperatura, entre 15 e 40 °C, sendo que as temperaturas ótimas situam-se entre 20 e 30 °C. Estas variações dependem das características genéticas da espécie, das condições do ambiente durante a produção, do manejo na colheita e da sanidade. Quanto maior a amplitude de temperatura, mais ampla é a distribuição



geográfica da espécie em estudo. A faixa ótima de temperatura é aquela em que se obtém máxima germinação no menor tempo possível (MARCOS FILHO, 2005; SANTOS NETO et al., 2008; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

Cabral et al. (2003), descreveram que o efeito da temperatura sobre a germinação tem especial importância para a ecologia de populações. Para as sementes germinarem, suas temperaturas cardiais devem se assemelhar às condições do ambiente que assegurem rápido desenvolvimento para as plântulas.

Para as espécies florestais nativas, as temperaturas ótimas para germinação situam-se entre as temperaturas cardiais de 15 e 30 °C, as quais se relacionam com as temperaturas das regiões de origem da espécie, na época favorável para a germinação (MONDO et al., 2008). Em espécies tropicais, a taxa de germinação declina drasticamente abaixo dos 14 °C e abaixo dos 10 °C a germinação cessa (FENNER e THOMPSON, 2005).

Existem espécies cujo processo germinativo é favorecido quando as sementes são submetidas à temperatura constante, outras à alternância de temperatura ou ainda por um intervalo amplo de temperatura (MONDO et al., 2008).

Segundo Fenner e Thompson (2005), em muitas espécies, a germinação é reduzida ou não ocorre em temperatura constante e é, frequentemente, aumentada com a alternância de temperatura, enquanto que a resposta à alternância parece depender da presença na semente de, pelo menos, uma forma ativa de fitocromo e também da presença de luz para hever resposta do fitocromo.

Embora a germinação no campo é, certamente, promovida pelas alternâncias de temperaturas (já que um aumento na temperatura é sempre seguido, geralmente, mais cedo ou mais tarde, por uma queda correspondente), experimentos de laboratório sugerem que as sementes respondem apenas ao aumento das temperaturas (FENNER e THOMPSON, 2005).

Para Vazquez-Yanes e Orozco-Segovia (1993), a indução da germinação de sementes que requerem alternâncias de temperatura pode ser devido ao efeito da mesma na cinética enzimática interna das sementes, que permite modificações na bioquímica das células e desencadeia a germinação.

Fowler e Martins (2001), recomendaram a utilização de temperaturas entre 20 e 30°C para a realização do teste de germinação de sementes de espécies florestais e quando temperaturas alternadas forem utilizadas, deve-se utilizar fotoperíodo de

16 horas para as temperaturas mais baixas e 8 horas para as temperaturas mais altas.

## 2.4 VIGOR DE SEMENTES

A crescente demanda por sementes e mudas de espécies lenhosas nativas, deve-se, em grande parte, à atuação mais rigorosa dos órgãos de fiscalização, em cumprimento da legislação ambiental. A necessidade de revegetar áreas de preservação permanente e outras, degradadas pela própria intervenção humana é urgente (SANTOS e PAULA, 2009).

Há preocupação por parte dos pesquisadores e tecnologistas de sementes, sobretudo dos que trabalham com espécies florestais, em conduzir estudos que forneçam informações sobre a qualidade das sementes, especialmente no que diz respeito à padronização, aperfeiçoamento e estabelecimento dos métodos de análise (ALVES et al., 2013).

A utilização de sementes florestais de baixa qualidade para a produção de mudas tem como consequência a necessidade de ressemeadura; e esta operação é extremamente prejudicial porque, além de onerar o processo de produção pela aquisição de nova quantidade de sementes e por repetir a operação, pode haver a perda da época mais recomendada para a sementeira (LIMA JR et al., 2010).

A qualidade de um lote de sementes é resultante da interação de várias características, relacionadas à natureza genética, física, fisiológica e de sanidade e constitui o principal foco de estudos da tecnologia de sementes (MARCOS FILHO, 2005).

Em sementes, a qualidade determina o potencial de desempenho destas, durante o armazenamento e após a sementeira, produzindo mudas vigorosas. Este potencial de desempenho também pode ser chamado de potencial fisiológico.

Informações sobre a germinação ou viabilidade e o vigor das sementes determinam o seu potencial fisiológico. A viabilidade de um lote de sementes é determinada pela proporção das que podem produzir plântulas normais, em condições favoráveis para o seu desenvolvimento (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). Já, Fowler e Martins (2001), definiram a longevidade como o intervalo de

tempo durante o qual a semente se mantém viável, podendo variar entre as espécies, e sendo fortemente alterada pelas condições ambientais.

Já o termo vigor surgiu para identificar o comportamento das sementes em campo ou durante o armazenamento, porque lotes de sementes da mesma espécie, com capacidade de germinação semelhante, podem apresentar diferenças no estabelecimento do “stand” no campo, ou apresentar diferentes capacidades de armazenamento (MARCOS FILHO, 2005; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

Vigor não é uma característica palpável e foi introduzido devido à inexistência de parâmetros eficientes para elucidar dúvidas sobre o desempenho das sementes quando expostas a condições desfavoráveis do ambiente (MARCOS FILHO, 1999; MARCOS FILHO, 2005).

De acordo com Marcos Filho (1999), os testes de vigor são ferramentas importantes para avaliação da qualidade fisiológica das sementes, mas o uso de apenas um teste de vigor pode gerar informações incompletas. Assim, a tendência predominante é a combinação de testes para obter informações mais consistentes.

A aplicação dos testes de vigor em sementes de espécies florestais é uma prática que permite estimar características para diferentes objetivos. A simplicidade, inerente a vários destes testes, aliada aos bons resultados, tornam sua utilização promissora em vários campos de pesquisa. Comparações de vigor de sementes entre matrizes, progênies e procedências, oferecem ao pesquisador dados adicionais na fase inicial de um programa de melhoramento ou conservação genética. A divulgação de sua metodologia tornará, com certeza, mais difundida a sua aplicação no campo das ciências florestais (SANTOS e PAULA, 2009).

Pesquisas indicam que os testes de vigor em sementes de espécies florestais não possuem a mesma precisão, encontrada nas espécies agrícolas. Isso se deve, principalmente, pela ampla base genética dos lotes de sementes. A ampla base genética é explicada pela variação na maturidade das sementes, no ato da coleta, e no grau de dormência, presentes nas espécies florestais, como também pela mistura de sementes de diversas matrizes (BONNER, 1998).

Estudos realizados com várias espécies florestais têm demonstrado que a maturação de frutos e sementes exerce efeito sobre a germinação e o vigor das mesmas, apresentando diferenças no desempenho de seus lotes, contribuindo, desfavoravelmente, para a sua homogeneidade (DUARTE et al., 2006).

Com base neste histórico, ainda há necessidade de realização de mais estudos para o desenvolvimento de tecnologia específica para as sementes de espécies florestais nativas.

## 2.5 PROCEDÊNCIA DAS SEMENTES

Uma grande parte das sementes, utilizadas em programas de restauração florestal, é coletada em poucas regiões do país. O grande problema, relacionado a este fato é a introdução de material genético diferente do material local, aumentando a variabilidade genética (HIGA e SILVA, 2006).

A maioria dos fatores ambientais pode ter mais de um efeito sobre o desempenho das sementes que são influenciadas pela lembrança genética de seu local de origem (HEYDECKER, 1972). O fato é que as sementes de plantas da floresta tropical, como as de qualquer outra comunidade de plantas, possuem um conjunto de características morfológicas e fisiológicas que podem, em parte, refletir respostas às pressões seletivas do meio ambiente ou em ambientes que envolvam o seu passado (VAZQUEZ-YANES e OROZCO-SEGOVIA, 1993).

As diferenças no comportamento da germinação de lotes de uma mesma espécie são influenciadas por fatores como a localidade de coleta ou história prévia das plantas-mãe, a duração e as condições de conservação das sementes antes da semeadura, e os fatores físicos do ambiente após a semeadura, como qualidade da luz, intensidade ou duração, tensão de umidade ou natureza do substrato de germinação (THOMPSON, 1972).

Segundo Labouriau (1983), a distribuição geográfica de muitas plantas é determinada, entre outros fatores, pela faixa de condições ambientais toleradas para a germinação de suas sementes. Dessa forma, estudos que abordam a fisiologia da germinação podem contribuir para explicar peculiaridades biogeográficas de espécies nativas, permitindo o entendimento do estabelecimento destas plantas em determinado habitat.

Ladeia et al. (2012), relataram que sementes de diferentes populações podem manifestar variabilidade genética, resultando em diferentes comportamentos germinativos. Espécies florestais nativas comportam grande variabilidade genética, o que resulta em ampla variação nas características morfológicas e fisiológicas que,

por sua vez, são determinantes no comportamento ecológico dos indivíduos (SARMENTO e VILLELA, 2010).

Pelo fato das espécies florestais estarem distribuídas em uma grande extensão geográfica, estão sujeitas às variações edafoclimáticas, em escalas espacial e temporal (SARMENTO e VILLELA, 2010).

Espécies florestais com ampla distribuição geográfica podem desenvolver ecótipos distintos que diferem em determinadas características, como diâmetro, altura, exigências de fotoperíodo, duração do período vegetativo, resistência ao frio, à seca e a doenças. Estas diferenças são reguladas geneticamente e transferidas para as sementes (STURION, 1984).

Os estudos sobre procedências ou diferentes locais de coleta detectam a variabilidade genética dentro da mesma espécie, os fatores que interferem nesta variabilidade, os fatores do ambiente e também as reações das diferentes populações. Pode-se distinguir, na atividade florestal, vários níveis de interação entre os fatores como, por exemplo, genótipo  $\times$  ambiente, procedências  $\times$  ambientes, e espécies  $\times$  ambientes, sendo que, quando as procedências são avaliadas, as interações são fáceis de se detectar porque diferenças são notadas em pequenas variações ambientais (BOTEZELLI et al., 2000)

Mora et al. (1981) e Sturion (1984), destacaram que a localização geográfica da planta-mãe influencia na produção das sementes tanto do ponto de vista quantitativo como qualitativo. Esta influência acontece devido às diferenças de temperatura, altitude, latitude, longitude, fotoperíodo, direção e velocidade do vento, regime de chuvas e características do solo entre os diferentes locais de produção. Todas estas características são responsáveis pela formação de diferentes ecótipos em cada localidade distinta.

Sebbenn et al. (2007), em trabalho com sementes *B. riedelianum*, de três diferentes procedências, conservadas *ex situ* e depois plantadas em banco de germoplasma, no interior de São Paulo, constataram diferenças significativas para os caracteres DAP, forma do fuste e volume, sugerindo que existe variação genética entre as procedências conservadas *ex situ*.

A importância de se trabalhar com frutos e sementes oriundos de diferentes localidades geográficas consiste em constatar as diferenças fenotípicas, determinadas pelas variações ambientais. Portanto, mesmo pertencendo a uma

mesma espécie, em cada localidade, as sementes estão sujeitas a variações de temperatura, comprimento do dia, índices de pluviosidade e outras variantes que acabam por ressaltar certos aspectos de sua composição genética, ou seja, o meio se torna adequado para expressão de determinadas características que, em outro local, não se manifestariam. Estudando procedências distintas, é possível captar várias expressões do genótipo, possibilitadas pelas condições ambientais adequadas (BOTEZELLI et al., 2000).

## 2.6 EQUAÇÕES DE LONGEVIDADE

A determinação da viabilidade e do vigor das sementes após o beneficiamento, não é suficiente para estimar mudanças da qualidade fisiológica durante o armazenamento. Portanto, para prever a longevidade de sementes em condições controladas de temperatura do ambiente e grau de umidade da semente, Roberts (1973) determinou a equação básica de viabilidade, a princípio para sementes de trigo e arroz e, posteriormente, sua aplicação estendeu-se a um grande número de espécies, inclusive para espécies lenhosas.

As equações para estimar a longevidade das sementes teve início com Roberts, em 1973, continuando com Ellis e Roberts em 1980, Ellis e Roberts em 1981 e Nellist em 1981. Estes autores estimaram a longevidade de sementes ortodoxas em condições de armazenamento, utilizando os valores de temperatura do ambiente de armazenamento e grau de umidade das sementes, para a elaboração de equações logarítmicas (ROBERTS, 1973; TEIXEIRA, 2010).

Roberts (1973) identificou em vários estudos que a deterioração das sementes até a morte poderia ser modelada por uma distribuição normal, ao longo do período de armazenamento. Verificou, também, que os valores de viabilidade, em porcentagem de sementes germinadas, poderiam ser transformados em probit (ANDREOLI 2004; MARCONDES et al., 2007; TEIXEIRA, 2010). Segundo Vicent (2013), probit é um tipo de regressão utilizada para analisar variáveis com resposta binomial, a qual transforma a curva sigmoide em uma linha reta, permitindo assim os dados serem analisados por meio de regressão através dos mínimos quadrados.

A primeira equação proposta por Roberts, para estimar a longevidade foi:

— Equação (1)

Onde:

= porcentagem de viabilidade das sementes (%), após período de armazenamento;

= constante que quantifica a viabilidade inicial do lote de sementes;

= tempo de armazenamento em dias;

= desvio padrão do número de sementes mortas em relação ao tempo.

A Equação (1) foi modificada por Ellis e Roberts em 1980, com o intuito de acrescentar confiabilidade, utilizando a temperatura e o grau de umidade das sementes para descrever a viabilidade das mesmas durante o armazenamento (ANDREOLI 2004; MARCONDES et al., 2007; TEIXEIRA, 2010). A versão melhorada está representada na Equação (2):

————— Equação (2)

Sendo:

= porcentagem de viabilidade das sementes (%), após período de armazenamento;

= tempo de armazenamento em dias;

= constante que quantifica a viabilidade inicial do lote de sementes;

= constante relacionada com a espécie;

= grau de umidade das sementes (em base úmida);

= temperatura de armazenamento (°C);

= constante que descreve o efeito relativo da umidade na longevidade;

e = constantes que descrevem o efeito da temperatura de armazenamento na longevidade.

A Equação (2) prevê a porcentagem de germinação, esperada para qualquer lote de sementes, durante o armazenamento, para diferentes valores de temperatura e grau de umidade das sementes, maneira relativamente simples e precisa (HONG e ELLIS, 2003; TEIXEIRA, 2010).

Segundo Chaves e Usberti (2003) e Hong e Ellis (2003), a Equação (2) baseia-se em quatro características essenciais da fisiologia de sementes:

- a) embora a sobrevivência de lotes de sementes ou cultivares possa ser diferente quando armazenados sob condições idênticas, as curvas de sobrevivência são sigmóides simétricas, podendo ser descritas pela distribuição normal negativa cumulativa, tendo o mesmo desvio padrão em qualquer combinação de temperatura e grau de umidade;
- b) a diferença relativa entre os lotes de sementes é mantida em todas as condições ambientais de armazenamento, em função do efeito relativo sobre a longevidade, pois qualquer alteração na temperatura ou grau de umidade é a mesma para todos os lotes;
- c) existe uma relação logarítmica negativa entre a longevidade e o grau de umidade das sementes; e
- d) a longevidade da semente aumenta exponencialmente com o decréscimo na temperatura, de tal modo que o Q10 (coeficiente de temperatura para mudança na taxa de perda de viabilidade para cada 10 °C de aumento na temperatura) aumenta com a temperatura.

A aplicação da equação de viabilidade das sementes (Equação (2)) revela que a qualidade inicial das sementes ( ), desempenha um importante papel na garantia da sobrevivência das sementes durante o armazenamento. Quanto maior o valor de mais será longo o período de manutenção da viabilidade para um determinado ambiente de armazenamento. As temperaturas nas quais a Equação (2) poderia ser aplicada variam entre -13°C e 90°C (HONG e ELLIS, 2003).



Segundo Lopes (2007), os valores da constante  $k$  variam conforme a espécie, sendo que espécies lenhosas possuem valores menores quando comparados com espécies não lenhosas.

Já, para Teixeira (2010), quando combinadas, as constantes  $k$  e  $n$  refletem a sensibilidade da longevidade relacionada à temperatura e esta relação quantitativa entre longevidade da semente e a temperatura não varia entre espécies, podendo ser aceitos os valores de  $k = 0,0329$  e  $n = 0,000478$ .

Andreoli (2004) propôs um modelo simplificado para prever germinação de soja e milho armazenados em ambiente não controlado (Equação (3)), conforme exposto abaixo:

### Equação (3)

Onde:

$V_0$  = viabilidade das sementes em 'probit';

$V_i$  = germinação inicial em 'probit';

$k$  = taxa de deterioração da semente para cada espécie;

$t$  = período de armazenamento (dias).

A constante  $k$  é específica de cada espécie e das condições ambientais do armazém, mas independe do genótipo e da qualidade inicial da semente.  $V_0$  é específico a cada lote de sementes e é a medida da sua qualidade inicial. Desde que  $V_0$  seja, de fato, a porcentagem de viabilidade em 'probit' no início do armazenamento, é possível estimar seu valor por meio do teste de germinação antevendo o armazenamento (ANDREOLI, 2004).

Sementes ortodoxas tem sua longevidade mantida de maneira específica e previsível, dentro de uma gama de condições ambientais. Logo, o desenvolvimento de equações é importante para predizer a longevidade e o período de conservação destas sementes em bancos de germoplasmas, bem como a sua sensibilidade ao

grau de umidade e temperatura no ambiente de armazenamento (VALOIS, 1996; LOPES, 2007).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M. M. et al. Germinação e vigor de sementes de *Clitoria fairchildiana* Howard (Fabaceae) em função da coloração do tegumento e temperaturas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 216-223, Jan./Feb. 2013.
- ANDREOLI, C. Simplificação da equação de viabilidade para predizer a longevidade de sementes de milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 911-917, set. 2004.
- AZEREDO, G. A. et al. Germinação em sementes de espécies florestais da mata atlântica (leguminosae) sob condições de casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 33, n. 1, p. 11-16, 2003.
- BONNER, F.T. Testing tree seeds for vigor: A Review. **Seed Technology**, Sacramento, v. 20, n. 1, p. 5-17, 1998.
- BOTEZELLI, L.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. M. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* VOGEL (BARU). **Cerne**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 09-18, 2000.
- BOTELHO, S.A.; CARNEIRO, J. G. A. Influência da umidade, embalagens e ambientes sobre a viabilidade e vigor de sementes de pau-santo (*Kielmeyera coriacea* MART.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 14, n. 1, p. 41-46, 1992.
- BRADFORD, K. J.; NONOGAKI, H. **Seed development, dormancy and germination**. Annual plant reviews. Oregon: Blackwell Publishing, 2007. 367 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/LANARV. 2009. 398 p.
- CABRAL, E. L.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Armazenamento e germinação de sementes de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. F. Ex. S. Moore. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 17, n. 4, p. 609-617, 2003.
- CARVALHO, L. R.; SILVA, E. A. A.; DAVIDE, A. C. Classificação de sementes florestais quanto ao comportamento no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina v. 28, n. 2, p.15-25, 2006.
- CARVALHO, P. E. R. Pau-Marfim - *Balfourodendron riedelianum*. **EMBRAPA**, Colombo, PR, Circular Técnica, n. 93, 11 p. dez. 2004.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep. 2012. 590 p.
- CHAVES, M. M. F.; USBERTI, R. Previsão da longevidade de sementes de faveiro (*Dimorphandra mollis* Benth.). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 557-564, out.-dez. 2003.

CHEROBINI, E. A. I. **Avaliação da qualidade de sementes e mudas de espécies florestais nativas**. 2006. 115 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

CRUZ, E. D. **Armazenamento de sementes de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum.)**. 2006. 66 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ/USP, Piracicaba, 2006.

DUARTE, E. F. et al. Germinação e vigor de sementes de cagaita (*Eugenia dysenterica* MART. ex DC.) em função de seu tamanho e tipo de coleta. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 3, p. 173-179, 2006.

ELLIS, R.H.; ROBERTS, E.H. Improved equations for the prediction of seed longevity. **Annals of Botany**, Oxford, v. 45, p. 13-30, 1980.

FARIAS, J. A. C.; OLIVEIRA, O. S. O.; FRANCO, E. T. H. Crescimento inicial de guatambu, *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl., em diferentes intensidades luminosas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 69-86, 1995.

FENNER, M.; THOMPSON, K. **The ecology of seeds**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 250 p.

FERRAZ, I. D. K.; CALVI, G. P. Teste de germinação. In: LIMA JR, M. J. V. (Ed.) **Manual de procedimentos para análise de sementes florestais**. UFAM – Manaus, Amazônia, Brasil. 2010. 146 p.

FERREIRA, A. G.; BORGUETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.

FERREIRA, C. A. R.; FIGLIOLIA, M. B.; ROBERTO, L. P. C. Ecofisiologia da germinação de sementes de *Calophyllum brasiliensis* Camb. **Instituto Florestal Série Registros**, São Paulo, n. 31, p. 173-178, jul. 2007.

FOSSATI, L. C. **Ecofisiologia da germinação das sementes em populações de *Ocotea puberula* (Rich.) Ness, *Prunus sellowii* Koehne E *Piptocarpha angustifolia* Dusén Ex Malme**. 2007. 193 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná – Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Curitiba, 2007.

FOWLER, J. A. P.; MARTINS, E. G. Manejo de sementes de espécies florestais. **EMBRAPA**, Colombo, PR, Documento, n. 58, 71 p. nov. 2001.

HIGA, A. R.; SILVA, L. D. **Pomar de sementes de espécies florestais nativas**. Curitiba: FUPEF. 2006. 266 p.

HEYDEKER, W. **Seed ecology**. London: University of Nottingham, 1972. 578 p.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. S. In: VOZZO, J. A. **Tropical tree seed manual**. Washington: United States Department of Agriculture/Forest Service. 2003. p. 125-136.

KAGEYAMA, P. Y. et al. **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. 340 p.

KOPPER, A. C.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 160-165, 2010.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. Washington, 1983. 174 p.

LADEIA, E. S. et al. Procedência do fruto e substratos na germinação de sementes de *Pseudobombax longiflorum* (Mart. et Zucc.) A. Robyns. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 174-180, abr-jun. 2012.

LIMA JR, M. J. V. et al. Análise de sementes. In: LIMA JR, M. J. V. (Ed.) **Manual de procedimentos para análise de sementes florestais**. UFAM – Manaus, Amazônia, Brasil. 2010. 146 p.

LOPES, J. F. **Equacionamento da longevidade de sementes de tomate**. 2007. 56 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

LORENZI, H. Árvores Brasileiras: **Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. 3. ed. Vol.1. Ed. Plantarum, Nova Odessa-SP, 2000, 352 p.

MARCONDES, M. C.; ANDREOLI, C.; MIGLIORANZA, E. Equação de viabilidade para determinar a longevidade de sementes de trigo sob condições diferenciadas em armazenamento convencional. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 202-207, 2007.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Comitê de Vigor de Sementes. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

MEDEIROS, A. C. S. Armazenamento de sementes de espécies florestais nativas. **EMBRAPA**, Colombo, PR, Documento, n. 66, 22 p., dez. 2001.

MONDO, V. H. V. et al. Teste de germinação de sementes de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (Fabaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p.177-183, 2008.

MORA, A. L. et al. Aspectos da produção de sementes de espécies florestais. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais – Série Técnica**, Piracicaba, v. 2, n. 6, p. 1-60, jun. 1981.

OLIVEIRA, A. K. M.; SCHLEDER, E. D.; FAVERO, S. Caracterização morfológica, viabilidade e vigor de sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 25-32, 2006.

ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 4, p. 499-514, 1973.

SANTOS, M. R. O.; ASPERTI, L. M. Viveiros florestais: da análise de sementes à produção de mudas de espécies nativas. In: BARBOSA, L.M. (Coord.) **Manual para recuperação de áreas degradadas do Estado de São Paulo: Matas Ciliares do Interior Paulista**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2006. p. 85-105.

SANTOS NETO, A. L. et al. Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de sambacaitá (*Hyptis pectinata* (L.) Poit). **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 14, n. 4, p. 19-26, out-dez, 2008.

SANTOS, S. R. G. S.; PAULA, R. C. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 81, p. 007-016, mar. 2009.

SARMENTO, M. B.; VILLELA, F. A. Sementes de espécies florestais nativas do Sul do Brasil. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 20, n. 1-2, p. 39-44, 2010.

SEBBENN, A. M. et al. Conservação *ex situ* e pomar de sementes em banco de germoplasma de *Balfourodendron riedelianum*. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 101-112, dez. 2007.

SILVA, L. M. M.; RODRIGUES, T. J. D.; AGUIAR, I. B. Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 691-697, 2002.

SILVA, L. L.; PAOLI, A. A. S. Morfologia e anatomia da semente de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler – Rutaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 16-20, 2006.

SOUZA, V. C.; BRUNO, R. L. A.; ANDRADE, L. A. Vigor de sementes armazenadas de ipê-amarelo *Tabebuia serratifolia* (Vahl.) Nich. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 833-841, 2005.

STURION, J. A. **Influência da procedência e do tamanho de sementes de *Mimosa scrabella* Benth. na sobrevivência e crescimento de mudas no viveiro e após o plantio**. 1984. 97 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1984.

TEIXEIRA, J. M. **Análise Bayesiana do modelo de Ellis e Roberts para estimar a viabilidade de sementes de café armazenadas**. 2010. 80 f. Tese (Doutorado em

Estatística e Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

THOMPSON, P. A. Geographical adaptation of seeds. In: HEYDEKER, W. (Ed.) **Seed ecology**. London: University of Nottingham, 1972. p. 31-58.

VALOIS, A. C. C. Conservação de germoplasma vegetal “ex situ”. In: PERIGNAU, J. P. (Ed.) **Conservación de germoplasma vegetal**. Montevideo: II CA – Procisus, 1996. p. 7-12.

VAZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, New York, v. 24, p. 69-87, 1993.

VINCENT, K. **Probit Analysis**. Disponível em:<  
<http://userwww.sfsu.edu/efc/classes/biol710/probit/ProbitAnalysis.pdf> >. Acesso em 20 de jun. 2013.

WIELEWICKI , A. P. et al. Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes na Região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 3, p.191-197, 2006.

## ARTIGO 1 EFEITO DA TEMPERATURA NA GERMINAÇÃO DE *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, PARA DIFERENTES PROCEDÊNCIAS DE SEMENTES

### RESUMO

O *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler é uma espécie lenhosa nativa, de importância econômica, paisagística e ecológica, popularmente conhecida como pau marfim. Objetivou-se, neste estudo, identificar a temperatura ideal para germinação e determinar o potencial fisiológico de sementes desta espécie, colhidas de diferentes procedências. Foram estudadas sementes, colhidas em Marechal Cândido Rondon, Entre Rios do Oeste e Diamante D'Oeste/PR. Para avaliação da germinação, foram utilizadas duas temperaturas, 25 °C constante e 20-30 °C alternada, com fotoperíodo de 16-8 horas, e como substrato o papel tipo germitest.. Armazenou-se, por 360 dias, os frutos em embalagem de vidro com capacidade para 500 ml, vedada com fita adesiva e em ambiente com controle de temperatura. O delineamento, utilizado, foi inteiramente casualizado em fatorial 2x3x5 (2 temperaturas de germinação, 3 procedências e 5 períodos de armazenamento). Foram avaliadas as variáveis: comprimento dos frutos, porcentagem de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, grau de umidade, massa de mil frutos e comprimento de plântulas. Os períodos de armazenagem foram: 0, 90, 180, 270 e 360 dias após o beneficiamento dos frutos. A germinação das sementes de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, não sofreu efeito da temperatura constante de 25 °C, quando comparadas com temperaturas alternadas de 20-30 °C. O comprimento das plântulas de pau marfim, não foi influenciado pela temperatura de 25 °C constante e pela temperatura alternada de 20-30 °C, a partir de 90 dias de armazenamento. Entre as procedências, a de Entre Rios do Oeste destacou-se das demais aos 0 e 360 dias, quando apresentou as maiores velocidades de germinação.

**Palavras-chave:** Pau marfim. Temperatura de germinação. Sementes. Nativa.



## ABSTRACT

The *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler is a native woody species of economic, ecological and landscape importance, popularly known as ivory wood. The purpose of this study was to identify the optimum temperature for germination and to determine the physiological quality of this species collected from different sources. Seeds collected in Marechal Cândido Rondon, Entre Rios do Oeste and Diamante D'Oeste / PR were studied. For germination evaluation, two temperatures, constant 25 °C and alternating 20-30 °C with a photoperiod of 16-8 hours, and as substrate germitest paper. It was stored during 360 days were used, the fruits in glass packaging capacity of 500 ml, sealed with tape and a room with controlled temperature. The experimental design used was completely randomized in a factorial 2x3x5 (2 germination temperatures, 3 provenances and 5 storage periods). The following variables were evaluated: fruit length, percentage of germination, first count of germination, germination velocity index, moisture content, weight of thousand fruit and seedling length. Storage periods were 0, 90, 180, 270 and 360 days after fruit processing. The germination seeds of *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, was not affected by constant temperature of 25 °C compared with temperatures of 20-30 °C. The seedling length ivory wood was not influenced by temperatures of 25 °C constant and alternating temperature of 20-30 °C, from 90 days of storage. Between provenances, Entre Rios do Oeste stood out from the others to 0 and 360 days when it presented the highest rate of germination.

**Keywords:** Ivory wood. Germination temperature. Seeds. Native.

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente conscientização da sociedade para os problemas ecológicos, relacionados com a exploração dos recursos florestais, através da extração de matéria prima para vários fins, vem causando um considerável aumento na atividade de fiscalização e cumprimento das legislações ambientais e elevando, nos últimos anos, a demanda por sementes e mudas de espécies nativas para reposição florestal (AZEREDO et al., 2003).

O *Balfoufodendron riedelianum* (Engler) Engler, também conhecido como pau marfim, é uma espécie de grande importância para flora brasileira, podendo ser encontrada em grande área de distribuição no território brasileiro, desde Minas Gerais até o Rio Grande do Sul (CARVALHO, 2004; SILVA e PAOLI, 2006).

A maioria dos fatores ambientais pode ter mais de um efeito sobre o desempenho das sementes que são influenciadas pela lembrança genética de seu local de origem (HEYDECKER, 1972).

O fato é que as sementes de plantas da floresta tropical, como as de qualquer outra comunidade de plantas, possuem um conjunto de características morfológicas e fisiológicas que podem, em parte, refletir respostas às pressões seletivas do meio ambiente ou em ambientes que envolvam o seu passado (VAZQUEZ-YANES e OROZCO-SEGOVIA, 1993).

As diferenças no comportamento da germinação de lotes de uma mesma espécie são influenciadas por fatores como a localidade de coleta ou história prévia das plantas-mãe, a duração e as condições de conservação das sementes antes da semeadura, e os fatores físicos do ambiente após a semeadura, como qualidade da luz, intensidade ou duração, tensão de umidade ou natureza do substrato de germinação (THOMPSON, 1972).

Mora et al. (1981) e Sturion (1984), destacaram que a localização geográfica da planta-mãe influencia na produção das sementes tanto do ponto de vista quantitativo como qualitativo. Esta influência acontece devido às diferenças de temperatura, altitude, latitude, longitude, fotoperíodo, direção e velocidade do vento, regime de chuvas e características do solo entre os diferentes locais de produção. Todas estas características são responsáveis pela formação de diferentes ecótipos em cada localidade distinta.

Um grande número de espécies florestais, especialmente as nativas, apresenta germinação lenta, irregular ou nula, mesmo quando coletadas adequadamente e sob condições ambientais favoráveis à germinação, fato este diretamente ligado à fisiologia das sementes. Durante a germinação ocorre uma sequência de eventos fisiológicos e bioquímicos que são influenciados pela temperatura, luz e ausência de luz. Portanto, torna-se imprescindível estudar a influência desses fatores para compreender o processo germinativo das espécies de diferentes grupos ecológicos (FERREIRA et al., 2007).

Os estudos de germinação de sementes são, geralmente, realizados dentre outros objetivos, para ampliar os conhecimentos sobre o comportamento fisiológico da espécie e suas respostas aos fatores ambientais. O teste de germinação indica a capacidade de produzir plântulas normais. Cada espécie exige condições específicas para a realização do teste, necessárias para as sementes expressarem o máximo potencial fisiológico (FOSSATI, 2007).

A análise de sementes de espécies florestais visa a obtenção de informações, atualmente escassas, que expressem a qualidade fisiológica das sementes, tanto para sua preservação como para a utilização dessas espécies vegetais para os mais variados interesses (MONDO et al., 2008).

Estudar a ecofisiologia da germinação permite a compreensão dos processos que regulam a longevidade das sementes e o estabelecimento de plântulas em condições naturais (SILVA et al., 2002).

A temperatura interfere diretamente no processo germinativo, tanto na velocidade quanto na uniformidade, por atuar na velocidade de absorção de água e na velocidade das reações bioquímicas, que vão desdobrar, ressintetizar e transportar para o eixo embrionário, as substâncias de reserva (KOPPER et al., 2010; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

Cabral et al. (2003), descreveram que o efeito da temperatura sobre a germinação tem especial importância para a ecologia de populações. Para as sementes germinarem, suas temperaturas cardiais devem se assemelhar às condições do ambiente que assegurem rápido desenvolvimento para as plântulas.

Neste contexto, é de fundamental importância, testar diferentes temperaturas de germinação em sementes de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, visando a padronização para o teste de germinação e determinar o potencial

fisiológico de sementes da mesma espécie, colhidas de diferentes procedências, visando à caracterização de populações das espécies lenhosas nativas.

Portanto, objetivou-se, neste estudo, identificar a temperatura ideal para germinação e determinar o potencial fisiológico de sementes de pau marfim, colhidas de diferentes procedências.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO**

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Sementes e Mudanças da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, campus de Marechal Cândido Rondon, PR.

### **2.2 MATERIAL VEGETAL**

A espécie utilizada neste trabalho foi o *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, popularmente conhecida como pau marfim (RNC: 23531).

### **2.3 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE COLETA DOS FRUTOS E DAS MATRIZES**

Os frutos de pau marfim foram coletados manualmente, em julho de 2011, de 15 matrizes previamente marcadas dentro do convênio UNIOESTE/ITAIPU BINACIONAL.

As matrizes foram escolhidas de acordo com os seguintes critérios: a espécie ser preferencialmente nativa da floresta estacional semidecidual; estar localizada em fragmento de floresta nativa; ser de porte adulto (com floração/frutificação aparente); matrizes de uma mesma espécie, distantes pelo menos 500 m entre si.

Foram selecionados os frutos maduros, coletados em três localidades da região Oeste do Paraná: Marechal Cândido Rondon, Diamante D'Oeste e Entre Rios do Oeste. A mistura dos frutos das matrizes de cada município foi considerada como procedência.

As três localidades apresentam Clima Subtropical Úmido (tipo Cfa) segundo classificação de Köppen, com temperatura média no mês mais frio inferior a 18 °C e temperatura média, no mês mais quente, acima de 22 °C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. Predominam solos do tipo Latossolo Roxo Eutrófico, argiloso, profundo e de boa drenagem.

A altitude média é de 420 metros e as coordenadas geográficas 24°33'24" latitude sul e 54°03'24" longitude oeste para Marechal Cândido Rondon, 514 metros e 24°56'46" S e 54°06'13" O para Diamante D'Oeste e 253 metros e 24°42'24" S e 54°14'36" O para Entre Rios do Oeste, respectivamente (IAPAR, 2013).

## 2.4 BENEFICIAMENTO DOS FRUTOS

Após a coleta dos frutos, estes foram secos em local aberto e ventilado, por um período de 15 dias, até atingirem 12% de grau umidade, na Fazenda Experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, campus de Marechal Cândido Rondon, PR, acomodados em armação de madeira e tela, conforme Figura 1.



Figura 1 - Secagem dos frutos sobre armação de madeira e tela.

Fonte: Ignácio (2013).

Depois de secos, realizou-se o beneficiamento manual dos frutos, retirando as alas por meio de fricção mecânica sobre peneira de metal.

## 2.5 ARMAZENAMENTO DOS FRUTOS

Após o beneficiamento, os frutos foram enviados ao Laboratório de Sementes e Mudas da UNIOESTE, campus de Marechal Cândido Rondon, PR, onde foram armazenados em frascos de vidro com tampa, com capacidade de 500 ml, vedados com fita adesiva. Os recipientes foram acomodados em bandejas plásticas e acondicionados em ambiente controlado, até sua utilização.

Este ambiente possuía ar condicionado e desumidificador para controle das condições ambientais e estas variaram entre 14 e 16 °C de temperatura e 65 e 75% de umidade relativa, monitoradas com Data Logger, modelo AK 275.

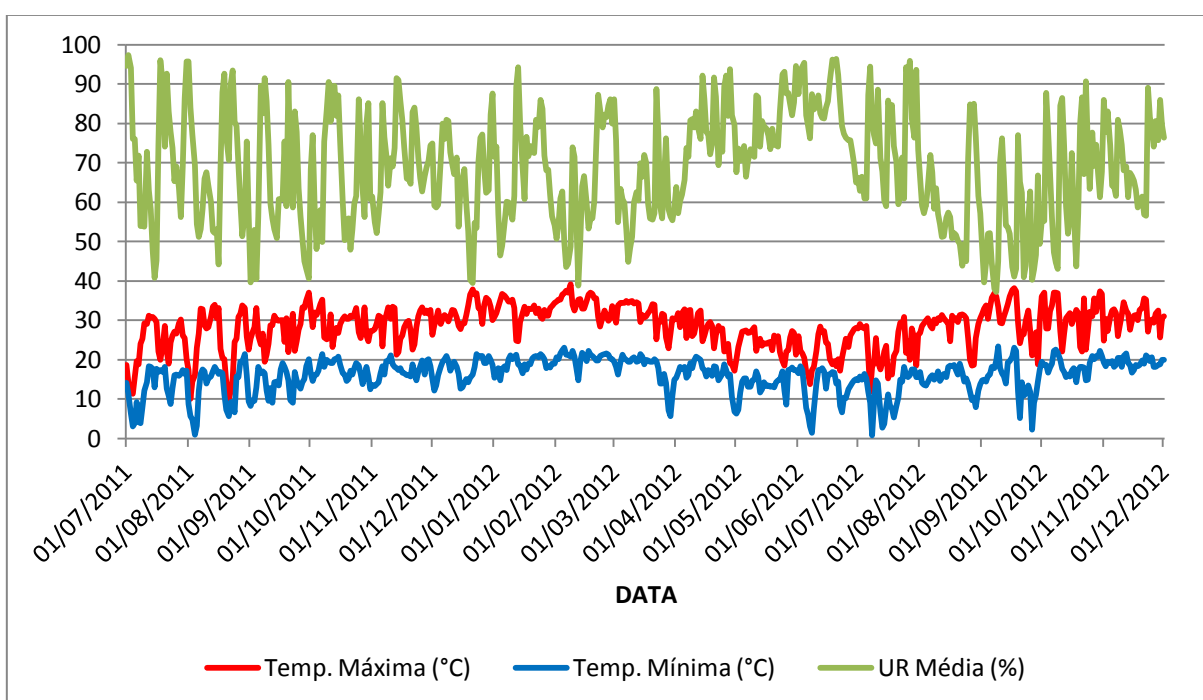


Figura 2 - Dados meteorológicos da Estação Experimental da UNIOESTE no município de Marechal Cândido Rondon, PR

Fonte: UNIOESTE (2013)

## 2.6 AVALIAÇÃO DOS FRUTOS

### 2.6.1 Comprimento dos Frutos

Foi realizada a caracterização morfométrica dos frutos, mensurando as dimensões de comprimento, de cada uma das procedências antes do armazenamento, utilizando-se paquímetro digital e uma amostra composta por 4 repetições de 25 de frutos. Os resultados foram expressos em milímetros.

### 2.6.2 Grau de Umidade e Peso de Mil

Determinou-se o grau de umidade e peso de mil de acordo com os princípios das Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

O grau de umidade foi determinado pelo método da estufa, com temperatura de  $105 \pm 2$  °C durante 24 horas, utilizando-se recipientes, confeccionados com papel alumínio para acomodar as amostras a serem secas e 4 repetições, contendo aproximadamente 2 gramas de sementes por repetição (BOTEZELLI et al., 2000). Após a secagem, as repetições foram transferidas para dessecadores, contendo sílica gel, visando o resfriamento das mesmas e, posteriormente, pesadas em balança digital com precisão de quatro casas decimais. Os resultados foram expressos em porcentagem na base úmida.

Para determinar o peso de mil, utilizou-se 8 repetições, sendo cada uma delas composta por 100 sementes, e estas pesadas em balança digital com precisão de quatro casas decimais. Os resultados foram calculados, multiplicando-se por 10 o peso médio das repetições, e estes, foram expressos em gramas (BRASIL, 2009).

## 2.7 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA

Os frutos são as unidades disseminadoras desta espécie, e para facilitar o entendimento neste trabalho, denominaram-se os mesmos de sementes.

A avaliação da qualidade fisiológica das sementes foi realizada através da análise de germinação, primeira contagem da germinação e do índice de velocidade de germinação, seguindo os princípios das Regras de Análise de Sementes

(BRASIL, 2009). Os frutos são as unidades disseminadoras desta espécie, e para facilitar o entendimento neste trabalho, denominaram-se os mesmos de sementes.

### 2.7.1 Teste de Germinação

O teste de germinação foi conduzido em câmara de germinação do tipo BOD, em duas diferentes temperaturas:  $25\pm 2$  °C constantes e em temperatura alternada  $20-30\pm 2$  °C, ambas com fotoperíodo de 8 horas de luz, associado à temperatura mais alta no caso da temperatura alternada, e 16 horas de escuro, seguindo metodologia proposta por Melo (2009).

Foram utilizadas 4 repetições de 25 sementes por tratamento. Os frutos ficaram submersos em água destilada à temperatura ambiente por período de 24 horas para superação da dormência de acordo com Carvalho (2004).

Os frutos foram dispostos em rolo de papel germitest, umedecido com água destilada na quantidade de 2,5 vezes o peso do papel. Na metade do período de avaliação, o papel foi substituído por outro porque se apresentava em estado deteriorado.

Foram realizadas contagens diárias, a partir da constatação da primeira semente germinada, até cessar a germinação, variando para cada temperatura utilizada. A contagem iniciou-se, aos 20 dias, após a semeadura (PINTO JR, 2010).

Em cada unidade disseminadora encontrou-se mais de uma plântula, mas computou-se apenas primeira.

Para a realização do cálculo da porcentagem de germinação, utilizou-se a Equação (4) (BRASIL,2009):

$$G (\%) = (N/A) \times 100$$

Equação (4)

Onde:

G = porcentagem de germinação;

N = número de sementes germinadas;

A = número total de sementes colocadas para germinar.



### 2.7.2 Primeira Contagem de Germinação

Juntamente com o teste de germinação foi conduzido o teste de primeira contagem de germinação, no qual calculou a porcentagem de sementes germinadas no primeiro dia de contagem, ou seja, 20 dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes germinadas (BRASIL, 2013).

### 2.7.3 Índice de Velocidade de Germinação

O índice de velocidade de germinação também foi conduzido junto com o teste de germinação, realizando-se contagens diárias das sementes germinadas, até cessarem a germinação (NAKAGAWA, 1999). Para o cálculo, utilizou-se o método de Maguire (1962), de acordo com a Equação (5):

$$IVG = \sum P_i / D_i \quad \text{Equação (5)}$$

Sendo:

IVG = índice de velocidade de germinação;

$P_i$  = número de sementes germinadas no  $i$ -ésimo dia de contagem;

$D_i$  = número de dias que as sementes levaram para germinar no  $i$ -ésimo dia e contagem.

### 2.7.4 Avaliação das Plântulas

Ao final do teste de germinação, retiraram-se ao acaso 10 plântulas de cada tratamento e mensurou-se o comprimento das plântulas em centímetros, a partir da plúmula até o final da raiz primária, utilizando-se régua graduada.

Os testes laboratoriais foram realizados aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias, após a coleta dos frutos, caracterizando-se, assim, os períodos de armazenamento.

## 2.8 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE DOS DADOS

O delineamento experimental, utilizado, foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2x3x5 (2 temperaturas de germinação, 3 procedências e 5 períodos de armazenamento).

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade de Lilliefors e Qui-quadrado utilizando-se o programa estatístico GENES, Versão 2009.7.0 (CRUZ, 2006), e por apresentarem distribuição normal não foi necessária nenhuma transformação.

Depois, os dados foram submetidos à análise de variância, seguida do teste de Tukey ( $p > 0,005$ ) para a comparação das médias, utilizando-se o programa estatístico SAEG, Versão 9.1 (SAEG, 2007).

Foi realizada análise de regressão para o comportamento dos fatores analisados dentro dos períodos de armazenamento. Para a construção das curvas de regressão, utilizou-se o programa Excel.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como caracterização inicial, a Tabela 1 apresenta o comprimento, o grau de umidade e a massa de mil de sementes de pau marfim de três procedências.

Destacam-se os frutos da procedência Entre Rios do Oeste, que apresentam maior comprimento e maior massa de mil, seguidos pela procedência Diamante D'Oeste, e Marechal Cândido Rondon, estas com os menores valores (Tabela 1).

Os resultados corroboram com Carvalho (2004), que apresenta os comprimentos dos frutos de pau marfim entre 20 e 25 mm. Este fato deve-se à interferência dos fatores ambientais nas matrizes em que foram coletados os frutos, o que influencia em sua formação morfológica e fisiológica, gerando frutos de tamanhos diferenciados.

Tabela 1 – Caracterização dos frutos de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler de três procedências.

<b>Procedência</b>	<b>Comprimento (mm)</b>	<b>Grau de Umidade (%)</b>	<b>Massa de Mil (gramas)</b>
Marechal Cândido Rondon	20,32 ± 2,08*	12,94 ± 0,29*	329,53 ± 22,25*
Entre Rios do Oeste	26,05 ± 2,45	12,53 ± 0,23	585,37 ± 31,31
Diamante D'Oeste	21,83 ± 2,32	12,23 ± 0,34	450,04 ± 25,63

\* Desvio padrão

Gonzales (2007) destacou o fato de que as características morfométricas das sementes são variáveis em função das condições ambientais durante a formação e desenvolvimento das mesmas e das características genéticas das matrizes. Esta variabilidade quanto aos caracteres biométricos das sementes possibilita a identificação e seleção de matrizes cujas sementes apresentem as características desejadas em termos de tamanho e massa.

Os valores obtidos na avaliação da primeira contagem de germinação não demonstraram normalidade através do teste de Lilliefors, mesmo depois de utilizada a transformação dos dados, por este motivo foram desconsiderados na análise de variância.

Ao interpretar a Análise de Variância (Tabela 2), nota-se que para a variável porcentagem de germinação houve interação significativa entre as procedências das sementes e as temperaturas de germinação, e entre as temperaturas de germinação e o período de armazenamento.

Para índice de velocidade de germinação (Tabela 2), a interação aconteceu entre as procedências e o período de armazenamento das sementes. E para o comprimento de plântulas houve interação entre as temperaturas de armazenamento e os períodos de armazenamento.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância para os dados obtidos de porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação e comprimento de plântula de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, para diferentes procedências de sementes, em função de diferentes temperaturas de germinação.

Causas de Variação	GL	Porcentagem de germinação	
		QM	P <sub>valor</sub>
Temperatura (Temp)	1	51,82	>0,50
Procedência (Proc)	2	3527,76	<0,0001
Período de armazenamento (T)	4	857,01	<0,0001
Temp x Proc	2	284,34	0,0600
Temp x T	4	416,82	0,0034
Proc x T	8	667,17	<0,0001
Temp x Proc x T	8	195,98	0,0551
Resíduo	90	97,93	
C.V. (%)		24,95	
		Índice de velocidade de germinação	
Temperatura (Temp)	1	0,018	>0,50
Procedência (Proc)	2	0,395	<0,0001
Período de armazenamento (T)	4	0,089	0,0074
Temp x Proc	2	0,028	0,3153
Temp x T	4	0,042	0,1433
Proc x T	8	0,075	0,0033
Temp x Proc x T	8	0,025	0,4177
Resíduo	90	0,024	
C.V. (%)		46,60	
		Comprimento de plântulas	
Temperatura (Temp)	1	0,975	<0,0001
Procedência (Proc)	2	51,295	0,0072
Período de armazenamento (T)	4	11,915	>0,50
Temp x Proc	2	12,180	0,1899
Temp x T	4	12,869	0,0044
Proc x T	8	4,697	0,0268
Temp x Proc x T	8	5,186	0,1360
Resíduo	90	3,319	
C.V. (%)		17,55	

Na porcentagem de germinação das sementes (Tabela 3), as de Entre Rios do Oeste apresentaram as maiores porcentagens de germinação, aos 0 e 90 dias de armazenamento, quando comparadas às outras procedências.

Observando a germinação (Tabela 3) no decorrer do armazenamento, as procedências Entre Rios do Oeste e Diamante D'Oeste obtiveram as maiores germinações aos 0 dias de armazenamento, decaindo após 90 dias e mantendo-se até o período final do experimento.

Tabela 3 - Germinação (%) de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias de armazenamento, em função diferentes procedências de sementes.

Procedência	Período de armazenamento (dias)				
	0	90	180	270	360
Marechal Cândido Rondon	23,0cB*	32,5bAB*	33,0aAB*	39,0aAB*	21,5bB*
Entre Rios do Oeste	67,0aA	45,0aB	37,5aB	46,5aB	46,5aB
Diamante D'Oeste	57,5bA	31,5bB	36,5aB	40,5aB	37,5aB

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Esta diferença entre as procedências é possível, devido às diferenças morfológicas e fisiológicas entre frutos, coletados em diferentes locais. Variações fenotípicas podem ser decorrentes tanto das propriedades genéticas da população, quanto da influência do ambiente na expressão de seus genótipos (FUZETO e LOMÔNACO, 2000)

A porcentagem de germinação das sementes de pau marfim (Tabela 4) foi maior com a temperatura de 25 °C, nos períodos de armazenamento de 90 dias. Para os outros períodos de armazenamento não houve diferença na germinação entre a temperatura constante e a temperatura alternada.

Dentro da temperatura constante de 25 °C, não ocorreu alteração na porcentagem de germinação durante o período de armazenamento. Já para a temperatura alternada, a germinação foi reduzida aos 90, 180 e 360 dias de armazenamento.

Tabela 4 - Germinação (%) de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias de armazenamento, em função diferentes temperaturas de germinação de sementes.

Temperatura (°C)	Período de armazenamento (dias)				
	0	90	180	270	360
25	46,0aA*	42,7aA*	38,0aA*	38,3aA*	36,7aA*
20-30	52,3aA	30,0bB	33,3aB	45,7aA	33,7aB

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Kopper et al. (2010), obtiveram maiores porcentagens de germinação, utilizando temperatura constante de 25 °C, em sementes de *Cariniana estrellensis*

(Raddi) Kuntze. O mesmo resultado foi encontrado para a espécie *Parapiptadenia rigida* (MONDO et al., 2008), e para *Cybistax antisyphilitica* (MELO, 2009). Já, Fowler e Martins (2001), indicam a utilização temperaturas alternadas para se obter melhores porcentagens de germinação em sementes de espécies florestais.

Sementes de ipê, estudadas por Oliveira et al. (2005), também apresentaram maiores porcentagem de germinação quando utilizadas temperaturas constantes de 25 °C. Já para a mesma espécie, Pacheco et al. (2008), não encontraram diferença significativa entre a germinação em temperatura constante de 25 °C e temperatura alternada de 20-30 °C, concordando com este trabalho, onde as sementes de *B. riedelianum* apresentaram semelhante germinação para temperatura constante e temperatura alternada.

Dousseau et al. (2011) e Silva e Aguiar (2004), em sementes de *Campomanesia pubescens* e *Cnidoscylus phyllacanthus*, respectivamente, encontraram resultados que corroboram com os indicados por Fowler e Martins (2001), onde as melhores germinações se deram em temperaturas alternadas de 20-30 °C.

Há espécies florestais em que germinação não é afetada por temperaturas constantes (25 °C) ou temperaturas alternadas (20-30 °C). Isto foi encontrado por Biruel et al. (2007), com sementes de pau ferro, Gonzalez (2007) em *Albizia hassleri* e por Fossati (2007), em três diferentes espécies.

Em sementes de *Clitoria fairchildiana*, o mesmo resultado foi encontrado por Alves et al. (2013), quando a germinação não foi alterada pela temperatura do teste de germinação.

O índice de velocidade de germinação de sementes de *B. riedelianum* (Tabela 5) não apresentou nenhuma diferença significativa entre os períodos de armazenamento, dentro das três procedências utilizadas.

Entre as procedências, a Entre Rios do Oeste destacou-se das demais aos 0 e 360 dias, quando apresentou as maiores velocidades de germinação. Para os outros períodos de armazenamento não houve diferenças significativas entre as procedências.

Tabela 5 - Índice de velocidade de germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias de armazenamento, em função diferentes procedências de sementes.

Procedência	Período de armazenamento (dias)				
	0	90	180	270	360
Marechal Cândido Rondon	0,15cA*	0,22aA*	0,27aA*	0,35aA*	0,20bA*
Entre Rios do Oeste	0,46aAB	0,33aB	0,30aB	0,42aB	0,67aAB
Diamante D'Oeste	0,34bA	0,23aA	0,31aA	0,36aA	0,36bA

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Silva et al. (2002), afirmaram que em sementes de *Mimosa caesalpinifolia*, a procedência das sementes influenciam diretamente na germinação total e no índice de velocidade de germinação. Foi o que aconteceu neste estudo, em que a procedência Entre Rios do Oeste promoveu maior índice de velocidade de germinação, aos 0 e 360 dias de armazenamento.

Diferenças nos índices de velocidade de germinação relacionadas à procedência das sementes também foram encontrados por Santos (2007), em *Tabebuia chrysotricha*, por Melo (2009), em *Cybistax antisiphilitica* e por Gonzales (2007), em *Albizia hassleri*. Estes resultados demonstram o comportamento diferenciado das matrizes frente a germinação e o índice de velocidade de germinação.

Lorenzi (2000) e Fowler e Bianchetti (2000), não citaram a presença de dormência em *B. riedelianum*. Torres (2008), afirmou que esta espécie não possui nenhum tipo de dormência. Já Carvalho (2004), e Souza (2010), referem-se à presença de dormência física, a qual possui resistência mecânica do tegumento à entrada de água, sugerindo a escarificação mecânica ou a imersão dos frutos em água por 24 horas.

A pré-embebição foi aplicada neste trabalho e não alterou a germinação total ou a velocidade de germinação desta para sementes das três procedências. Este fato indica que esta espécie possui outro tipo de impedimento de germinação. A presença de inibidores ou mesmo o retardamento da embebição, causada pelo pericarpo espesso, provavelmente, são os responsáveis pela lenta germinação.

O comprimento das plântulas de *B. riedelianum* (Tabela 6) foi maior com a utilização da temperatura alternada, apenas para o período 0 dias de

armazenamento. Estes dados discordam de Melo (2009), que encontrou plântulas mais compridas da espécie *Cybistax antisyphilitica*, quando submetidas a temperaturas constantes de 25 °C, em todo tempo de armazenamento.

Na temperatura de 25 °C, as plântulas permaneceram com o mesmo comprimento por todo período de estudo, entretanto quando utilizou-se temperaturas alternadas o comprimento das plântulas variaram de acordo com o período de armazenamento.

Tabela 6 - Comprimento de plântulas (cm) de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias de armazenamento, em função diferentes temperaturas de germinação de sementes.

Temperatura (°C)	Período de armazenamento (dias)				
	0	90	180	270	360
25	9,75bA*	10,66aA*	10,51aA*	9,89aA*	10,80aA*
20-30	11,37aABC	11,06aABC	9,88aBC	9,52aC	10,36aABC

\*Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Pacheco et al. (2008), em estudos com sementes de *Tabebuia aurea*, submetida à temperatura constante de 25 °C e alternadas de 20-30 °C para realização do teste de germinação, não encontraram nenhuma diferença estatística para comprimento de plântulas, entre as temperaturas.

Neste estudo, as sementes de *B. riedelianum* de todas as procedências demonstraram que não necessitam de alternância de temperatura para iniciar o processo germinativo ou acelerá-lo.

A temperatura alternada não foi favorável porque quando as sementes foram submetidas à menor temperatura 20 °C, seu metabolismo era desacelerado e só retornava quando a temperatura atingia 30 °C. Em temperatura constante de 25 °C esta possível desaceleração não acontecia, não interferindo, assim, na germinação.

Conforme Wielewicki et al. (2006), as diferenças, encontradas na germinação de lotes de procedências distintas, podem ter ocorrido devido a: a) grande variabilidade genética que espécies silvestres apresentam e que resultam em ampla variedade de características morfofisiológicas que, por sua vez, são determinantes no comportamento ecológico dos indivíduos de mesma espécie; e b) distribuição em



grande extensão geográfica, sujeitando essas espécies a variações edafoclimáticas em escalas espaciais e temporais.

Baseando-se nos valores referentes à porcentagem germinação (Tabela 3) e ao índice de velocidade de germinação (Tabela 5), a diferença entre as procedências podem ser observadas, concordando, assim, com a afirmação de Wielewicki et al. (2006).

Os desdobramentos das interações para o efeito do período de armazenamento em função das procedências das sementes (Figuras 3 e 4) e das temperaturas de germinação (Figura 5) estão apresentados em curvas de regressão, que podem ser observadas a seguir.

A Figura 3 grafa a porcentagem de germinação de sementes de pau marfim provenientes de Marechal Cândido Rondon, em função do período de armazenamento. Observa-se elevação da porcentagem de germinação com o passar do tempo, atingindo-se a máxima germinação aos 197 dias de armazenamento.

As demais procedências não são apresentadas porque as equações de regressão referentes à porcentagem de germinação não foram significativas. O mesmo aconteceu para o desdobramento da interação para o efeito de tempo em função das diferentes temperaturas de germinação, que também não apresentaram significância.

O índice de velocidade de germinação referente à procedência Entre Rios do Oeste, em função do período de armazenamento (Figura 4), declinou com o tempo, atingindo o mínimo aos 143 dias de armazenamento. Depois este índice aumentou até os 360 dias. Este fato pode ser explicado pela presença de dormência nas sementes a qual foi se perdendo com o tempo.

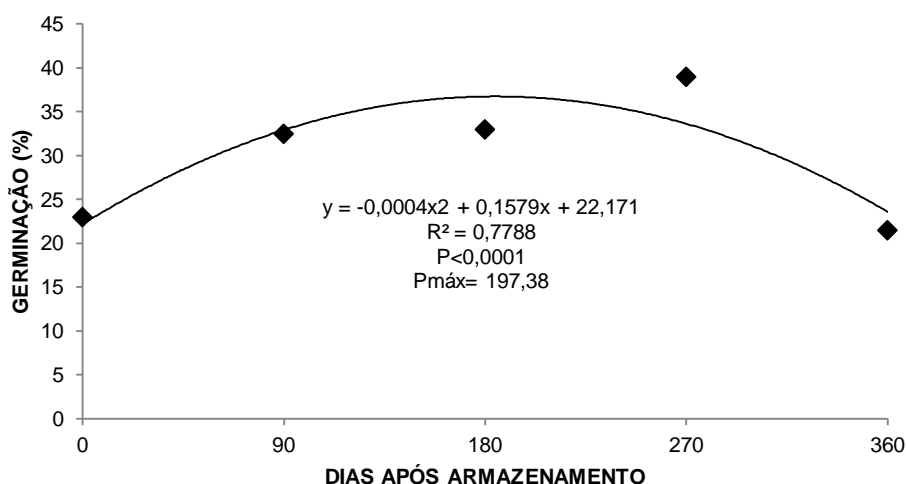


Figura 3 - Germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Marechal Cândido Rondon, do desdobramento da interação entre procedência das sementes e período de armazenamento.

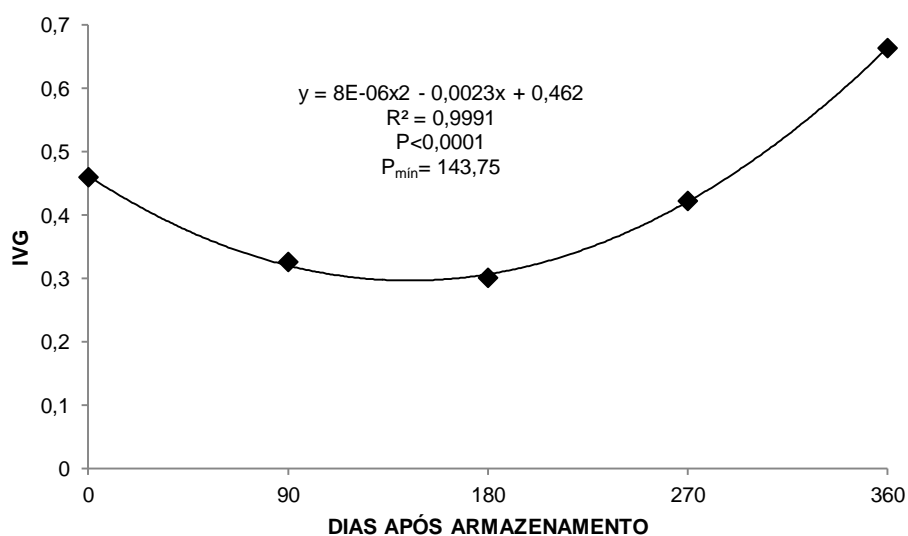


Figura 4 - Índice de velocidade de germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, de procedência Entre Rios do Oeste, do desdobramento da interação entre procedência das sementes e período de armazenamento.

Para as demais procedências, o índice de velocidade de germinação não apresentou equações de regressão significativas.

O comprimento de plântulas (Figura 5), utilizando-se a temperatura de germinação de 20-30 °C, foi explicado pelo ajuste quadrático, onde o menor comprimento foi encontrado aos 235 dias de armazenamento.

Para a temperatura de 25 °C, em função do tempo, a curva de regressão não apresentou significância.

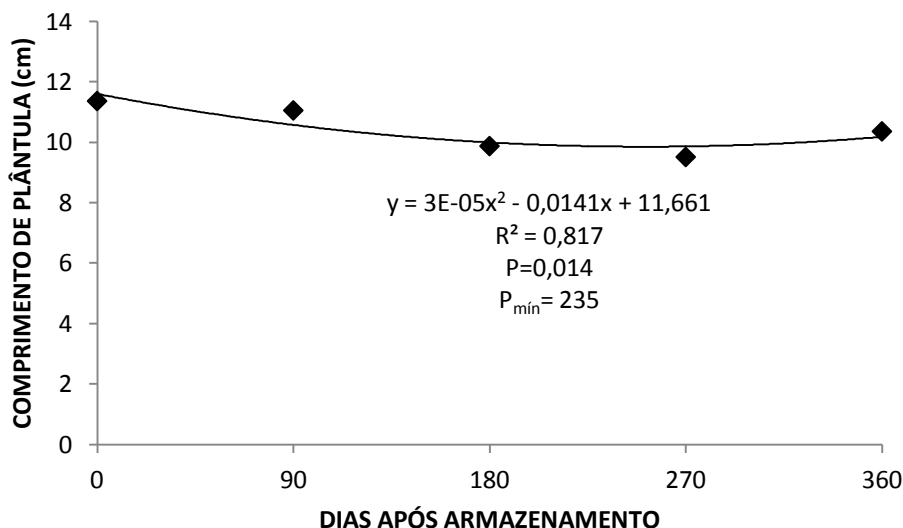


Figura 5 - Comprimento de plântulas de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, utilizando temperatura de germinação alternada, de diferentes procedências, durante período de armazenamento.

#### 4 CONCLUSÕES

- A germinação de sementes de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, não sofreu efeito da temperatura constante de 25 °C, quando comparadas com temperaturas alternadas de 20-30 °C;
- O comprimento das plântulas de pau marfim, não foi influenciado pela temperatura de 25 °C constante e pela temperatura alternada de 20-30 °C, a partir de 90 dias de armazenamento;
- Entre as procedências, a de Entre Rios do Oeste destacou-se das demais aos 0 e 360 dias, quando apresentou as maiores velocidades de germinação;
- Os frutos de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, quando armazenados em embalagens impermeáveis de vidro, em ambiente com controle das condições ambientais, mantiveram suas características fisiológicas, pelo período de 360 dias.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M. M. et al. Germinação e vigor de sementes de *Clitoria fairchildiana* Howard (Fabaceae) em função da coloração do tegumento e temperaturas. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, n. 1, p. 216-223, jan.-feb. 2013.
- AZEREDO, G. A.; BRUNO, R. L. A.; ANDRADE, L. A.; CUNHA, A. O. Germinação em sementes de espécies florestais da mata atlântica (leguminosae) sob condições de casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 33, n. 1, p. 11-16, 2003.
- BIRUEL, R. P.; AGUIAR, I. B.; PAULA, R. C. Germinação de sementes de pau-ferro submetidas a diferentes condições de armazenamento, escarificação química, temperatura e luz. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 151-159, 2007.
- BOTEZELLI, L.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. M. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* VOGEL (BARU). **CERNE**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 09-18, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/LANARV. 2009. 398 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Brasília. 2013. 97 p.
- CABRAL, E. L.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Armazenamento e germinação de sementes de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. F. Ex. S. Moore. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 17, n. 4, p. 609-617, 2003.
- CARVALHO, P. E. R. Pau-Marfim - *Balfourodendron riedelianum*. **EMBRAPA**, Colombo, PR, Circular Técnica, n. 93, 11p. dez. 2004.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep. 2012. 590 p.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes: Biometria**. Viçosa: Editora UFV, 2006. 382 p.
- DOUSSEAU, S. et al. Ecofisiologia da germinação de sementes de *Campomanesia pubescens*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.8, p. 1362-1368, ago. 2011.
- FERREIRA, C. A. R.; FIGLIOLIA, M. B.; ROBERTO, L. P. C. Ecofisiologia da germinação de sementes de *Calophyllum brasiliensis* Camb. **Instituto Florestal Série Registros**, São Paulo, n. 31, p. 173-178, jul. 2007.
- FOSSATI, L. C. **Ecofisiologia da germinação das sementes em populações de *Ocotea puberula* (Rich.) Ness, *Prunus sellowii* Koehne E *Piptocarpha angustifolia* Dusén Ex Malme**. 2007. 193 f. Tese (Doutorado em Ciências

Florestais) – Universidade Federal do Paraná – Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Curitiba, 2007.

FOWLER, J. A. P.; BIANCHETTI, A. Dormência em espécies florestais. **EMBRAPA**, Colombo, PR, Documento, n. 40, 27 p. 2000.

FOWLER, J. A. P.; MARTINS, E. G. Manejo de sementes de espécies florestais. **EMBRAPA**, Colombo, PR, Documento, n. 58, 71 p. nov. 2001.

FUZETO, A. P.; LOMÔNACO, C. Plasticidade fenotípica em *Cabralea canjerana*. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 169-176, jun. 2000.

GONZALES, J. L. S. **Variabilidade da germinação e caracteres de sementes entre matrizes de farinha-seca [*Albizia hassleri* (Chod.) Burkart.] – Fabaceae**. 2007. 62 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2007.

HEYDEKER, W. **Seed ecology**. London: University of Nottingham, 1972. 578 p.

IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná. Disponível em: <<http://www.iapar.br/>>. Acesso em 28 mai. 2013.

KOPPER, A. C.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 160-165, 2010.

LORENZI, H. Árvores Brasileiras: **Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. 3. ed. Vol.1. Ed. Plantarum, Nova Odessa-SP, 2000, 352 p.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Chicago, v. 2, n. 2, p. 176-177, apr.-jun. 1962.

MELO, P. R. B. **Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de ipê-verde (*Cybistax antisyphilitica* (Mart.) Mart.)**. 2009. 122 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2009.

MONDO, V. H. V. et al. Teste de germinação de sementes de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (Fabaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 2, p.177-183, 2008.

MORA, A. L.; PINTO JR, J. E.; FONSECA, S. M.; KAGEYAMA, P. Y. Aspectos da produção de sementes de espécies florestais. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais – Série Técnica**, Piracicaba, v. 2, n. 6, p. 1-60, jun. 1981.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Comitê de Vigor de Sementes. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

OLIVEIRA, L. M. et al. Temperatura e regime de luz na germinação de sementes de *Tabebuia impetiginosa* (Martius ex A. P. de Candolle) Standley e *T. serratifolia* Vahl Nich. – Bignoniaceae. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 642-648, maio-jun., 2005.

PACHECO, M. V. et al. Germinação de sementes e crescimento inicial de plântulas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook f. ex S. Moore. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 2, p. 143-150, abr.-jun., 2008.

PINTO JUNIOR, A. S. **Qualidade fisiológica de sementes de *Jatropha curcas* L.: efeito de embalagens, ambientes e períodos de armazenamento.** 2010. 63 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, 2010.

SAEG – **Sistema de Análises Estatísticas**, Versão 9.1. Viçosa, MG: UFV: Fundação Arthur Bernardes, 2007.

SANTOS, F. S. **Biometria, germinação e qualidade fisiológica de sementes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. ex A. DC.) Standl. Provenientes de diferentes matrizes.** 2007. 48 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2007.

SILVA, L. M. M.; AGUIAR, I. B. Efeito dos substratos e temperaturas na germinação de sementes de *Cnidoscylus phyllacanthus* Pax & K. Hoffm. (FAVELEIRA). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 26, n. 1, p. 9-14, 2004.

SILVA, L. M. M.; RODRIGUES, T. J. D.; AGUIAR, I. B. Efeito da luz e da temperatura na germinação de sementes de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 691-697, 2002.

SILVA, L. L.; PAOLI, A. A. S. Morfologia e anatomia da semente de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler – Rutaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 16-20, 2006.

SOUZA, T. V. **Dormência em sementes de espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Densa.** 2010. 68 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

STURION, J. A. **Influência da procedência e do tamanho de sementes de *Mimosa scrabella* Benth. na sobrevivência e crescimento de mudas no viveiro e após o plantio.** 1984. 97 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1984.

THOMPSON, P. A. Geographical adaptation of seeds. In: HEYDEKER, W. (Ed.) **Seed ecology**. London: University of Nottingham, 1972. p. 31-58.

TORRES, I. C. **Presença e tipos de dormência em sementes de espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Densa.** 2008. 65 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

VAZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, New York, v. 24, p. 69-87, 1993.

WIELEWICKI , A. P. Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes na Região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 3, p.191-197, 2006.

## ARTIGO 2 ARMAZENAMENTO DE SEMENTES *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler

### RESUMO

O *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler é uma espécie lenhosa nativa, de importância econômica, paisagística e ecológica, popularmente conhecida como pau marfim. Objetivou-se o estudo do comportamento germinativo desta espécie, além de seu comportamento com relação ao armazenamento. Foram estudadas sementes, colhidas em Marechal Cândido Rondon, Entre Rios do Oeste e Diamante D'Oeste/PR. Para avaliação da germinação, foi utilizada a temperatura de 25 °C constante, com fotoperíodo de 16-8 horas, e como substrato o papel tipo germitest.. Armazenou-se, por 360 dias, os frutos em duas diferentes embalagens (saco de papel Kraft e vidro) e em dois diferentes ambientes (controlado e não controlado). O delineamento, utilizado, foi inteiramente casualizado em fatorial 2x2x5 (2 embalagens, 2 ambientes e 5 períodos de armazenamento). Foram avaliadas as variáveis: porcentagem de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação, grau de umidade, massa de mil frutos e comprimento de plântulas. Os períodos de armazenamentos foram: 0, 90, 180, 270 e 360 dias após o beneficiamento dos frutos. Os frutos, armazenados em embalagens de vidro e em local sem controle das condições ambientais, não apresentaram variações, relacionadas ao teor de água, evidenciando, assim, a melhor maneira de armazenar frutos de pau marfim. Os valores da massa de mil frutos de pau marfim foram 329,5 g, 585,5 g e 450,0 g para as procedências Marechal Cândido Rondon, Entre Rios do Oeste e Diamante D'Oeste, respectivamente. Os frutos de *Balfourodendron riedelianum*, quando armazenados em embalagens impermeáveis de vidro, e em ambiente sem controle das condições ambientais, mantiveram seu potencial fisiológico, pelo período de 360 dias.

**Palavras-chave:** Pau marfim. Germinação. Sementes. Lenhosa nativa.



## ABSTRACT

The *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler is a native woody species of economic importance and ecological landscape, popularly known as ivory wood. This work aimed to study the germination behavior of this species, and its behavior with respect to storage. The studied seeds were collected in Marechal Cândido Rondon, Entre Rios do Oeste and Diamante D'Oeste / PR. For germination, the constant temperature of 25 °C, with a photoperiod of 16-8 hours was used as substrate the germitest paper. It was stored for 360 days, fruit in two different packages (Kraft paper bag and glass) and in two different environments (controlled and uncontrolled). The experimental design used was completely randomized in a factorial 2x2x5 (2 packs, 2 environments and 5 term storage period). The evaluated variables were germination percentage, first count of germination, germination velocity index, moisture content, weight of thousand fruit and seedling length variables were evaluated. Periods of storage were: 0, 9, 18, 270 and 360 days after the fruit processing. The fruit stored in glass containers in uncontrolled environment from environmental conditions, did not show large variations, related to the water content, thus demonstrating the best way to store ivory wood fruit. The mass of a thousand fruit from ivory wood were 329.5 g, 585.5 g and 450.0 g for the provenances from Marechal Cândido Rondon, Entre Rios do Oeste and Diamante D'Oeste, respectively. The *Balfourodendron riedelianum* when stored in airtight glass containers in the environment without control of environmental conditions, maintained their physiological potential for a period of 360 days.

**Keywords:** Ivory wood. Germination. Seeds. Native woody.

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que possui grande potencial florestal e uma das maiores reservas florísticas do mundo, tudo propiciado pela vasta extensão territorial e pelas variações edafoclimáticas. Mas este patrimônio biológico sofreu por muitos anos grandes devastações tanto para fins extrativistas como para fins de exploração territorial.

A crescente conscientização da sociedade para os problemas ecológicos, relacionados com a exploração dos recursos florestais, através da extração de matéria prima para vários fins, vem causando um considerável aumento na atividade de fiscalização e cumprimento das legislações ambientais e elevando, nos últimos anos, a demanda por sementes e mudas de espécies nativas para reposição florestal (AZEREDO et al., 2003).

O *Balfoufodendron riedelianum* (Engler) Engler, também conhecido como pau marfim, é uma espécie de grande importância para flora brasileira, podendo ser encontrada em grande área de distribuição no território brasileiro, desde Minas Gerais até o Rio Grande do Sul (CARVALHO, 2004; SILVA e PAOLI, 2006). Apesar da importância, pouco se encontra com relação a estudos sobre a qualidade de sementes e tecnologia para realização de teste de viabilidade e vigor.

O armazenamento de sementes de qualquer espécie, tanto agrícola quanto florestal, tem por objetivo a manutenção do nível de qualidade física, fisiológica, sanitária e genética das sementes e a sua utilização futura (MEDEIROS, 2001; CARVALHO e NAKAGAWA, 2012). No entanto, não conseguem preservar suas condições vitais por tempo indeterminado, sofrendo deterioração e morrendo (MEDEIROS, 2001; MARCOS FILHO, 2005).

Exercendo-se o controle da temperatura e da umidade relativa durante o armazenamento, é possível manter a qualidade fisiológica das sementes, reduzindo sua taxa de deterioração (MARCOS FILHO, 2005).

Ao discutir o armazenamento de sementes florestais, deve-se considerar quatro fatores principais: sobrevivência de sementes (ou seja, a viabilidade, a capacidade de uma semente permanecer viva de modo que, quando for necessário, ela irá germinar e produzir uma muda capaz de externar um crescimento autotrófico); ambiente de armazenamento, duração do armazenamento e espécie

(efetivamente a variação entre os lotes de sementes dentro de uma espécie é também considerado) (HONG e ELLIS, 2003).

Analisando-se estas características, com relação ao comportamento no armazenamento, as sementes de *B. riedelianum* são classificadas como ortodoxos (CARVALHO, 2004).

A conservação de sementes de essências florestais é de fundamental importância quando se visa o desenvolvimento de programas silviculturais. Já, os trabalhos sob o aspecto tecnológico das sementes são o ponto de partida para utilização e exploração de forma racional das espécies nativas (SOUZA et al., 2005).

Neste contexto, objetivou-se o estudo do comportamento germinativo, além de seu comportamento com relação ao armazenamento, visando à caracterização de sementes de pau marfim

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO**

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Sementes e Mudas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, campus de Marechal Cândido Rondon, PR.

### **2.2 MATERIAL VEGETAL**

A espécie utilizada neste trabalho foi o *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, popularmente conhecida como pau marfim (RNC: 23531).

### **2.3 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE COLETA DOS FRUTOS E DAS MATRIZES**

Os frutos de pau marfim foram coletados manualmente, em julho de 2011, de 15 matrizes previamente marcadas dentro do convênio UNIOESTE/ITAIPU BINACIONAL.

As matrizes foram escolhidas de acordo com os seguintes critérios: a espécie ser preferencialmente nativa da floresta estacional semidecidual; estar localizada em

fragmento de floresta nativa; ser de porte adulto (com floração/frutificação aparente); matrizes de uma mesma espécie, distantes pelo menos 500 m entre si.

Foram selecionados os frutos maduros, coletados em três localidades da região Oeste do Paraná: Marechal Cândido Rondon, Diamante D'Oeste e Entre Rios do Oeste. A mistura dos frutos das matrizes de cada município foi considerada como procedência.

As três localidades apresentam Clima Subtropical Úmido (tipo Cfa) segundo classificação de Köppen, com temperatura média no mês mais frio inferior a 18 °C e temperatura média, no mês mais quente, acima de 22 °C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. Predominam solos do tipo Latossolo Roxo Eutrófico, argiloso, profundo e de boa drenagem.

A altitude média é de 420 metros e as coordenadas geográficas 24°33'24" latitude sul e 54°03'24" longitude oeste para Marechal Cândido Rondon, 514 metros e 24°56'46" S e 54°06'13" O para Diamante D'Oeste e 253 metros e 24°42'24" S e 54°14'36" O para Entre Rios do Oeste, respectivamente (IAPAR, 2013).

## 2.4 BENEFICIAMENTO DOS FRUTOS

Após a coleta dos frutos, estes foram secos em local aberto e ventilado, por um período de 15 dias, até atingirem 12% de grau umidade, na Fazenda Experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, campus de Marechal Cândido Rondon, PR, acomodados em armação de madeira e tela, conforme Figura 1.



Figura 1 - Secagem dos frutos sobre armação de madeira e tela.  
Fonte: Ignácio (2013).

Depois de secos, realizou-se o beneficiamento manual dos frutos, retirando as alas por meio de fricção mecânica sobre peneira de metal.

## 2.5 ARMAZENAMENTO DOS FRUTOS

Após o beneficiamento, os frutos foram enviados ao Laboratório de Sementes e Mudas da UNIOESTE, campus de Marechal Cândido Rondon, PR, onde foram armazenados em duas embalagens: sacos de papel Kraft com densidade de  $40 \text{ g m}^{-2}$  e frascos de vidro com tampa, com capacidade de 500 ml, vedados com fita adesiva (Figura 2). Os recipientes foram acomodados em bandejas plásticas e acondicionados em dois ambientes distintos, sendo um em ambiente não controlado e o outro em ambiente controlado, até sua utilização.

No primeiro ambiente, não havia controle das condições ambientais e estas variaram de acordo com as apresentadas na Figura 3. Já, o segundo ambiente possuía ar condicionado e desumidificador para controle das condições ambientais e estas variaram entre  $14$  e  $16 \text{ }^{\circ}\text{C}$  de temperatura e  $65$  e  $75\%$  de umidade relativa, monitoradas com Data Logger, modelo AK 275.



Figura 2 - Frutos de pau marfim, armazenados em saco de papel Kraft e frascos vidros com tampa.  
Fonte: Ignácio (2013)

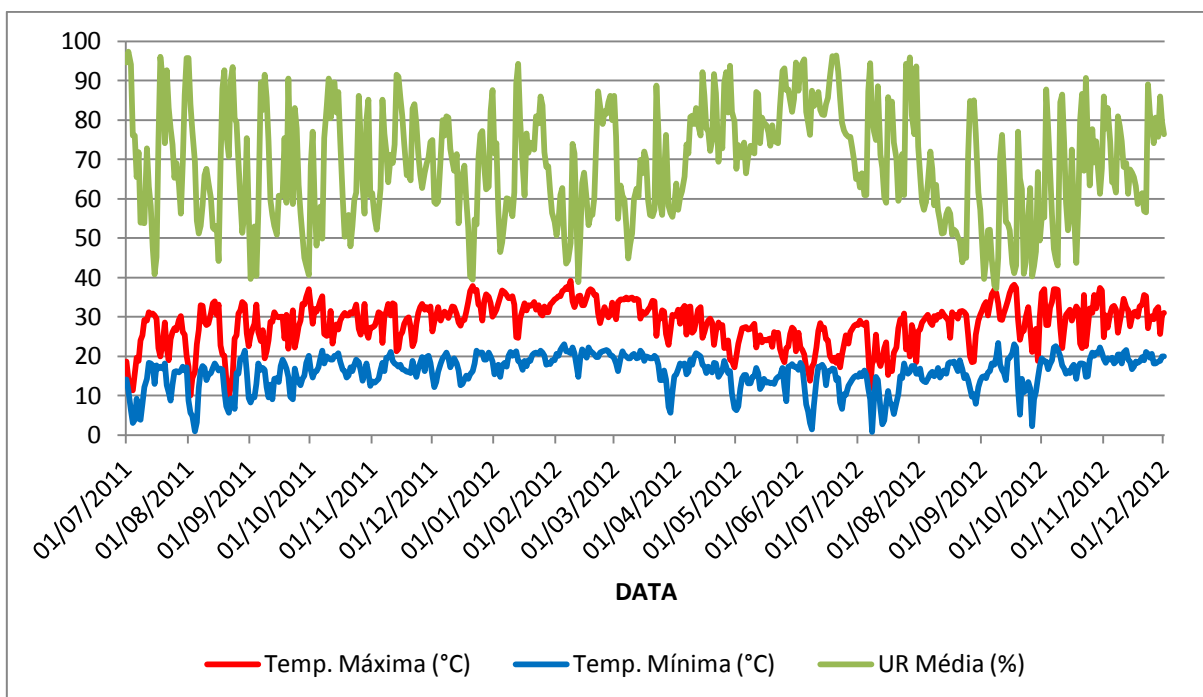


Figura 3 - Dados meteorológicos da Estação Experimental da UNIOESTE no município de Marechal Cândido Rondon, PR.

Fonte: UNIOESTE (2013).

## 2.6 AVALIAÇÃO DOS FRUTOS

### 2.6.1 Grau de Umidade e Peso de Mil

Determinou-se o grau de umidade e peso de mil de acordo com os princípios das Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

O grau de umidade foi determinado pelo método da estufa, com temperatura de  $105 \pm 2$  °C durante 24 horas, utilizando-se recipientes, confeccionados com papel alumínio para acomodar as amostras a serem secas e 4 repetições, contendo aproximadamente 2 gramas de sementes por repetição (BOTEZELLI et al., 2000). Após a secagem, as repetições foram transferidas para dessecadores, contendo sílica gel, visando o resfriamento das mesmas e, posteriormente, pesadas em balança digital com precisão de quatro casas decimais. Os resultados foram expressos em porcentagem na base úmida.

Para determinar o peso de mil, utilizou-se 8 repetições, sendo cada uma delas composta por 100 sementes, e estas pesadas em balança digital com precisão de quatro casas decimais. Os resultados foram calculados, multiplicando-se por 10 o peso médio das repetições, e estes, foram expressos em gramas (BRASIL, 2009).

## 2.7 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA

Os frutos são as unidades disseminadoras desta espécie, e para facilitar o entendimento neste trabalho, denominaram-se os mesmos de sementes.

A avaliação da qualidade fisiológica das sementes foi realizada através da análise de germinação, primeira contagem da germinação e do índice de velocidade de germinação, seguindo os princípios das Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

### 2.7.1 Teste de Germinação

O teste de germinação foi conduzido em câmara de germinação do tipo BOD, utilizando a temperatura de  $25 \pm 2$  °C constante, com fotoperíodo de 8 horas de luz e 16 horas de escuro, seguindo metodologia proposta por Melo (2009).

Foram utilizadas 4 repetições de 25 sementes por tratamento. Os frutos ficaram submersos em água destilada à temperatura ambiente por período de 24 horas para superação da dormência de acordo com Carvalho (2004).

Os frutos foram dispostos em rolo de papel germitest, umedecido com água destilada na quantidade de 2,5 vezes o peso do papel. Na metade do período de avaliação, o papel foi substituído por outro porque se apresentava em estado deteriorado.

Foram realizadas contagens diárias, a partir da constatação da primeira semente germinada, até cessar a germinação, variando para cada temperatura utilizada. A contagem iniciou-se, aos 20 dias, após a semeadura (PINTO JR, 2010).

Em cada unidade disseminadora encontrou-se mais de uma plântula, mas computou-se apenas primeira.

Para a realização do cálculo da porcentagem de germinação, utilizou-se a Equação (4) (BRASIL,2009):

$$G (\%) = (N/A) \times 100$$

Equação (4)

Onde:

G = porcentagem de germinação;



N = número de sementes germinadas;

A = número total de sementes colocadas para germinar.

### 2.7.2 Primeira Contagem de Germinação

Juntamente com o teste de germinação foi conduzido o teste de primeira contagem de germinação, no qual calculou a porcentagem de sementes germinadas no primeiro dia de contagem, ou seja, 20 dias após a semeadura. Os resultados foram expressos em porcentagem de sementes germinadas (BRASIL, 2013).

### 2.7.3 Índice de Velocidade de Germinação

O índice de velocidade de germinação também foi conduzido junto com o teste de germinação, realizando-se contagens diárias das sementes germinadas, até cessarem a germinação (NAKAGAWA, 1999). Para o cálculo, utilizou-se o método de Maguire (1962), de acordo com a Equação (5):

$$IVG = \sum P_i / D_i \quad \text{Equação (5)}$$

Sendo:

IVG = índice de velocidade de germinação;

$P_i$  = número de sementes germinadas no  $i$ -ésimo dia de contagem;

$D_i$  = número de dias que as sementes levaram para germinar no  $i$ -ésimo dia e contagem.

### 2.7.4 Avaliação das Plântulas

Ao final do teste de germinação, retiraram-se ao acaso 10 plântulas de cada tratamento e mensurou-se o comprimento das plântulas em centímetros, a partir da plúmula até o final da raiz primária, utilizando-se régua graduada.

Os testes laboratoriais foram realizados aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias, após a coleta dos frutos, caracterizando-se, assim, os períodos de armazenamento.

## 2.8 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE DOS DADOS

O delineamento experimental, utilizado, foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2x2x5 (2 ambientes de armazenamento, 2 recipientes de armazenamento e 5 períodos de armazenamento).

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade de Lilliefors, e por apresentarem distribuição normal não foi necessária nenhuma transformação. Depois, os dados foram submetidos à análise de variância, seguida do teste de Tukey ( $p > 0,005$ ) para a comparação das médias, utilizando-se o programa estatístico SAEG, Versão 9.1 (SAEG, 2007).

Foi realizada análise de regressão para o comportamento dos fatores analisados dentro dos períodos de armazenamento. Para a construção das curvas de regressão, utilizou-se o programa Excel.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O grau de umidade, obtido, após o beneficiamento e antes do armazenamento foi em torno de 12% para as três procedências, indicando a eficiência do método de secagem utilizado (Tabelas 1, 2 e 3).

Para a procedência Marechal Cândido Rondon (Tabela 1), observou-se interação significativa entre recipientes e ambientes de armazenamento para os períodos 90, 180 e 360 dias. O maior grau de umidade foi observado nos frutos armazenados em saco de papel, em ambiente controlado para 90 e 360 dias, e em ambiente não controlado para 180 dias. Para o grau de umidade inicial, não houve nenhuma diferença significativa para nenhum dos fatores analisados. Após 270 dias de armazenamento, houve efeito para o fator recipiente, apresentando maiores graus de umidades para os frutos, armazenados em embalagem de papel.

As procedências Entre Rios do Oeste (Tabela 2) e Diamante D'Oeste (Tabela 6) apresentaram semelhantes resultados, relacionados ao grau de umidade dos frutos, observados na procedência Marechal Cândido Rondon, apresentando maiores graus de umidades nos frutos, armazenados em saco de papel e ambiente controlado, aos 90 e 360 dias. Aos 180 dias este maior valor apareceu em ambiente não controlado, mas também armazenados em saco de papel. Diferenciaram apenas

nas observações aos 270 dias de armazenamento, pois a embalagem de papel e ambiente controlado contribuíram para o maior grau de umidade.

Os frutos, armazenados em embalagens de vidro e em ambiente sem controle das condições ambientais, não apresentaram grandes variações, relacionadas ao teor de água, evidenciando, assim, a melhor maneira de armazenar frutos de pau marfim. Isto se deve ao fato da não ocorrência de trocas de vapores de água entre frutos e ambiente.

Os valores iniciais, antes do armazenamento, da massa de mil frutos foram 329,5 g, 585,5 g e 450,0 g para as procedências Marechal Cândido Rondon, Entre Rios do Oeste e Diamante D'Oeste, respectivamente (Tabelas 4, 5 e 6). Estes resultados concordam com Vazquez-Yanes e Orozco-Segovia (1993) e Heydecker (1972) que sugerem que sementes de diferentes procedências apresentam diferenças morfológicas e fisiológicas. Os valores, obtidos neste trabalho, estão distantes dos apresentados por Carvalho (2004), que foram de 990 g. Essa diferença pode ser atribuída ao beneficiamento dos frutos dos quais foram retiradas as alas, diferente do que fez Carvalho (2004), que não as retirou.

Com relação à procedência Marechal Cândido Rondon (Tabela 4), a interação entre recipientes e ambientes ocorreu nos tempos 90 e 270 dias. Destaca-se o recipiente saco de papel, em ambiente controlado, que obteve as maiores médias, aos 90 dias. Aos 270 dias, após a colheita, obteve-se as maiores médias com o recipiente, saco de papel, e o ambiente não controlado.

Nos tempos 180 e 360 dias houve diferença estatística apenas entre os recipientes com o vidro, apresentando maior média aos 180 e a embalagem de papel aos 360 dias.

Para a massa de mil, relacionada à procedência Entre Rios do Oeste (Tabela 5) houve interação significativa ambientes x recipientes aos 180 e aos 360 dias de armazenamento. Aos 90 dias de armazenamento, não houve diferença estatística entre os ambientes estudados. Já, entre os recipientes, a embalagem de vidro teve a menor média. O de 270 dias, não apresentou diferença significativa entre os recipientes, mas entre os ambientes, destacou-se o ambiente controlado com as maior média.

Verifica-se que não houve nenhuma interação entre ambiente e recipiente onde foram armazenados os frutos provenientes de Diamante D'Oeste (Tabela 6).

Houve apenas efeito simples dos recipientes, após 90 dias de armazenamento, e entre ambientes, aos 180 dias, em que a embalagem de papel e ambiente não controlado, apresentaram as maiores médias para massa de mil.

Conforme Carvalho e Nakagawa (2012), mudanças na temperatura e umidade relativa do ar provocam constantes ajustes no grau de umidade das sementes, armazenadas em embalagens permeáveis. Isto pode provocar alterações também na massa de mil das mesmas, o que não ocorre em embalagens impermeáveis. Neste trabalho, ocorreram maiores alterações nas embalagens de papel Kraft (permeáveis), comparadas com vidro (impermeáveis).

Santos e Paula (2009), avaliaram a qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana*, armazenadas em embalagens de pano (permeável), plástico (semi-permeável) e vidro (impermeável), e constaram que ocorreu elevação do grau de umidade das sementes, independente da embalagem utilizada, quando estas foram submetidas a ambiente de câmara fria (4°C e 80% UR), diferindo deste trabalho que apresentou diferenças entre as embalagens utilizadas.

Tabela 1 - Grau de umidade (GU) em base úmida de frutos de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias após a colheita para a procedência Marechal Cândido Rondon, armazenados em diferentes ambientes e recipientes.

Ambientes	GU após beneficiamento (%)			GU após 90 dias (%)			GU após 180 dias (%)			GU após 270 dias (%)			GU após 360 dias (%)		
	Recipientes			Recipientes			Recipientes			Recipientes			Recipientes		
	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média
Não controlado	12,94	12,94	12,94a*	12,82bA	10,74aB	11,78	13,54aA	10,64aB	12,09	13,05	8,46	10,75a	8,86bA	9,13aA	8,99
Controlado	12,94	12,94	12,94a	16,31aA	10,73aB	13,52	9,02bA	9,98aA	9,50	13,27	9,62	11,44a	12,95aA	9,05aB	11,00
Média	12,94A*	12,94A		14,57	10,73		11,28	10,31		13,16A	9,04B		10,90	9,09	
CV(%)	2,24			4,40			5,88			10,53			4,41		

\*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Tabela 2 - Grau de umidade (GU) em base úmida de frutos de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias após a colheita para a procedência Entre Rios do Oeste, armazenados em diferentes ambientes e recipientes.

Ambientes	GU após beneficiamento (%)			GU após 90 dias (%)			GU após 180 dias (%)			GU após 270 dias (%)			GU após 360 dias (%)		
	Recipientes			Recipientes			Recipientes			Recipientes			Recipientes		
	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média
Não controlado	12,53	12,53	12,53a*	11,95bA	10,20bB	11,07	12,31aA	9,34aB	10,82	12,75	8,51	10,63b	10,07bB	10,58aA	10,33
Controlado	12,53	12,53	12,53a	15,43aA	12,78aB	13,81	9,62bA	8,56bB	9,09	13,94	9,40	11,67a	14,90aA	9,37bB	12,13
Média	12,53A*	12,53A		13,69	11,19		10,96	8,95		13,35A	8,95B		12,48	9,98	
CV(%)	1,87			2,59			3,98			5,01			2,27		

\*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Tabela 3 - Grau de umidade (GU) em base úmida de frutos de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias após a colheita para a procedência Diamante D'Oeste, armazenados em diferentes ambientes e recipientes.

Ambientes	GU após beneficiamento (%)			GU após 90 dias (%)			GU após 180 dias (%)			GU após 270 dias (%)			GU após 360 dias (%)		
	Recipientes			Recipientes			Recipientes			Recipientes			Recipientes		
	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média
Não controlado	12,23	12,23	12,23a*	12,38bA	11,03aB	11,70	10,50aA	8,34aB	9,42	11,77	8,17	9,97b	10,27bA	9,00aB	9,63
Controlado	12,23	12,23	12,23a	15,68aA	11,18aB	13,43	7,47bB	8,89aA	8,18	13,51	8,89	11,20a	13,20aA	8,51bB	10,86
Média	12,23A*	12,23A		14,03	11,10		8,99	8,62		12,64A	8,53B		11,73	8,75	
CV(%)	2,77			4,46			5,10			4,96			2,90		

\*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Tabela 4 - Massa de mil (MM) frutos de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias após a colheita para a procedência Marechal Cândido Rondon, armazenados em diferentes ambientes e recipientes.

Ambientes	MM após beneficiamento (g)			MM após 90 dias (g)			MM após 180 dias (g)			MM após 270 dias (g)			MM após 360 dias (g)		
	Recipientes			Recipientes			Recipientes			Recipientes			Recipientes		
	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média
Não controlado	329,5	329,5	329,5a*	273,1bA	274,3aA	273,7	270,7	245,5	258,1a	221,3bB	321,1aA	271,2	253,1	274,0	263,5a
Controlado	329,5	329,5	329,5a	308,6aA	272,0aB	290,3	287,0	235,8	261,4a	264,6aA	294,7aA	279,7	252,1	299,8	275,9a
Média	329,5A*	329,5A		290,8	273,1		278,8A	240,7B		243,0	307,9		252,6B	286,9A	
CV(%)	6,75			7,76			14,33			11,50			14,16		

\*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Tabela 5 - Massa de mil (MM) frutos de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias após a colheita para a procedência Entre Rios do Oeste, armazenados em diferentes ambientes e recipientes.

Ambientes	MM após beneficiamento (g)			MM após 90 dias (g)			MM após 180 dias (g)			MM após 270 dias (g)			MM após 360 dias (g)		
	Recipientes			Recipientes			Recipientes			Recipientes			Recipientes		
	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média
	Não controlado	585,4	585,4	585,4a*	489,8	419,5	454,6a	477,4aA	441,6aB	459,5	431,4	426,3	428,9b	394,9bB	454,0aA
Controlado	585,4	585,4	585,4a	478,2	442,4	460,3a	425,1bA	434,0aA	429,6	469,6	458,3	463,9a	475,4aA	464,8aA	470,1
Média	585,4A*	585,4A		484,0A	431,0B		451,3	437,8		450,5 <sup>a</sup>	442,3A		435,1	459,4	
CV(%)	5,35			5,85			6,25			7,58			7,20		

\*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Tabela 6 - Massa de mil (MM) frutos de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias após a colheita para a procedência Diamante D'Oeste, armazenados em diferentes ambientes e diferentes recipientes.

Ambientes	MM após beneficiamento (g)			MM após 90 dias (g)			MM após 180 dias (g)			MM após 270 dias (g)			MM após 360 dias (g)		
	Recipientes			Recipientes			Recipientes			Recipientes			Recipientes		
	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média	Saco de papel	Vidro	Média
	Não controlado	450,0	450,0	450,0a*	349,3	338,5	343,9a	343,9	323,9	333,9a	337,6	351,5	344,6a	327,9	318,9
Controlado	450,0	450,0	450,0a	364,0	317,1	340,6a	307,7	295,8	301,8b	330,9	340,9	335,9a	316,7	338,3	327,5a
Média	450,0A*	450,0A		356,7A	327,8B		325,8A	309,9A		334,3A	346,2A		322,3A	328,6A	
CV(%)	5,70			7,75			9,68			7,61			7,59		

\*Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

Houve efeito de interação entre ambiente e período de armazenamento, e entre recipiente e período de armazenamento, para as variáveis analisadas, da procedência Entre Rios do Oeste (Tabela 7).

Tabela 7 - Resumo da análise de variância para os dados obtidos de porcentagem de germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação e comprimento de plântulas de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, em função de diferentes ambientes e recipientes durante período de armazenamento para diferentes procedências de sementes.

Causas de Variação	GL	Mal. C. Rondon		Entre Rios		Diamante	
		Porcentagem de germinação					
		QM	P <sub>valor</sub>	QM	P <sub>valor</sub>	QM	P <sub>valor</sub>
Ambiente (Amb)	1	88,20	>0,50	110,45	0,2746	117,61	0,2893
Recipiente (Recip)	1	105,80	>0,50	530,45	0,0187	78,01	>0,50
Período de armazen. (T)	4	1376,30	<0,0001	3124,55	<0,0001	531,14	0,0012
Amb x Recip	1	105,80	>0,50	11,25	>0,50	66,61	>0,50
Amb x T	4	201,70	0,1310	106,45	0,3324	227,49	0,0785
Recip x T	4	76,30	>0,50	532,45	0,0005	92,89	>0,50
Amb x Recip x T	4	71,30	>0,50	16,75	>0,50	20,24	>0,50
Resíduo	60	109,00		90,85		102,91	
C.V. (%)		33,30		19,46		19,46	
Primeira contagem de germinação							
Ambiente (Amb)	1	51,20	>0,50	28,80	>0,50	5,00	>0,50
Recipiente (Recip)	1	0,13	>0,50	115,20	0,1733	16,20	>0,50
Período de armazen. (T)	4	846,70	<0,0001	353,70	0,0005	1329,70	<0,0001
Amb x Recip	1	3,20	>0,50	39,20	>0,50	168,20	0,1002
Amb x T	4	52,70	>0,50	185,30	0,0234	198,50	0,0167
Recip x T	4	42,50	>0,50	265,70	0,0036	20,70	>0,50
Amb x Recip x T	4	17,70	>0,50	29,70	>0,50	48,70	>0,50
Resíduo	60	53,47		60,67		60,33	
C.V. (%)		59,93		35,89		50,27	
Índice de velocidade de germinação							
Ambiente (Amb)	1	0,013	0,1984	0,004	>0,50	0,016	0,2156
Recipiente (Recip)	1	0,007	>0,50	0,033	0,0303	0,002	>0,50
Período de armazen. (T)	4	0,107	<0,0001	0,065	<0,0001	0,001	0,2328
Amb x Recip	1	0,005	>0,50	0,001	>0,50	0,002	>0,50
Amb x T	4	0,015	0,1067	0,012	0,1504	0,019	0,1308
Recip x T	4	0,008	0,3854	0,051	0,0001	0,003	>0,50
Amb x Recip x T	4	0,006	>0,50	0,001	>0,50	0,006	>0,50
Resíduo	60	0,008		0,007		0,010	
C.V. (%)		34,98		20,92		33,27	
Comprimento de plântulas							
Ambiente (Amb)	1	0,442	>0,50	2,376	>0,50	14,742	0,0360
Recipiente (Recip)	1	3,645	0,2943	2,645	>0,50	2,060	>0,50
Período de armazen. (T)	4	45,261	<0,0001	10,460	0,0718	11,963	0,0073
Amb x Recip	1	6,266	0,1696	0,007	>0,50	1,531	>0,50
Amb x T	4	19,226	0,0002	4,812	0,4048	6,679	0,0932
Recip x T	4	8,927	0,0317	2,690	>0,50	3,859	0,3263
Amb x Recip x T	4	9,176	0,0280	8,332	0,1420	2,942	>0,50
Resíduo	60	3,294		4,774		3,303	
C.V. (%)		19,09		20,13		17,06	



Apenas as sementes da procedência Entre Rios do Oeste mostraram maiores porcentagens de germinação, nos recipientes de vidro, após 360 dias (Tabela 8). O mesmo ocorreu com relação a primeira contagem de germinação (Tabela 9), que também foi beneficiada pela embalagem de vidro aos 360 dias, para as sementes de Entre Rios do Oeste.

Similar ao estudo com *Jatropha curcas* L. (PINTO JUNIOR et al., 2012), que também é uma espécie de comportamento ortodoxo, a embalagem de vidro mostrou-se eficaz para a manutenção da qualidade fisiológica das sementes de pau marfim, independente do ambiente de armazenamento.

Tabela 8 - Germinação (%) de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias de armazenamento, em função de diferentes recipientes, para diferentes procedências de sementes.

Procedência	Recipientes	Período de armazenamento (dias)				
		0	90	180	270	360
Mal. Cdo. Rondon	Saco de papel	18,0a*	40,0a	36,0a	36,5a	20,5a
	Vidro	18,0a	38,0a	37,5 <sup>a</sup>	39,0a	30,0a
Entre Rios do Oeste	Saco de papel	73,0a	44,0a	49,0a	40,5a	25,5b
	Vidro	73,0a	51,0a	41,5 <sup>a</sup>	43,3a	49,0a
Diamante D'Oeste	Saco de papel	47,0a	41,0a	40,0a	38,0a	26,5a
	Vidro	47,0a	41,0a	36,5 <sup>a</sup>	42,4a	35,5a

Médias seguidas da mesma letra na coluna para cada procedência, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Corlett et al. (2007), com sementes de *Bixa orellana* L. e Borba Filho e Perez (2009), com sementes de *Tabebuia impetiginosa*, utilizaram embalagens de alumínio para o armazenamento das sementes, em condições ambientais semelhantes aos do ambiente controlado, utilizados neste estudo, e concluíram que embalagens impermeáveis foram favoráveis para as variáveis porcentagem de germinação, primeira contagem de germinação e índice de velocidade de germinação analisadas. Cabral et al. (2003), não encontraram diferenças entre embalagens permeáveis e impermeáveis no armazenamento de sementes de *Tabebuia aurea*.

Tabela 9 - Primeira contagem de germinação (%) de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias de armazenamento, em função de diferentes recipientes, para diferentes procedências de sementes.

Procedência	Recipientes	Período de armazenamento (dias)				
		0	90	180	270	360
Mal. Cdo. Rondon	Saco de papel	2,0a*	14,0a	11,5 <sup>a</sup>	21,0a	9,5a
	Vidro	2,0a	10,5a	14,5 <sup>a</sup>	24,0a	13,0a
Entre Rios do Oeste	Saco de papel	19,0a	20,5a	20,0a	26,5a	16,5b
	Vidro	19,0a	17,5a	15,0a	31,0a	32,0a
Diamante D'Oeste	Saco de papel	7,0a	9,5a	18,5 <sup>a</sup>	28,5a	11,5a
	Vidro	7,0a	8,0a	18,0a	31,0a	15,5a

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna para cada procedência, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Quando se observa a interação ambientes de armazenamento x períodos de armazenamento, referentes a primeira contagem de germinação (Tabela 10), aos 270 dias, tanto para a procedência Entre Rios do Oeste como para Diamante D'Oeste, o ambiente não controlado apresentou maiores valores para a primeira contagem de germinação, mas, após 360 dias, os resultados foram superiores para o ambiente controlado, das sementes provenientes de Entre Rios do Oeste. As sementes de Marechal Cândido Rondon não apresentaram diferença significativa entre os ambientes estudados.

Para Santos e Paula (2009), o armazenamento de sementes de *Sebastiania commersoriana*, em ambiente não controlado, com temperatura semelhante ao deste trabalho, favoreceram a redução da germinação e primeira contagem de germinação, independente do recipiente utilizado (permeável, semi-permeável ou impermeável).

Tabela 10 - Primeira contagem de germinação (%) de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias de armazenamento, em função de diferentes ambientes de armazenamento, para diferentes procedências de sementes.

Procedência	Ambientes	Período de armazenamento (dias)				
		0	90	180	270	360
Mal. Cdo. Rondon	Não controlado	2,0a*	14,5a	11,0a	24,0a	13,5a
	Controlado	2,0a	10,0a	15,0a	21,0a	9,0a
Entre Rios do Oeste	Não controlado	19,0a	19,5a	19,0a	34,0a	20,0b
	Controlado	19,0a	18,5a	16,0a	23,5b	28,5a
Diamante D'Oeste	Não controlado	7,0a	7,0a	15,5 <sup>a</sup>	36,0a	13,0a
	Controlado	7,0a	10,5a	21,0a	23,5b	14,0a

\*Médias seguidas da mesma letra na coluna para cada procedência, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Sementes de pau marfim, de Entre Rios do Oeste, após 360 dias de armazenamento tiveram maior índice de velocidade de germinação, após serem armazenadas em recipiente de vidro (Tabela 11). Entretanto, as sementes provenientes de Marechal Cândido Rondon e de Diamante D'Oeste diferiram com relação às embalagens de armazenamento, para o índice de velocidade de germinação.

Estes resultados diferem dos encontrados por Souza et al. (2005), que estudando o vigor de sementes de *Tabebuia serratifolia*, observaram a redução do IVG em sementes armazenadas em recipiente de papel, em ambiente sem controle de temperatura e umidade relativa, durante o período de armazenamento.

Tabela 11 - Índice de velocidade de germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, aos 0, 90, 180, 270 e 360 dias de armazenamento, em função de diferentes recipientes, para diferentes procedências de sementes.

Procedência	Recipientes	Período de armazenamento (dias)				
		0	90	180	270	360
Mal. Cdo. Rondon	Saco de papel	0,750a*	0,302a	0,285a	0,312a	0,182a
	Vidro	0,750a	0,274a	0,292a	0,337a	0,274a
Entre Rios do Oeste	Saco de papel	0,510a	0,357a	0,392a	0,351a	0,254b
	Vidro	0,510a	0,377a	0,322a	0,381a	0,485a
Diamante D'Oeste	Saco de papel	0,287a	0,282a	0,322a	0,341a	0,275a
	Vidro	0,287a	0,273a	0,304a	0,374a	0,320a

Médias seguidas da mesma letra na coluna para cada procedência, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

Carvalho (2004) classificou a *B. riedelianum* como uma espécie de comportamento ortodoxo, mas há indícios que ela possua comportamento intermediário, porque, como demonstrado neste trabalho, seu desempenho foi melhor quando ele foi armazenado na maior temperatura (ambiente não controlado = 23°C). Portanto, há necessidade de mais estudos sobre o comportamento desta espécie, tocante ao armazenamento.

Os desdobramentos das interações para efeito de tempo em função dos ambientes e recipientes estão apresentados em curvas de regressão, que podem ser observadas a seguir.

As Figuras 4, 5, 6 e 7 exibem as curvas de regressão dos desdobramentos das interações entre recipiente x tempo e ambiente x tempo, referentes à procedência Entre Rios do Oeste e a Figura 8, a Diamante D'Oeste.

A porcentagem de germinação (Figura 4) de sementes de pau marfim declinou com o tempo, para a embalagem de papel. Entretanto, a embalagem de vidro assumiu característica quadrática, obtendo a mínima germinação aos 228 dias após a coleta das sementes.

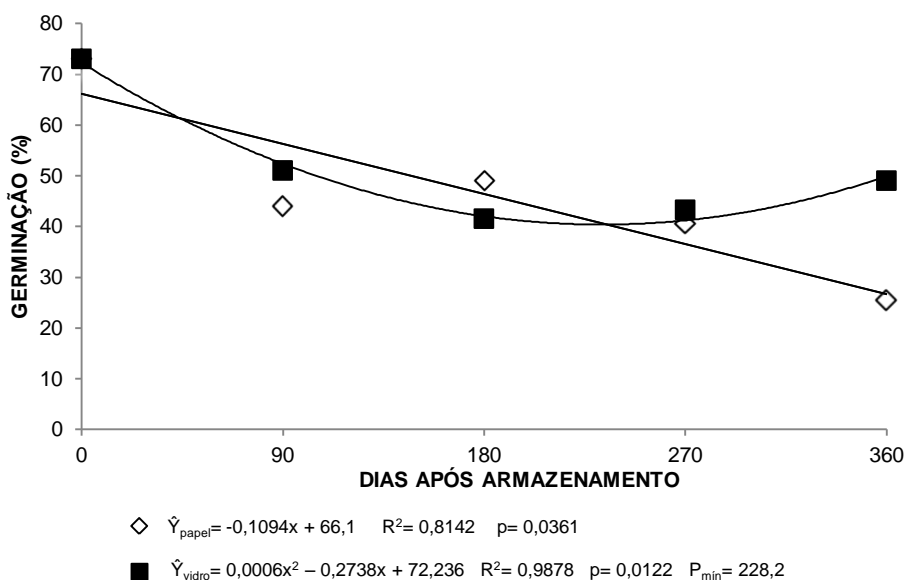


Figura 4 - Germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Entre Rios do Oeste, do desdobramento da interação entre diferentes embalagens de armazenamento durante o período de armazenamento.

Quando se refere a primeira contagem da germinação (Figura 5), a equação referente à embalagem de papel não foi significativa, e o recipiente de vidro ajustou-se ao modelo linear ascendente, mostrando o aumento no decorrer do tempo. Para a interação ambientes x períodos de armazenamento (Figura 6), a curva para o ambiente controlado mostra um aumento, a partir dos 100 dias de armazenamento, e a curva do ambiente não controlado não apresentou significância.

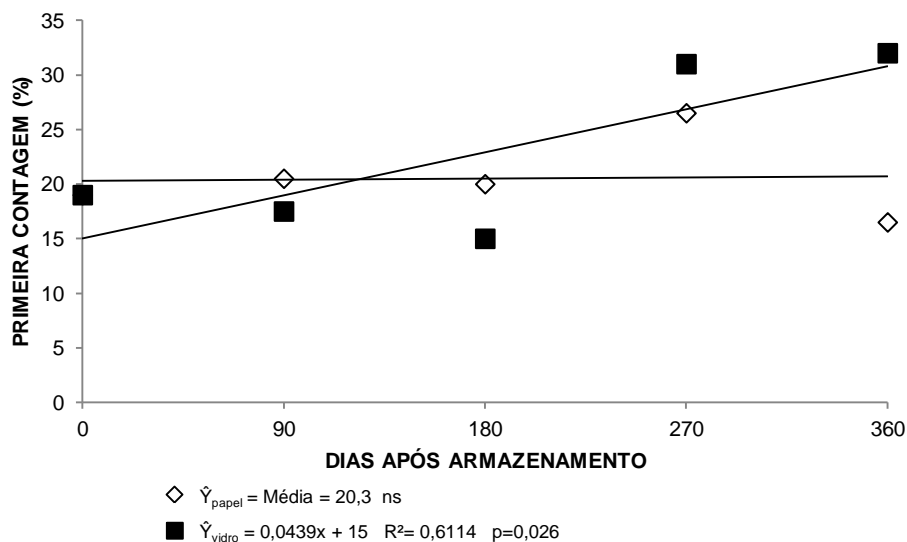


Figura 5 - Primeira contagem de germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Entre Rios do Oeste, do desdobramento da interação entre diferentes embalagens de armazenamento durante o período de armazenamento.

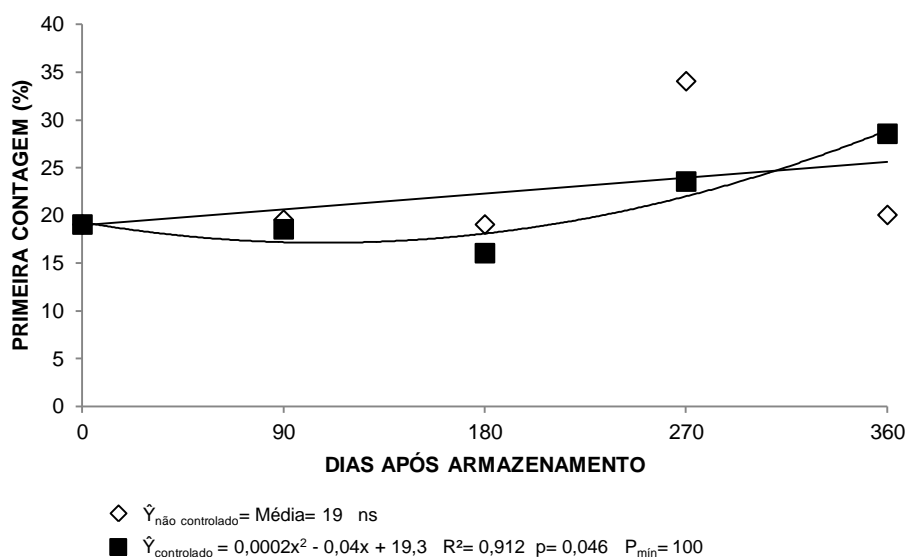


Figura 6 - Primeira contagem de germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Entre Rios do Oeste, do desdobramento da interação entre diferentes ambientes de armazenamento durante o período de armazenamento.

O índice de velocidade de germinação (Figura 7) mostrou a máxima germinação aos 250 dias de armazenamento para as sementes armazenadas na

embalagem de papel, e para o armazenamento em embalagem de vidro a máxima germinação foi observada ao final do período de armazenamento. As equações explicam em torno de 45% dos dados ( $R^2 = 0,45$ ), para ambos os recipientes utilizados.

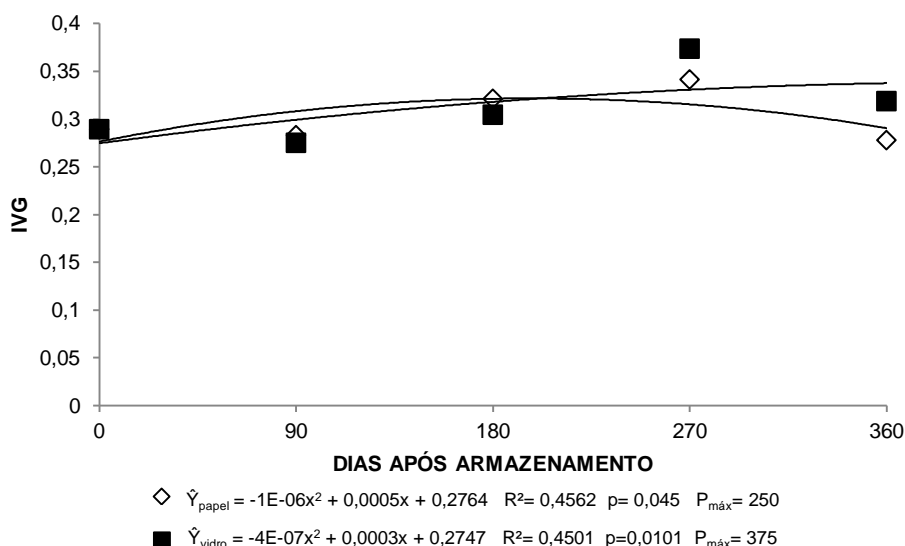


Figura 7 - Índice de Velocidade de Germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Entre Rios do Oeste, do desdobramento da interação entre diferentes embalagens de armazenamento durante o período de armazenamento.

As curvas referentes a primeira contagem de germinação, da procedência Diamante D'Oeste (Figura 8), distribuídas no tempo, ajustaram-se quadraticamente para ambos os ambientes de armazenamento. As duas equações apresentaram significância, sendo que para o ambiente não controlado a significância foi de 5% e para o ambiente controlado de 1%.

Pode-se observar que os valores de porcentagem aumentaram com o tempo, onde o máximo se deu aos 229 dias para o armazenamento em ambiente controlado e aos 255 dias em ambiente não controlado.

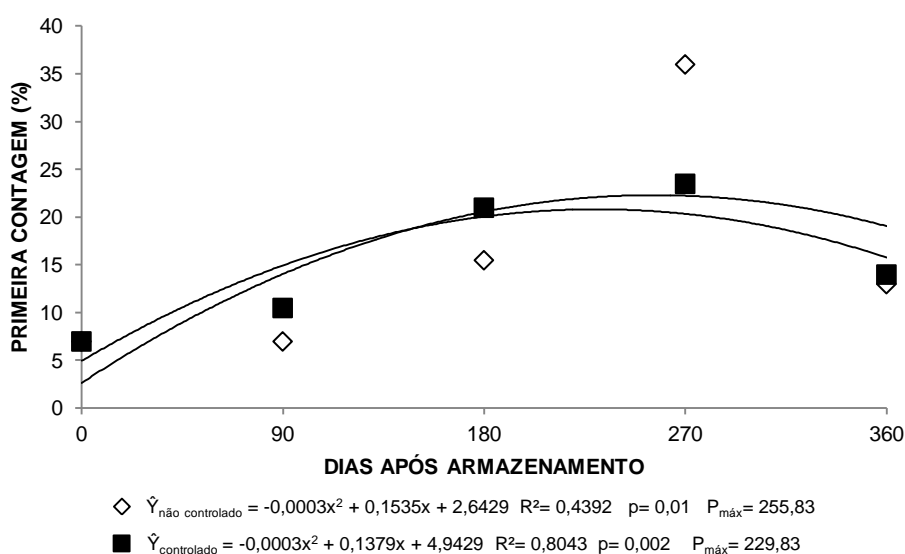


Figura 8 - Primeira contagem de germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Diamante D'Oeste do desdobramento da interação entre diferentes ambientes de armazenamento durante o período de armazenamento.

Observando a análise de variância (Tabela 15), nota-se o efeito simples do período de armazenamento sobre a porcentagem de germinação (Figura 9), a primeira contagem de germinação (Figura 10) e índice de velocidade de germinação (Figura 11) para a procedência Marechal Cândido Rondon.

Para as figuras referentes a Marechal Cândido Rondon, observa-se os maiores pontos das curvas de regressão, nos 180 dias após a coleta dos frutos para porcentagem de germinação (Figura 9), aos 234 dias para a primeira contagem de germinação (Figura 10) e aos 237 dias para o índice de velocidade de germinação (Figura 11). Este fato pode ser explicado novamente pela presença de dormência a qual foi se perdendo com o tempo.

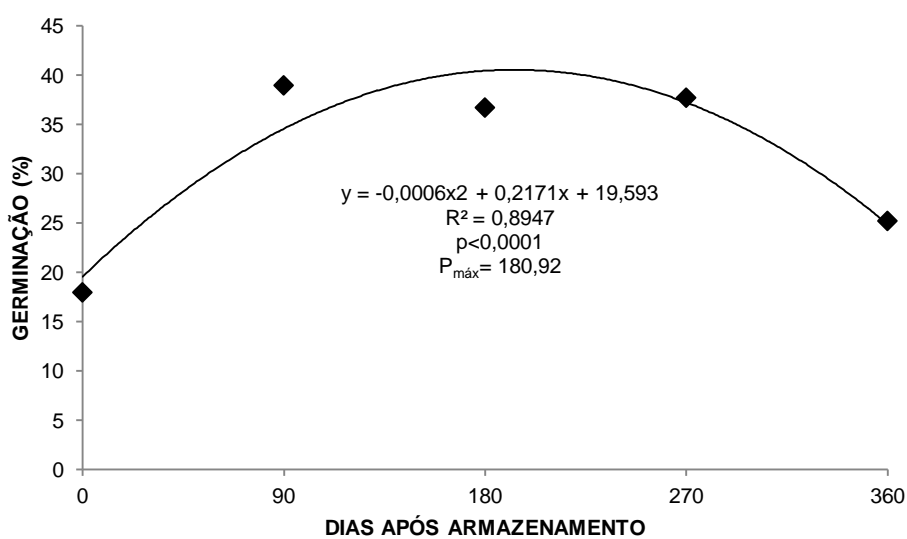


Figura 9 - Germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Marechal Cândido Rondon durante o período de armazenamento.

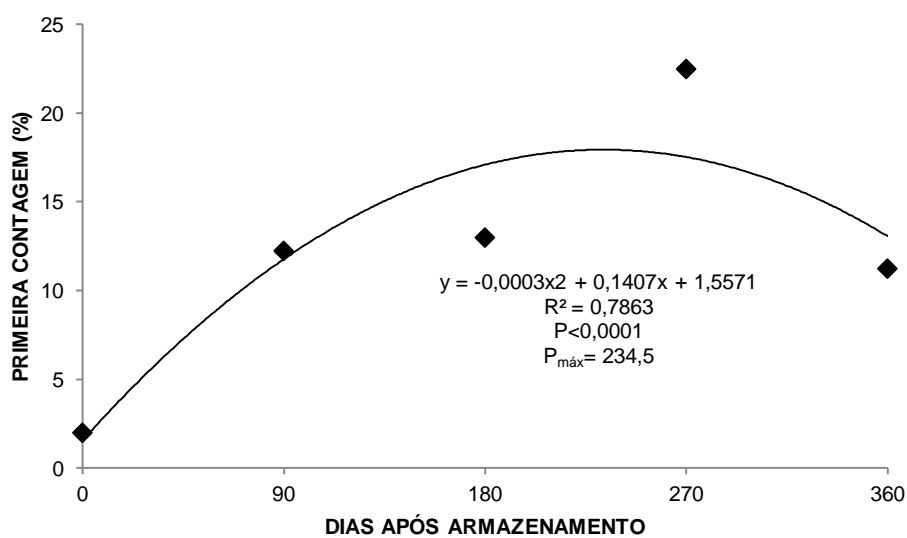


Figura 10 - Primeira contagem de germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Marechal Cândido Rondon durante o período de armazenamento.



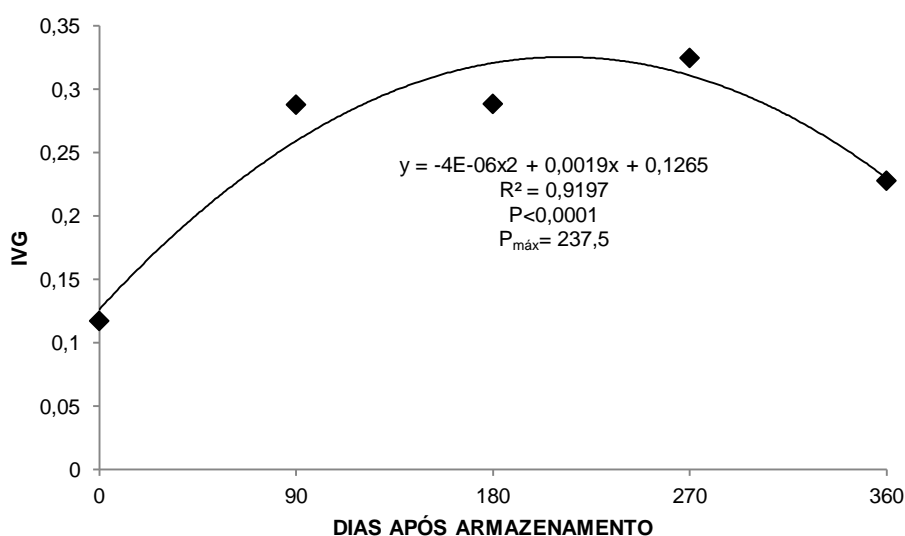


Figura 11 - Índice de velocidade de germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Marechal Cândido Rondon durante o período de armazenamento.

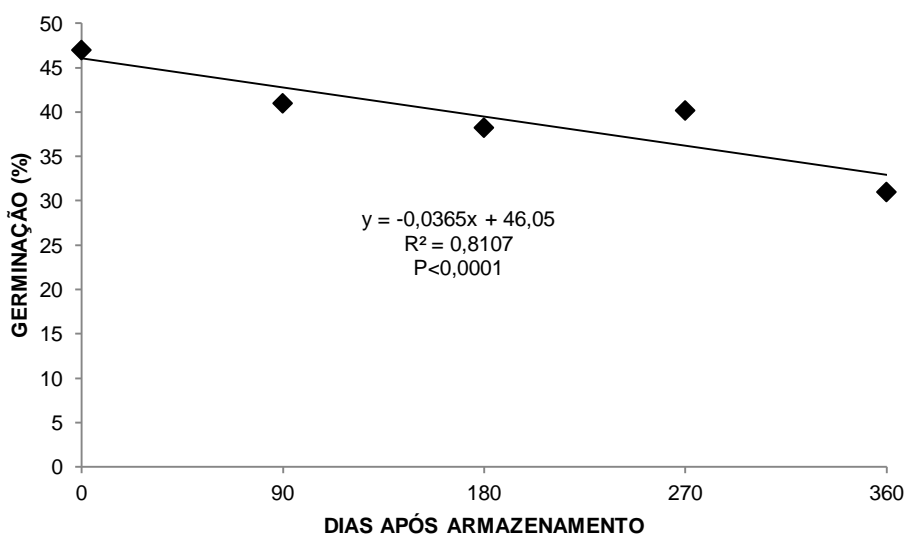


Figura 12 - Germinação de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Diamante D'Oeste durante o período de armazenamento.

O efeito significativo das condições de armazenamento foi observado sobre a germinação (Figura 12) e comprimento de plântulas (Figura 13), ambos da procedência Diamante D'Oeste.

Quando se refere à porcentagem de germinação de sementes, de Diamante D'Oeste (Figura 12), observa-se queda com o passar do tempo, evidenciando a redução de sua viabilidade após armazenamento. Este fato também foi constatado

por Botelho e Carneiro (1992), que relataram o decréscimo da porcentagem de germinação de sementes de *Kielmeyera coriácea* durante o armazenamento por 330 dias.

O comprimento das plântulas (Figura 13), para a procedência Diamante D'Oeste, foi explicado pelo ajuste quadrático de curva, sendo que o menor comprimento foi encontrado aos 255 dias.

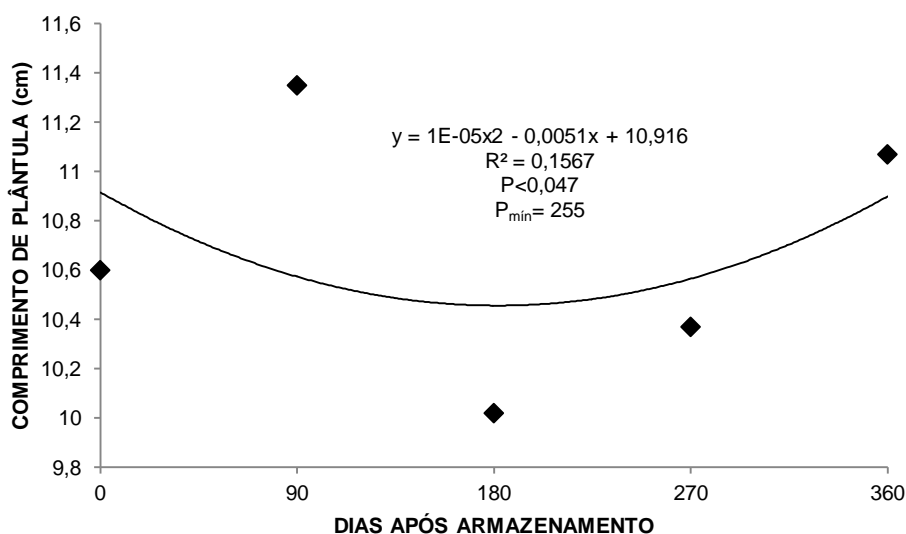


Figura 13 - Comprimento de plântulas de sementes *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Diamante D'Oeste durante o período de armazenamento.

Para a procedência Marechal Cândido Rondon, o comprimento de plântulas de *B. riedelianum* foi influenciado pela interação entre os fatores ambientes de armazenamento, recipientes onde os frutos foram armazenados e período de armazenamento (Tabela 15). O desdobramento desta interação tripla pode ser observado na Figura 14, em que para o ambiente não controlado, o recipiente papel teve ajuste linear, mostrando o aumento do comprimento com o tempo. Já, para o recipiente vidro, o ajuste foi quadrático, onde o ponto máximo ocorreu aos 248 dias.

Em ambiente controlado (Figura 14), apenas a equação para o recipiente papel foi significativa, apresentando seu ponto máximo também aos 237 dias.

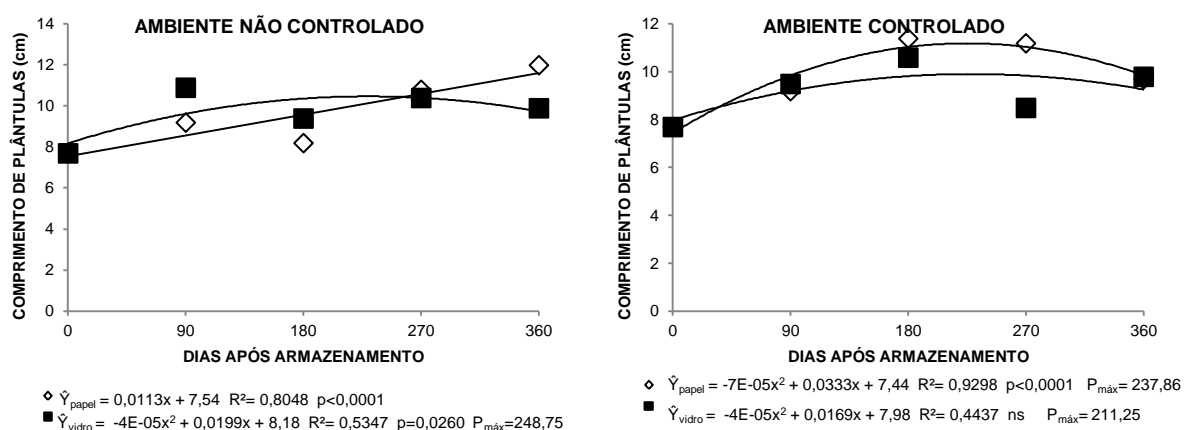


Figura 14 - Comprimento de plântulas de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, da procedência Marechal Cândido Rondon, do desdobramento da interação entre diferentes ambientes e embalagens de armazenamento durante o período de armazenamento.

#### 4 CONCLUSÕES

- Os frutos, armazenados em embalagens de vidro e em local sem controle das condições ambientais, não apresentaram variações, relacionadas ao teor de água, evidenciando, assim, a melhor maneira de armazenar frutos de pau marfim;
- Os valores da massa de mil frutos de pau marfim foram 329,5 g, 585,5 g e 450,0 g para as procedências Marechal Cândido Rondon, Entre Rios do Oeste e Diamante D'Oeste, respectivamente;
- Os frutos de *Balfourodendron riedelianum*, quando armazenados em embalagens impermeáveis de vidro, e em ambiente sem controle das condições ambientais, mantiveram seu potencial fisiológico, pelo período de 360 dias;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEREDO, G. A. et al. Germinação em sementes de espécies florestais da mata atlântica (leguminosae) sob condições de casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 33, n. 1, p. 11-16, 2003.
- BORBA FILHO, A. B. B.; PEREZ, S. C. J. G. A. Armazenamento de sementes de ipê-branco e ipê-roxo em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 259-269, 2009.
- BOTELHO, S. A.; CARNEIRO, J. G. A. Influência da umidade, embalagens e ambientes sobre a viabilidade e vigor de sementes de pau-santo (*Kielmeyera coriacea* MART.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 14, n. 1, p. 41-46, 1992.
- BOTEZELLI, L.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. M. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* VOGEL (BARU). **CERNE**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 09-18, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/LANARV. 2009. 398 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**. Brasília. 2013. 97 p.
- CABRAL, E. L.; BARBOSA, D. C. A.; SIMABUKURO, E. A. Armazenamento e germinação de sementes de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. F. Ex. S. Moore. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 17, n. 4, p. 609-617, 2003.
- CARVALHO, P. E. R. Pau-Marfim - *Balfourodendron riedelianum*. **EMBRAPA**, Colombo, PR, Circular Técnica, n. 93, 11p. dez. 2004.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 5. ed. Jaboticabal: Funep. 2012. 590p.
- CORLETT, F. M. F.; BARROS, A. C. S. A.; VILLELA, F. A. Qualidade fisiológica de sementes de urucum armazenadas em diferentes ambientes e embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 2, p.148-158, 2007.
- HEYDEKER, W. **Seed ecology**. London: University of Nottingham, 1972. 578 p.
- HONG, T. D.; ELLIS, R. H. S. In: VOZZO, J. A. **Tropical tree seed manual**. Washington: United States Department of Agriculture/Forest Service. 2003. p. 125-136.
- IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná. Disponível em: <<http://www.iapar.br/>>. Acesso em 28 mai. 2013.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Chicago, v. 2, n. 2, p. 176-177, apr.-jun. 1962.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.

MEDEIROS, A. C. S. Armazenamento de sementes de espécies florestais nativas. **EMBRAPA**, Colombo, PR, Documento, n. 66, 22 p., dez. 2001.

MELO, P. R. B. **Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de ipê-verde (*Cybistax antisyphilitica* (Mart.) Mart.)**. 2009. 122 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2009.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.) **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Comitê de Vigor de Sementes. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

PINTO JUNIOR, A. S. **Qualidade fisiológica de sementes de *Jatropha curcas* L.: efeito de embalagens, ambientes e períodos de armazenamento**. 2010. 63 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, 2010.

PINTO JUNIOR, A. S. et al. Armazenamento de sementes de pinhão manso em diferentes embalagens e ambientes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 636 - 643, 2012.

SAEG – **Sistema de Análises Estatísticas**, Versão 9.1. Viçosa, MG: UFV: Fundação Arthur Bernardes, 2007.

SANTOS, S. R. G. S.; PAULA, R. C. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) Smith & Downs. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 81, p. 007-016, mar. 2009.

SILVA, L. L.; PAOLI, A. A. S. Morfologia e anatomia da semente de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler – Rutaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 16-20, 2006.

SOUZA, V. C.; BRUNO, R. L. A.; ANDRADE, L. A. Vigor de sementes armazenadas de ipê-amarelo *Tabebuia serratifolia* (VAHL.) NICH. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 833-841, 2005.

VAZQUEZ-YANES, C.; OROZCO-SEGOVIA, A. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. **Annual Review of Ecology and Systematics**, New York, v. 24, p. 69-87, 1993.

### ARTIGO 3 ARMAZENAMENTO DE SEMENTES *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler

#### RESUMO

O *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler é uma espécie lenhosa nativa, de importância econômica, paisagística e ecológica, popularmente conhecida como pau marfim. Objetivou-se, neste estudo, determinar as constantes da equação de longevidade de pau marfim e prever o período de armazenamento das sementes desta espécie. Foram estudadas sementes, colhidas em Marechal Cândido Rondon, Entre Rios do Oeste e Diamante D'Oeste/PR. Para avaliação da germinação, foi utilizada a temperatura de 25 °C constante, com fotoperíodo de 16-8 horas. Armazenou-se, por 360 dias, os frutos em embalagem de vidro com capacidade para 500 ml, vedada com fita adesiva, em dois diferentes ambientes (controlado e não controlado). Para a elaboração das equações de longevidade determinou-se as constantes que compõem a equação através de curvas de regressão. Para sementes de pau marfim, as constantes encontradas a fim de prever a longevidade foram:  $Ke= 2,8667$ ;  $Cw=9,7697E-013$ ;  $Ch=1,3435E-012$  e  $Cq=1,1651E-013$ . Para as condições de armazenamento tanto a temperaturas médias 23 °C ou a 15 °C, e as sementes apresentando grau de umidade médio de 12%, as sementes de pau marfim podem ser armazenadas pelo período de até 2 anos. Os valores da Correlação de Pearson entre a porcentagem de germinação real e a porcentagem de germinação calculada foram 73% e 76%, para as procedências Entre Rios do Oeste e Diamante D'Oeste, e 77% e 74%, para ambiente não controlado e ambiente controlado, respectivamente. A procedência Marechal Cândido Rondon não apresentou correlação significativa.

**Palavras-chave:** Pau marfim. Sementes. Viabilidade. Constantes de viabilidade.

## ABSTRACT

The *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler is a native woody species of economic importance and ecological landscape, popularly known as ivory wood. The aim of this study was to determine the constants of longevity ivory wood equation and predict the shelf life of the seeds of this species. Seeds collected in Marechal Cândido Rondon, Entre Rios do Oeste and Diamante D'Oeste/PR were studied. For germination evaluation, the constant temperature of 25 °C, with a photoperiod of 16-8 hours was used. The fruit were stored for 360 days, fruit in glass container with a capacity of 500 ml, sealed with tape, in two different environments (controlled and uncontrolled). For the development of the equations of longevity it was determined constants that make the equation through regression lines. To seed ivory wood, the constants found to predict longevity were:  $K_e = 2.8667$ ;  $C_w = 9.7697 \text{ E-}013$ ;  $CH = 1.3435 \text{ E-}012$  and  $C_q = 1.1651 \text{ E-}013$ . Using the storage conditions with average temperatures of 23 °C or 15 °C, and the ivory wood seeds showing moisture content of 12%, can be stored for up to 2 years. The values of the Pearson Correlation between the percentage of real germination and the percentage of calculated germination were calculated 73% and 76% for the provenances Entre Rios do Oeste and Diamante D'Oeste, and 77% and 74% for uncontrolled and controlled environment, respectively.

**Keyword:** Ivory wood. Seeds. Viability. Constants of viability.

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente conscientização da sociedade para os problemas ecológicos, relacionados com a exploração dos recursos florestais, através da extração de matéria prima para vários fins, vem causando um considerável aumento na atividade de fiscalização e cumprimento das legislações ambientais e elevando, nos últimos anos, a demanda por sementes e mudas de espécies nativas para reposição florestal (AZEREDO et al., 2003).

O *Balfoufodendron riedelianum* (Engler) Engler, também conhecido como pau marfim, é uma espécie de grande importância para flora brasileira, podendo ser encontrada em grande área de distribuição no território brasileiro, desde Minas Gerais até o Rio Grande do Sul (CARVALHO, 2004; SILVA e PAOLI, 2006).

Ao discutir o armazenamento de sementes florestais, deve-se considerar quatro fatores principais: sobrevivência de sementes; ambiente de armazenamento, duração do armazenamento e a espécie estudada (HONG e ELLIS, 2003).

A determinação da viabilidade e do vigor das sementes após o beneficiamento, não é suficiente para estimar mudanças da qualidade fisiológica durante o armazenamento. Portanto, para prever a longevidade de sementes em condições controladas de temperatura do ambiente e grau de umidade da semente, Roberts (1973) determinou a equação básica de viabilidade, a princípio para sementes de trigo e arroz e, posteriormente, sua aplicação estendeu-se a um grande número de espécies, inclusive para espécies lenhosas.

As equações para estimar a longevidade das sementes teve início com Roberts, em 1973, continuando com Ellis e Roberts em 1980, Ellis e Roberts em 1981 e Nellist em 1981. Estes autores estimaram a longevidade de sementes ortodoxas em condições de armazenamento, utilizando os valores de temperatura do ambiente de armazenamento e grau de umidade das sementes, para a elaboração de equações logarítmicas (ROBERTS, 1973; TEIXEIRA, 2010).

Roberts (1973) identificou em vários estudos que a deterioração das sementes até a morte poderia ser modelada por uma distribuição normal, ao longo do período de armazenamento. Verificou, também, que os valores de viabilidade, em porcentagem de sementes germinadas, poderiam ser transformados em probit (ANDREOLI 2004; MARCONDES et al., 2007; TEIXEIRA, 2010). Segundo Vicent



(2013), probit é um tipo de regressão utilizada para analisar variáveis com resposta binomial, a qual transforma a curva sigmoide em uma linha reta, permitindo assim os dados serem analisados por meio de regressão através dos mínimos quadrados.

A primeira equação proposta por Roberts, para estimar a longevidade foi:

— Equação (1)

Onde:

= porcentagem de viabilidade das sementes (%), após período de armazenamento;

= constante que quantifica a viabilidade inicial do lote de sementes;

= tempo de armazenamento em dias;

= desvio padrão do número de sementes mortas em relação ao tempo.

A Equação (1) foi modificada por Ellis e Roberts em 1980, com o intuito de acrescer confiabilidade, utilizando a temperatura e o grau de umidade das sementes para descrever a viabilidade das mesmas durante o armazenamento (ANDREOLI 2004; MARCONDES et al., 2007; TEIXEIRA, 2010). A versão melhorada está representada na Equação (2):

————— Equação (2)

Sendo:

= porcentagem de viabilidade das sementes (%), após período de armazenamento;

= tempo de armazenamento em dias;

= constante que quantifica a viabilidade inicial do lote de sementes;

= constante relacionada com a espécie;

= grau de umidade das sementes (em base úmida);

= temperatura de armazenamento ( $^{\circ}\text{C}$ );

= constante que descreve o efeito relativo da umidade na longevidade;

e = constantes que descrevem o efeito da temperatura de armazenamento na longevidade.

A Equação (2) prevê a porcentagem de germinação, esperada para qualquer lote de sementes, durante o armazenamento, para diferentes valores de temperatura e grau de umidade das sementes, maneira relativamente simples e precisa (HONG e ELLIS, 2003; TEIXEIRA, 2010).

Segundo Chaves e Usberti (2003) e Hong e Ellis (2003), a Equação (2) baseia-se em quatro características essenciais da fisiologia de sementes:

a) embora a sobrevivência de lotes de sementes ou cultivares possa ser diferente quando armazenados sob condições idênticas, as curvas de sobrevivência são sigmóides simétricas, podendo ser descritas pela distribuição normal negativa cumulativa, tendo o mesmo desvio padrão em qualquer combinação de temperatura e grau de umidade;

b) a diferença relativa entre os lotes de sementes é mantida em todas as condições ambientais de armazenamento, em função do efeito relativo sobre a longevidade, pois qualquer alteração na temperatura ou grau de umidade é a mesma para todos os lotes;

c) existe uma relação logarítmica negativa entre a longevidade e o grau de umidade das sementes; e

d) a longevidade da semente aumenta exponencialmente com o decréscimo na temperatura, de tal modo que o Q10 (coeficiente de temperatura para mudança na taxa de perda de viabilidade para cada  $10^{\circ}\text{C}$  de aumento na temperatura) aumenta com a temperatura.

A determinação das constantes de espécies é um processo moroso e de consumo de muitos recursos, especialmente sementes. A constante pode ser afetada pela maturação das sementes (KEW GARDENS, 2013).

A aplicação da equação de viabilidade das sementes (Equação (2)) revela que a qualidade inicial das sementes ( ), desempenha um importante papel na garantia da sobrevivência das sementes durante o armazenamento. Quanto maior o

valor de  $\lambda$  mais será longo o período de manutenção da viabilidade para um determinado ambiente de armazenamento. As temperaturas nas quais a Equação (2) poderia ser aplicada variam entre  $-13^{\circ}\text{C}$  e  $90^{\circ}\text{C}$  (HONG e ELLIS, 2003).

Segundo Lopes (2007), os valores da constante  $\lambda$  variam conforme a espécie, sendo que espécies lenhosas possuem valores menores quando comparados com espécies não lenhosas.

Já, para Teixeira (2010), quando combinadas, as constantes  $\lambda$  e  $\lambda_0$  refletem a sensibilidade da longevidade relacionada à temperatura e esta relação quantitativa entre longevidade da semente e a temperatura não varia entre espécies, podendo ser aceitos os valores de  $\lambda = 0,0329$  e  $\lambda_0 = 0,000478$ .

Andreoli (2004) propôs um modelo simplificado para prever germinação de soja e milho armazenados em ambiente não controlado (Equação (3)), conforme exposto abaixo:

Equação (3)

Onde:

$V$  = viabilidade das sementes em 'probit';

$V_0$  = germinação inicial em 'probit';

$k$  = taxa de deterioração da semente para cada espécie;

$t$  = período de armazenamento (dias).

A constante  $k$  é específica de cada espécie e das condições ambientais do armazém, mas independe do genótipo e da qualidade inicial da semente.  $V_0$  é específico a cada lote de sementes e é a medida da sua qualidade inicial. Desde que  $V_0$  seja, de fato, a porcentagem de viabilidade em 'probit' no início do armazenamento, é possível estimar seu valor por meio do teste de germinação antevendo o armazenamento (ANDREOLI, 2004).

Sementes ortodoxas tem sua longevidade mantida de maneira específica e previsível, dentro de uma gama de condições ambientais. Logo, o desenvolvimento de equações é importante para prever a longevidade e o período de conservação destas sementes em bancos de germoplasmas, bem como a sua sensibilidade ao grau de umidade e temperatura no ambiente de armazenamento (VALOIS, 1996; LOPES, 2007).

Este trabalho teve como objetivo determinar as constantes da equação de longevidade de pau marfim e prever o período de armazenamento das sementes desta espécie.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 LOCAL DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO**

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Sementes e Mudas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, campus de Marechal Cândido Rondon, PR.

### **2.2 MATERIAL VEGETAL**

A espécie utilizada neste trabalho foi o *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, popularmente conhecida como pau marfim (RNC: 23531).

### **2.3 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE COLETA DOS FRUTOS E DAS MATRIZES**

Os frutos de pau marfim foram coletados manualmente, em julho de 2011, de 15 matrizes previamente marcadas dentro do convênio UNIOESTE/ITAIPU BINACIONAL.

As matrizes foram escolhidas de acordo com os seguintes critérios: a espécie ser preferencialmente nativa da floresta estacional semidecidual; estar localizada em fragmento de floresta nativa; ser de porte adulto (com floração/frutificação aparente); matrizes de uma mesma espécie, distantes pelo menos 500 m entre si.

Foram selecionados os frutos maduros, coletados em três localidades da região Oeste do Paraná: Marechal Cândido Rondon, Diamante D'Oeste e Entre Rios do Oeste. A mistura dos frutos das matrizes de cada município foi considerada como procedência.

As três localidades apresentam Clima Subtropical Úmido (tipo Cfa) segundo classificação de Köppen, com temperatura média no mês mais frio inferior a 18 °C e temperatura média, no mês mais quente, acima de 22 °C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. Predominam solos do tipo Latossolo Roxo Eutrófico, argiloso, profundo e de boa drenagem.

A altitude média é de 420 metros e as coordenadas geográficas 24°33'24" latitude sul e 54°03'24" longitude oeste para Marechal Cândido Rondon, 514 metros e 24°56'46" S e 54°06'13" O para Diamante D'Oeste e 253 metros e 24°42'24" S e 54°14'36" O para Entre Rios do Oeste, respectivamente (IAPAR, 2013).

#### 2.4 BENEFICIAMENTO DOS FRUTOS

Após a coleta dos frutos, estes foram secos em local aberto e ventilado, por um período de 15 dias, até atingirem 12% de grau umidade, na Fazenda Experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, campus de Marechal Cândido Rondon, PR, acomodados em armação de madeira e tela, conforme Figura 1.



Figura 1 - Secagem dos frutos sobre armação de madeira e tela.  
Fonte: Ignácio (2013).

Depois de secos, realizou-se o beneficiamento manual dos frutos, retirando as alas por meio de fricção mecânica sobre peneira de metal.

## 2.5 ARMAZENAMENTO DOS FRUTOS

Após o beneficiamento, os frutos foram enviados ao Laboratório de Sementes e Mudas da UNIOESTE, campus de Marechal Cândido Rondon, PR, onde foram armazenados em frascos de vidro com tampa, com capacidade de 500 ml, vedados com fita adesiva. Os recipientes foram acomodados em bandejas plásticas e acondicionados em dois ambientes distintos, sendo um em ambiente não controlado e o outro em ambiente controlado, até sua utilização.

No primeiro ambiente, não havia controle das condições ambientais e estas variaram de acordo com as apresentadas na Figura 2. Já, o segundo ambiente possuía ar condicionado e desumidificador para controle das condições ambientais e estas variaram entre 14 e 16 °C de temperatura e 65 e 75% de umidade relativa, monitoradas com Data Logger, modelo AK 275.

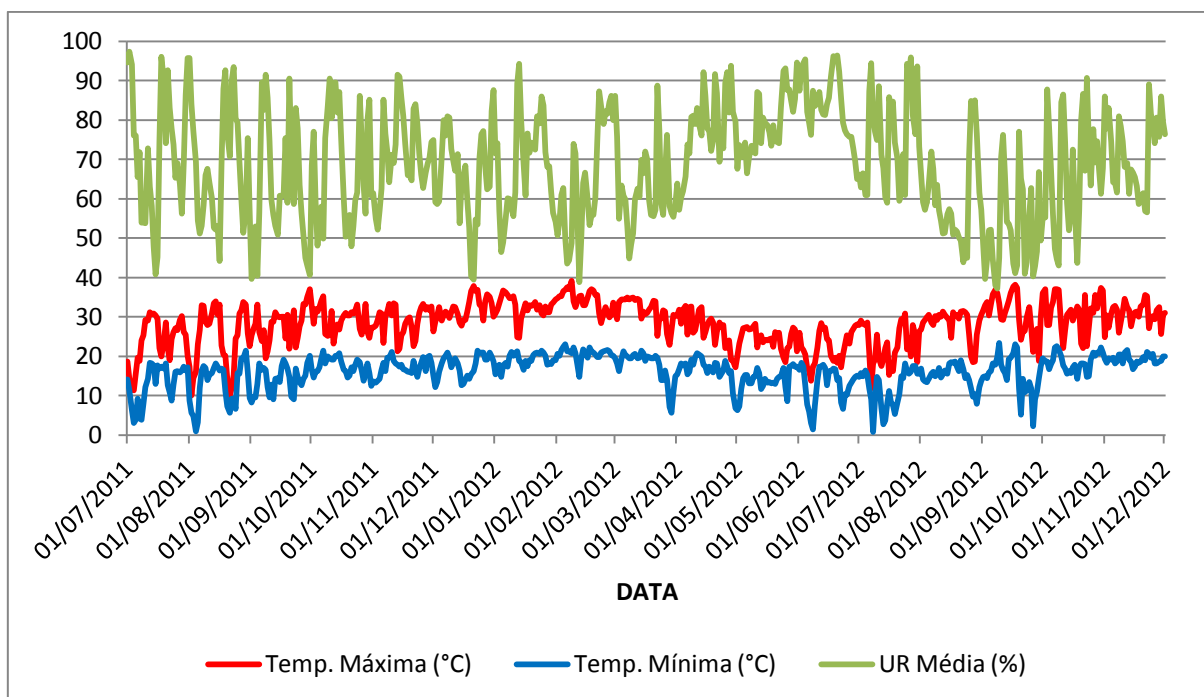


Figura 6 - Dados meteorológicos da Estação Experimental da UNIOESTE no município de Marechal Cândido Rondon, PR.

Fonte: UNIOESTE (2013)

## 2.6 AVALIAÇÃO DOS FRUTOS

### 2.6.1 Grau de Umidade e Peso de Mil

Determinou-se o grau de umidade e peso de mil de acordo com os princípios das Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

O grau de umidade foi determinado pelo método da estufa, com temperatura de  $105 \pm 2$  °C durante 24 horas, utilizando-se recipientes, confeccionados com papel alumínio para acomodar as amostras a serem secas e 4 repetições, contendo aproximadamente 2 gramas de sementes por repetição (BOTEZELLI et al., 2000). Após a secagem, as repetições foram transferidas para dessecadores, contendo sílica gel, visando o resfriamento das mesmas e, posteriormente, pesadas em balança digital com precisão de quatro casas decimais. Os resultados foram expressos em porcentagem na base úmida.

Para determinar o peso de mil, utilizou-se 8 repetições, sendo cada uma delas composta por 100 sementes, e estas pesadas em balança digital com precisão de quatro casas decimais. Os resultados foram calculados, multiplicando-se por 10 o peso médio das repetições, e estes, foram expressos em gramas (BRASIL, 2009).

## 2.7 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA

Os frutos são as unidades disseminadoras desta espécie, e para facilitar o entendimento neste trabalho, denominaram-se os mesmos de sementes.

A avaliação da qualidade fisiológica das sementes foi realizada através da análise de germinação, primeira contagem da germinação e do índice de velocidade de germinação, seguindo os princípios das Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

### 2.7.1 Teste de Germinação

O teste de germinação foi conduzido em câmara de germinação do tipo BOD, utilizando a temperatura de  $25\pm 2$  °C constante, com fotoperíodo de 8 horas de luz e 16 horas de escuro, seguindo metodologia proposta por Melo (2009).

Foram utilizadas 4 repetições de 25 sementes por tratamento. Os frutos ficaram submersos em água destilada à temperatura ambiente por período de 24 horas para superação da dormência de acordo com Carvalho (2004).

Os frutos foram dispostos em rolo de papel germitest, umedecido com água destilada na quantidade de 2,5 vezes o peso do papel. Na metade do período de avaliação, o papel foi substituído por outro porque se apresentava em estado deteriorado.

Foram realizadas contagens diárias, a partir da constatação da primeira semente germinada, até cessar a germinação, variando para cada temperatura utilizada. A contagem iniciou-se, aos 20 dias, após a semeadura (PINTO JR, 2010).

Em cada unidade disseminadora encontrou-se mais de uma plântula, mas computou-se apenas primeira.

Para a realização do cálculo da porcentagem de germinação, utilizou-se a Equação (4) (BRASIL,2009):

$$G (\%) = (N/A) \times 100$$

Equação (4)

Onde:

G = porcentagem de germinação;



N = número de sementes germinadas;

A = número total de sementes colocadas para germinar.

## 2.8 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE DOS DADOS

O delineamento experimental, utilizado, foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2x3x5 (2 ambientes de armazenamento, 3 procedências e 5 períodos de armazenamento).

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade de Lilliefors, e por apresentarem distribuição normal não foi necessária nenhuma transformação. Depois, os dados foram submetidos à análise de variância, seguida do teste de Tukey ( $p > 0,005$ ) para a comparação das médias, utilizando-se o programa estatístico SAEG, Versão 9.1 (SAEG, 2007).

## 2.9 EQUAÇÕES DE LONGEVIDADE

Após a obtenção de todos os dados de qualidade de sementes, foram elaboradas equações de viabilidade, propostas por Ellis e Roberts (1980), através da Equação (5), com a finalidade de prever a viabilidade das sementes de pau marfim durante o armazenamento.

---

Equação (5)

Sendo:

= porcentagem de viabilidade das sementes, após período de armazenamento;

= tempo de armazenamento em dias;

= constante que quantifica a viabilidade inicial do lote de sementes;

= constante relacionada com a espécie;

= grau de umidade das sementes (em base úmida);

= temperatura de armazenamento ( $^{\circ}\text{C}$ );

= constante que descreve o efeito relativo da umidade na longevidade;

e = constantes que descrevem o efeito da temperatura de armazenamento na longevidade.

Para cada procedência em cada ambiente de armazenamento, os valores médios de porcentagem de germinação, foram transformados em probit, utilizando-se a tabela de transformação de valores de porcentagem proposta por Finney (1952) (Tabela 1). Na obtenção da equação de viabilidade, torna-se necessária a transformação dos dados, pois, deste modo, os ciclos de vida individuais das sementes ficam distribuídos de maneira uniforme.

Tabela 7 - Tabela de conversão de probit para porcentagem.

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	2.67	2.95	3.12	3.25	3.36	3.45	3.52	3.59	3.66
10	3.72	3.77	3.82	3.87	3.92	3.96	4.01	4.05	4.08	4.12
20	4.16	4.19	4.23	4.26	4.29	4.33	4.36	4.39	4.42	4.45
30	4.48	4.50	4.53	4.56	4.59	4.61	4.64	4.67	4.69	4.72
40	4.75	4.77	4.80	4.82	4.85	4.87	4.90	4.92	4.95	4.97
50	5.00	5.03	5.05	5.08	5.10	5.13	5.15	5.18	5.20	5.23
60	5.25	5.28	5.31	5.33	5.36	5.39	5.41	5.44	5.47	5.50
70	5.52	5.55	5.58	5.61	5.64	5.67	5.71	5.74	5.77	5.81
80	5.84	5.88	5.92	5.95	5.99	6.04	6.08	6.13	6.18	6.23
90	6.28	6.34	6.41	6.48	6.55	6.64	6.75	6.88	7.05	7.33
%	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
99	7.33	7.37	7.41	7.46	7.51	7.58	7.65	7.75	7.88	8.09

Fonte: Finney (1952).

Os resultados, em probit, foram submetidos à análise de regressão linear, obtendo-se a curva de sobrevivência das sementes e, conseqüentemente, o valor de  $y_0$ , que é o ponto de interceptação da curva no eixo y.

Específico para cada procedência das sementes, o valor de  $\mu$ , foi equacionado em função dos resultados do teste de germinação antes do armazenamento.

Para melhor compreensão, os dados de porcentagem de germinação, depois de armazenamento a cada combinação de grau de umidade/temperatura, foram colocados em gráficos X-Y e as linhas de regressão linear foram obtidas, a partir de valores de probit, através da mudança da escala no eixo Y.

Valores de sigma, para cada combinação de temperatura de armazenamento e grau de umidade dos frutos, foram determinados por meio de regressão linear com base nas curvas de sobrevivência dos frutos (o valor de sigma é igual ao negativo do inverso do coeficiente angular da reta). Com o uso de logaritmos decimais de sigma e de grau de umidade, para cada tratamento umidade/temperatura, foi possível a obtenção das constantes específicas para a definição da equação de longevidade para a espécie.

Os coeficientes, apresentados na equação de viabilidade ( $\mu$ ,  $\sigma$ , e  $\mu$ ) foram determinados, utilizando-se regressão linear múltipla, em função do grau de umidade inicial das sementes (12%) e da temperatura média no armazenamento (23 °C em ambiente não controlado e 15 °C em ambiente controlado).

Para obtenção das curvas de viabilidade e realização das regressões, utilizou-se o software Sigma Plot versão 12.0 (SIGMA PLOT, 2011).

Após a obtenção dos valores de porcentagem de germinação estimados pelas equações, estes foram correlacionados com os valores reais encontrados no experimento, utilizando-se a Correlação de Pearson do programa estatístico SAEG, Versão 9.1 (SAEG, 2007).

Realizou-se simulação no programa Seed Viability Equation: Viability Utility, para prever o tempo de armazenamento do pau marfim, no site do Kew Gardens (KEW GARDENS, 2013).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de sobrevivência de sementes de *B. riedelianum* (Figuras 3 e 4) apresentaram o mesmo formato e a mesma distribuição cumulativa negativa, para

todas as procedências nos diferentes ambientes de armazenamento, porém com taxas de decréscimo diferenciadas, sendo mais acentuadas para as procedências Entre Rios do Oeste e Diamante D'Oeste na Figura 3.

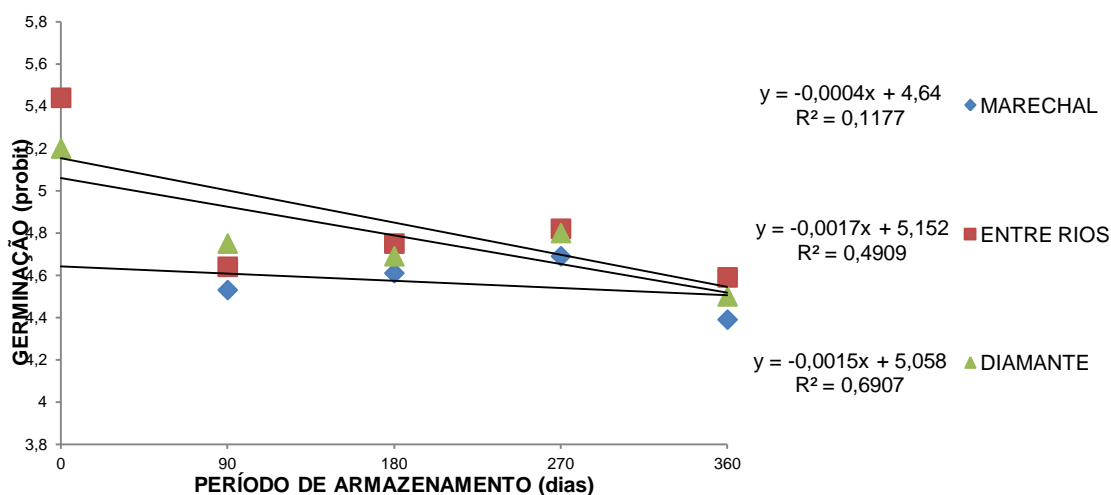


Figura 3 - Curva de sobrevivência, em probit, de sementes *Balfourodendron riedelianum*, armazenadas em ambiente não controlado (23 °C), apresentando grau de umidade médio de 12%.

Em todas as procedências, ocorreu redução da germinação em probit, sendo esta mais acentuada no ambiente controlado (15 °C) (Figura 4), quando comparada ao ambiente não controlado (23 °C) (Figura 3). Não há concordância com Fantinatti e Usberti (2007), que encontraram maiores declínios em ambientes com as maiores temperaturas, trabalhando com *Eucalyptus grandis*.

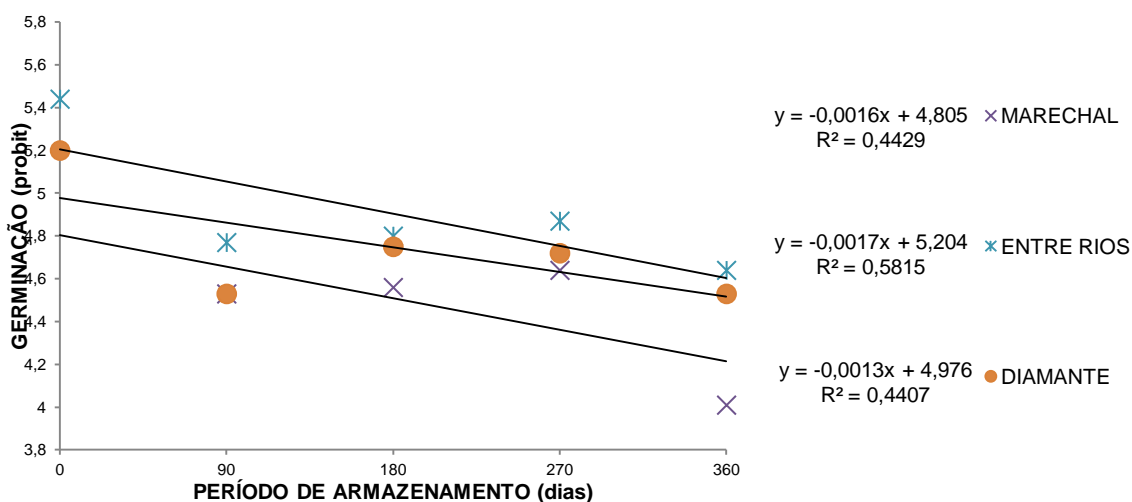


Figura 4 - Curva de sobrevivência, em probit, de sementes *Balfourodendron riedelianum*, armazenadas em ambiente controlado (15 °C), apresentando grau de umidade médio de 12%.

É possível verificar a diferença significativa entre o valor de  $K_i$  nas procedências e, entre os ambientes, dentro da mesma procedência (Tabela 2), comprovando os resultados de Hay et al. (2003), que também encontraram diferenças para sementes de *Arabidopsis thaliana* e relataram que a qualidade inicial é dependente do genótipo e das condições de pré armazenamento, bem como a interação entre eles.

Tabela 2 - Qualidade inicial estimada ( $K_i$ , em probit) de sementes *Balfourodendron riedelianum*, de diferentes procedências, nos ambientes de armazenamento: não controlado (23°C) e controlado (15°C).

Procedência	Ambientes	$K_i$ estimado	Desvio Padrão	$R^2$
Mal. Cdo. Rondon	Não controlado	4,640	0,1554	0,4410
	Controlado	4,805	0,2384	0,1581
Entre Rios do Oeste	Não controlado	5,152	0,2189	0,7006
	Controlado	5,204	0,1800	0,7620
Diamante D'Oeste	Não controlado	5,058	0,1278	0,8311
	Controlado	4,976	0,1832	0,6638

Em pau marfim, observa-se grande diferença entre os coeficientes para determinar a longevidade de suas sementes, específico para cada condição de armazenamento (Tabela 3). Então determinou-se as constantes (Ke, Cw, Ch e Cq) independente das condições de armazenamento (geral na Tabela 3). Estas constantes podem ser utilizadas para determinar a longevidade de sementes de *B. riedelianum*.

Tabela 3 - Coeficientes para determinar a longevidade de sementes de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler.

Procedência	Ambientes	Ke	DP*	Cw	DP*	Ch	DP*	Cq	DP*
Mal. Cdo. Rondon	Não controlado	3,4040	555881,1824	2,2685E-009	31,8270	0,0012	2751,4002	2,570E-007	1616,7081
	Controlado	3,2494	2355064,0774	0,4468	40,5561	1,9294E-007	5790,9398	7,1664E-008	10115,2693
Entre Rios do Oeste	Não controlado	2,7731	478882,0372	2,3604E-009	79,5535	2,4393E-005	2893,4492	2,1576E-007	954,5891
	Controlado	2,7787	503170,5939	2,6489E-009	13,5788	1,8160E-006	2315,0010	2,5170E-006	2381,4456
Diamante D'Oeste	Não controlado	6,0425	558738,3644	3,2461	17,2364	3,0364E-006	941,0941	8,0525E-013	1095,7302
	Controlado	11,0187	8388355,7044	6,7508	28,6862	0,0003	22599,0599	0,0047	37873,4836
GERAL		2,8667	1221,3691	9,7697E-013	6,7187	1,3435E-012	134,5526	1,1651E-013	3,5407

\* DP = Desvio padrão

Lopes (2007) citou que os coeficientes de viabilidade ou as constantes da equação de viabilidade, podem ser empregados para estimar a longevidade das sementes, durante o armazenamento, e permitem prognóstico seguro para qualquer lote homogêneo de sementes, dentro de uma ampla faixa de condições de armazenamento.

Ellis e Roberts (1980) afirmaram que as constantes Ch e Cq, quando combinadas, refletem a sensibilidade da longevidade à temperatura do ambiente de armazenamento.

De acordo com as constantes encontradas (Tabela 3), demonstra-se que cada espécie possui valores específicos, discordando de Teixeira (2010) que descreveu a utilização valores únicos de Ch e Cq para qualquer espécie.

Apesar de este estudo ter sido realizado com o intuito de estimar as constantes para a espécie pau marfim, há necessidade de continuidade com diferentes temperaturas de armazenamento e diferentes graus de umidade.

Em simulação realizada no programa Seed Viability Equation: Viability Utility do Kew Gardens, London (KEW GARDENS, 2013) estimou-se um armazenamento por um período máximo de 2 anos para sementes de pau marfim, diferente do encontrado por Fowler e Martins (2001), que obteve um tempo máximo de armazenamento por 1 ano.

Tabela 4 - Correlação de Pearson entre os valores de porcentagem de germinação reais e os valores estimados pelas equações de longevidade, de três procedências.

	Ambiente não controlado	Ambiente controlado	Média Procedência
Marechal Cândido Rondon	0,42 ns	0,14 ns	0,08 ns
Entre Rios	0,70 ns	0,76 ns	0,73 **
Diamante	0,82 *	0,70 ns	0,76 **
Média ambientes	0,77 **	0,74 **	0,75 **

\*\* e \*: significativo a 1% e 5% pelo teste t, respectivamente; ns: não significativo.

Os valores de porcentagem de germinação reais estão correlacionados positivamente com os valores calculados a 73% e 76%, para as procedências Entre Rios do Oeste e Diamante D'Oeste respectivamente, enquanto para a procedência Marechal Cândido Rondon a correlação não foi significativa (Tabela 4).

Observando os ambientes de armazenamento, ambos apresentaram correlação positiva, apresentando os valores de 77% e 74%, para ambiente não controlado e ambiente controlado, respectivamente (Tabela 4). Isto demonstra que as equações encontradas nas Figuras 3 e 4, simulam com precisão a realidade encontrada neste trabalho.

## 4 CONCLUSÕES

- Para sementes de pau marfim, as constantes encontradas a fim de predizer a longevidade foram:  $K_e= 2,8667$ ;  $C_w=9,7697E-013$ ;  $C_h=1,3435E-012$  e  $C_q=1,1651E-013$ .
- Para as condições de armazenamento com temperaturas médias de 23 °C ou de 15 °C, e as sementes apresentando grau de umidade médio de 12%, as sementes de pau marfim podem ser armazenadas pelo período de até 2 anos.
- Os valores da Correlação de Pearson entre a porcentagem de germinação real e a porcentagem de germinação calculada foram 73% e 76%, para as procedências Entre Rios do Oeste e Diamante D'oeste, e 77% e 74%, para ambiente não controlado e ambiente controlado, respectivamente. A procedência Marechal Cândido Rondon não apresentou correlação significativa. Isto demonstra que as equações encontradas neste trabalho, simulam com precisão a realidade.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREOLI, C. Simplificação da equação de viabilidade para prever a longevidade de sementes de milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 911-917, set. 2004.
- AZEREDO, G. A. et al. Germinação em sementes de espécies florestais da mata atlântica (leguminosae) sob condições de casa de vegetação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 33, n. 1, p. 11-16, 2003.
- BOTEZELLI, L.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M. M. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* VOGEL (BARU). **CERNE**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 09-18, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/LANARV. 2009. 398p.
- CARVALHO, P. E. R. Pau-Marfim - *Balfourodendron riedelianum*. **EMBRAPA**, Colombo, PR, Circular Técnica, n. 93, 11p. dez. 2004.
- CHAVES, M. M. F.; USBERTI, R. Previsão da longevidade de sementes de faveiro (*Dimorphandra mollis* Benth.). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 557-564, out.-dez. 2003.
- ELLIS, R.H.; ROBERTS, E.H. Improved equations for the prediction of seed longevity. **Annals of Botany**, Oxford, v. 45, p. 13-30, 1980.
- FANTINATTI, J. B.; USBERTI, R. Seed viability constants for *Eucalyptus grandis*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 1, p. 111-117, jan. 2007.
- FINNEY, D. J., Ed. **Probit Analysis**. Cambridge, England, Cambridge University Press. 1952.
- FOWLER, J. A. P.; MARTINS, E. G. Manejo de sementes de espécies florestais. **EMBRAPA**, Colombo, PR, Documento, n. 58, 71p. nov. 2001.
- HAY, F. R. et al. One-step analysis of seed storage data and the longevity of *Arabidopsis thaliana* seeds. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 54, n. 384, p. 993-1011, March. 2003.
- HONG, T. D.; ELLIS, R. H. S. In: VOZZO, J. A. **Tropical tree seed manual**. Washington: United States Department of Agriculture/Forest Service. 2003. p. 125-136.
- IAPAR – **Instituto Agrônomo do Paraná**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/>>. Acesso em 28 mai. 2013.
- KEW GARDENS. **Seed Viability Equation: Viability Utility**. Disponível em: <<http://data.kew.org/sid/viability/>>. Acesso em 25 de jun. 2013.

LOPES, J. F. **Equacionamento da longevidade de sementes de tomate**. 2007. 56 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

MARCONDES, M. C.; ANDREOLI, C.; MIGLIORANZA, E. Equação de viabilidade para determinar a longevidade de sementes de trigo sob condições diferenciadas em armazenamento convencional. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 29, n. 3, p. 202-207, 2007.

MELO, P. R. B. **Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de ipê-verde (*Cybistax antisiphilitica* (Mart.) Mart.)**. 2009. 122 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2009.

PINTO JUNIOR, A. S. **Qualidade fisiológica de sementes de *Jatropha curcas* L.: efeito de embalagens, ambientes e períodos de armazenamento**. 2010. 63 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, 2010.

ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 1, n. 4, p. 499-514, 1973.

SAEG – **Sistema de Análises Estatísticas**, Versão 9.1. Viçosa, MG: UFV: Fundação Arthur Bernardes, 2007.

SIGMA PLOT, **Scientific Graphing Software**: Versão 12.0. San Rafael, Jandel Corporation, 2011.

SILVA, L. L.; PAOLI, A. A. S. Morfologia e anatomia da semente de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler – Rutaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 28, n. 1, p. 16-20, 2006.

TEIXEIRA, J. M. **Análise Bayesiana do modelo de Ellis e Roberts para estimar a viabilidade de sementes de café armazenadas**. 2010. 80 f. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

VALOIS, A. C. C. Conservação de germoplasma vegetal “ex situ”. In: PERIGNAU, Juan P. (Ed.) **Conservación de germoplasma vegetal**. Montevideo: II CA – Procisus, 1996. p. 7-12.

VINCENT, K. **Probit Analysis**. Disponível em:<  
<http://userwww.sfsu.edu/efc/classes/biol710/probit/ProbitAnalysis.pdf> >. Acesso em 20 de jun. 2013.

## CONCLUSÕES GERAIS

- A germinação de sementes de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, não sofreu efeito da temperatura constante de 25 °C, quando comparadas com temperaturas alternadas de 20-30 °C;
- O comprimento das plântulas de pau marfim, não foi influenciado pela temperatura de 25 °C constante e pela temperatura alternada de 20-30 °C, a partir de 90 dias de armazenamento;
- Entre as procedências, a de Entre Rios do Oeste destacou-se das demais aos 0 e 360 dias, quando apresentou as maiores velocidades de germinação;
- Os frutos de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, quando armazenadas em embalagens impermeáveis de vidro, em ambiente com controle das condições ambientais, mantiveram suas características fisiológicas, pelo período de 360 dias.
- Os frutos de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler, quando armazenados em embalagens impermeáveis de vidro, e em ambiente com controle das condições ambientais, mantiveram suas características fisiológicas, pelo período de 360 dias;
- Os frutos, armazenados em embalagens de vidro e em local sem controle das condições ambientais, não apresentaram variações, relacionadas ao teor de água, evidenciando, assim, a melhor maneira de armazenar frutos de pau marfim;
- Os valores da massa de mil frutos de pau marfim foram 329,5 g, 585,5 g e 450,0 g para as procedências Marechal Cândido Rondon, Entre Rios do Oeste e Diamante D'Oeste, respectivamente;
- Para sementes de pau marfim, as constantes encontradas a fim de prever a longevidade foram:  $Ke= 2,8667$ ;  $Cw=9,7697E-013$ ;  $Ch=1,3435E-012$  e  $Cq=1,1651E-013$ .
- Para as condições de armazenamento com temperaturas médias de 23 °C ou de 15 °C, e as sementes apresentando grau de umidade médio de 12%, as sementes de pau marfim podem ser armazenadas pelo período de até 2 anos.
- Os valores da Correlação de Pearson entre a porcentagem de germinação real e a porcentagem de germinação calculada foram 73% e 76%, para as

procedências Entre Rios do Oeste e Diamante D'Oeste, e 77% e 74%, para ambiente não controlado e ambiente controlado, respectivamente. A procedência Marechal Cândido Rondon não apresentou correlação significativa. Isto demonstra que as equações encontradas neste trabalho, simulam com precisão a realidade.