

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

**FABIANE CRISTINA GUSATTO**

**SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex  
Steudel**

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON  
2015**

**FABIANE CRISTINA GUSATTO**

**SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex  
Steudel**

Tese 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.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marlene de Matos Malavasi.

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

**2015**

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

Gusatto, Fabiane Cristina  
G982c Secagem e armazenamento de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida  
ex Steudel/ Fabiane Cristina Gusatto. - Marechal Cândido  
Rondon, 2015.  
x, 46 p.

Orientadora: Dr. Marlene de Matos Malavasi

Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual do  
Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2015.

1. Árvores - Brasil. 2. Silvicultura. 3. Louro-pardo -  
Sementes. I. Malavasi, Marlene de Matos. II. Título.

CDD 22.ed.634.95

CIP-NBR 12899

**FABIANE CRISTINA GUSATTO**

**SECAGEM E ARMAZENAMENTO DE *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex  
Steudel**

**Tese 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.**

APROVADA em:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Michele Fernanda Bortolini  
(PUC)

---

Prof. Dr. Edmar Soares de Vanconcelos  
(UNIOESTE)

---

Prof. Dr. João Alexandre Lopes Dranski  
(UNIOESTE)

---

Prof. Dr. UbirajaraContro Malavasi  
(UNIOESTE)

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marlene de Matos Malavasi  
(Orientador)  
(UNIOESTE)

**DEDICO**

A Deus.

A minha família.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado sabedoria, força e coragem para seguir em frente, vencendo mais uma etapa.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná pela oportunidade de realizar mais trabalho.

Aos professores e colaboradores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia pelos ensinamentos e auxílio na realização deste trabalho.

À professora Dra. Marlene de Matos Malavasi pelos ensinamentos, auxílio e dedicação em mais um trabalho.

Ao professor Dr. Ubirajara Contro Malavasi pelos ensinamentos transmitidos e dedicação ao longo desta caminhada.

Ao professor Dr. José Marcio Rocha Faria pelo auxílio e apoio ao trabalho.

Aos professores José Renato Stangarlin, Maria do Carmo Lana e Vandeir Francisco Guimarães pelo empréstimo dos equipamentos para a realização de parte do experimento.

Ao amigo e colega João Alexandre Lopes Dranski, muito obrigada pela dedicação, atenção e auxílio durante a realização da pesquisa.

A Cristiane Meinerz e Jucenei Frandoloso pela ajuda durante a pesquisa.

Aos meus pais Vilmar e Ivanir Gusatto, meus irmãos Fabio e Francine Gusatto e demais familiares que apoiaram nesta importante etapa da minha vida profissional. Agradeço pelo carinho, dedicação, orações e apoio.

As amigas Cristina Fernanda Schneider, Deisnara Giane Schulz, Maria Cristina Copello Rotili, Michelle Cristina Ajala, Micheli Horbach e Vanessa Leonardo Ignácio, muito obrigada pela amizade e companheirismo.

Às famílias de Leoni e Egon Christmann pela amizade e principalmente o apoio em todos os momentos.

Aos funcionários da Unioeste Cláudio, Flávio e Júlio por todo o auxílio que recebi quando precisei durante a realização do trabalho.

**Salmo 23: "O Senhor é o meu pastor**

"O Senhor é o meu pastor e nada me faltará. Deita-me em verdes pastos e guia-me mansamente em águas tranquilas. Refrigera a minha alma, guia-me pelas veredas da justiça, por amor do seu nome. Ainda que eu ande pelo vale da sombra da morte, não temerei mal algum, porque Tu estás comigo, a Tua vara e o Teu cajado me consolam. Prepara-me uma mesa perante os meus inimigos, unges a minha cabeça com óleo, o meu cálice transborda. Certamente que a bondade e a misericórdia me seguirão todos os dias da minha vida e habitarei na casa do Senhor por longos dias."

## RESUMO

GUSATTO, Fabiane Cristina. D. S. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Fevereiro de 2015. **Secagem e armazenamento de sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel**. Orientadora: Dra. Marlene de Matos Malavasi

A espécie florestal *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel, cujas sementes são classificadas como intolerantes à dessecação, confere destaque na recuperação de áreas degradadas, devido ao crescimento rápido e produção de madeira de alta qualidade. A propagação sexuada é dificultada pela perda da viabilidade das sementes ao longo do período de armazenamento. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar a tolerância à dessecação e armazenamento das sementes de louro-pardo com a utilização de soluções salinas saturadas de Cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) e Nitrato de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ). As sementes de louro-pardo foram colhidas nos municípios de Marechal Cândido Rondon, Guaíra e Santa Helena no ano de 2012 e imediatamente transportadas ao Laboratório de Tecnologia de Sementes e Mudas da Universidade Estadual do Oeste do Paraná para realização do beneficiamento. Em seguida, as sementes foram secas em ambiente com umidade controlada com as soluções salinas, sendo mantidas em caixas plásticas do tipo higrostat até atingirem o equilíbrio higroscópico. Antes da secagem, e a cada 90 dias após a secagem e armazenamento, foram determinados o grau de umidade, porcentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, atividade da enzima peroxidase e a atividade respiratória. Após a secagem, as sementes foram armazenadas em embalagens de vidro e mantidas em câmara seca com temperatura variando de 13 a 17°C por 360 dias. As sementes da localidade de Santa Helena apresentaram o maior diâmetro, porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação. Independente do grau de umidade, as atividades da enzima peroxidase e respiratória não interferiram no potencial fisiológico das sementes. As atividades enzimática e respiratória podem ser utilizadas como indicadores da deterioração das sementes desta espécie. As condições de armazenagem das sementes preservaram o vigor e a viabilidade por 6 meses.

**Palavras-chave:** grau de umidade; viabilidade; secagem.

## ABSTRACT

GUSATTO, Fabiane Cristina. D. S. State University of Western Paraná, in February 2015. **Drying and storage of *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel.** Advisor: Dra. Marlene de Matos Malavasi.

The forest species *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel, whose seeds are classified as intolerant to desiccation, gives emphasis on the recovery of degraded areas, due to rapid growth and production of high quality wood. The sexual propagation is hindered by the loss of seed viability during the storage period. Thus, the aim of this study was to evaluate the desiccation tolerance and storage of blond-brown seeds with the use of saturated salt solutions of calcium chloride ( $\text{CaCl}_2$ ) and calcium nitrate ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ). The blond-brown seeds were collected in the municipalities of Rondon, Guaíra and Santa Helena in 2012 and immediately transported to the Seed Technology Laboratory and seedlings, State University of West Paraná to perform the processing. Then the seeds were dried in humidity environment controlled with saline solutions, being kept in plastic boxes of higrostat type until they reach the equilibrium moisture content. Before drying, and every 90 days after drying and storage they were determined moisture content, germination percentage, germination speed index, peroxidase activity and respiratory activity. After drying, the seeds were stored in glass bottles and kept in a dry chamber with a temperature ranging from 13 to 17°C for 360 days. The seeds of the town of St. Helena had the largest diameter, germination percentage and germination speed index. Regardless of moisture content, the activities of peroxidase and respiratory enzyme did not affect the physiological potential of seeds. The enzymatic and respiratory activity can be used as indicators of the deterioration of the seeds of this species. The storage conditions of the preserved seed vigor and viability for 6 months.

**Keywords:** moisture content; viability; drying

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dados meteorológicos da Estação Experimental da UNIOESTE no município de Marechal Cândido Rondon, PR.....	14
Figura 2 - Dados meteorológicos da Estação Experimental da UNIOESTE no município de Guaíra, PR. ....	15
Figura 3 - Dados meteorológicos da Estação Experimental da UNIOESTE no município de Santa Helena, PR.....	15
Figura 4 - Beneficiamento das sementes sobre a tela .....	16
Figura 5 - Secagem das sementes em caixas higrostat.....	17
Figura 6 - Perda de água (%), durante a secagem das sementes de <i>Cordia trichotoma</i> (Vellozo) Arrabida ex Steudel em higrostat, coletadas em Marechal Cândido Rondon.....	23
Figura 7 - Perda de água (%), durante a secagem das sementes de <i>Cordia trichotoma</i> (Vellozo) Arrabida ex Steudel em higrostat, coletadas em Guaíra. ....	23
Figura 8 - Perda de água (%), durante a secagem das sementes de <i>Cordia trichotoma</i> (Vellozo) Arrabida ex Steudel em higrostat, coletadas em Santa Helena.....	24
Figura 9 – Superfície de resposta para a porcentagem de germinação das sementes de <i>Cordia trichotoma</i> (Vellozo) Arrabida ex Steudel, coletadas em Marechal Cândido Rondon, durante o período de armazenamento e secagem com diferentes graus de umidade.....	28
Figura 10 – Superfície de resposta para a porcentagem de germinação das sementes de <i>Cordia trichotoma</i> (Vellozo) Arrabida ex Steudel, coletadas em Guaíra, durante o período de armazenamento e secagem com diferentes graus de umidade. ....	29
Figura 11 – Superfície de resposta para o índice de velocidade de germinação das sementes de <i>Cordia trichotoma</i> (Vellozo) Arrabida ex Steudel, coletadas em Marechal Cândido Rondon, durante o período de armazenamento e secagem com diferentes graus de umidade.....	31

- Figura 12 – Superfície de resposta para o índice de velocidade de germinação das sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel, coletadas em Guáira, durante o período de armazenamento e secagem com diferentes graus de umidade. ....32
- Figura 13 – Superfície de resposta para a atividade da enzima peroxidase das sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel, coletadas em Marechal Cândido Rondon, durante o período de armazenamento e secagem com diferentes graus de umidade. ....34
- Figura 14 – Superfície de resposta para a atividade da enzima peroxidase das sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel, coletadas em Guáira, durante o período de armazenamento e secagem com diferentes graus de umidade. ....35
- Figura 15 – Superfície de resposta para a atividade da enzima peroxidase das sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel, coletadas em Santa Helena, durante o período de armazenamento e secagem com diferentes graus de umidade. ....36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Caracterização física inicial das sementes de <i>Cordia trichotoma</i> (Vellozo) Arrabida ex Steudel coletadas em Marechal Cândido Rondon, Guaíra e Santa Helena.....	21
Tabela 2 - Dados morfométricos e localização geográfica dos três locais de coleta de sementes de <i>Cordia trichotoma</i> (Vellozo) Arrabida ex Steudel .....	22
Tabela 3 - Grau de umidade inicial das sementes de <i>Cordia trichotoma</i> (Vellozo) Arrabida ex Steudel para cada local de coleta e solução salina, utilizada para secagem.....	25
Tabela 4 - Efeito imediato da secagem de sementes de <i>Cordia trichotoma</i> (Vellozo) Arrabida ex Steudel para os três locais de coleta, sem armazenamento .	26
Tabela 5 - Resumo da análise de variância para os dados, obtidos de porcentagem de germinação de <i>Cordia trichotoma</i> (Vellozo) Arrabida ex Steudel para diferentes locais de coletadas sementes, em função de diferentes graus de umidade das sementes e período de armazenamento.....	27
Tabela 6 - Resumo da análise de variância para os dados obtidos para o Índice de velocidade de germinação (IVG) de <i>Cordia trichotoma</i> (Vellozo) Arrabida ex Steudel para diferentes locais de coleta das sementes, em função de diferentes graus de umidade das sementes e período de armazenamento.....	30
Tabela 7 - Resumo da análise de variância para os dados obtidos da atividade da enzima peroxidase de <i>Cordia trichotoma</i> (Vellozo) Arrabida ex Steudel para diferentes locais de coletadas sementes, em função de diferentes graus de umidade e período de armazenamento .....	33
Tabela 8 - Concentração de CO <sub>2</sub> das sementes de <i>Cordia trichotoma</i> (Vellozo) Arrabida ex Steudel, antes do armazenamento (0 meses) e após o armazenamento (12 meses), coletadas em Marechal Cândido Rondon, Guaíra e Santa Helena.....	38

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>3</b>
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE .....	3
2.2 LONGEVIDADE .....	5
2.3 SECAGEM .....	6
2.4 ARMAZENAMENTO .....	8
2.5 ATIVIDADE ENZIMÁTICA.....	10
2.6 ATIVIDADE RESPIRATÓRIA.....	12
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>39</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Conhecida popularmente como louro-pardo, a espécie florestal *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel é nativa do Brasil. Apresenta grande importância econômica, voltada à produção de madeira de lei, produção de móveis e artigos de decoração, bem como na recuperação de áreas ribeirinhas e degradadas (CARVALHO, 2003).

O louro-pardo é uma espécie recalcitrante. Sendo assim, sua capacidade germinativa é reduzida a um pequeno período de tempo, aproximadamente 60 dias, requerendo maiores cuidados com a secagem e armazenagem das sementes devido à perda na viabilidade.

O êxito no estande de plantas em campo é mantido quando as sementes apresentam boa qualidade, sendo que um povoamento de alta qualidade provém da qualidade nas mudas. Esta qualidade é advinda, entre outros fatores, da qualidade fisiológica da semente.

Dentre os processos que precedem a conservação em longo prazo, a dessecação tem papel fundamental, uma vez que o conteúdo de água das sementes afeta diretamente a sua longevidade e qualidade durante o armazenamento.

Neste sentido, um dos pontos estratégicos a serem estudados é a manutenção da viabilidade das sementes de louro-pardo quando armazenadas. O armazenamento de sementes permite que as mesmas sejam disponibilizadas a programas de reflorestamento e estudos fisiológicos da espécie, além de programar a semeadura em viveiros.

A deterioração das sementes, ao longo do período de armazenamento, é um fator natural e irreversível, podendo ser detectado através da atividade respiratória e enzimática das sementes, acarretando a queda do vigor e da qualidade fisiológica. O avanço mais severo da deterioração depende da qualidade inicial das sementes e das condições de armazenamento. Assim, a conservação de sementes com respiração ativa acelera a perda do vigor e eventuais quedas na germinação (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Segundo Lamarca (2009), não há informações exatas na literatura para estabelecer a relação entre a taxa de deterioração e a intensidade respiratória e, ainda, a interferência do grau de hidratação e da temperatura na velocidade de respiração e de deterioração de sementes.

Buscando novos métodos de conservação das sementes, durante o armazenamento para que estas permaneçam em condições viáveis de germinação, utilizam-se soluções salinas saturadas para a realização da secagem das sementes, gerando diferentes graus de umidade.

Desta forma, o armazenamento deve reduzir ao mínimo o processo de deterioração das sementes que causa a modificação na estrutura das enzimas como a peroxidase e a capacidade germinativa das sementes.

O presente trabalho objetivou determinar a tolerância à dessecação de sementes de louro-pardo com diferentes graus de umidade e posterior armazenamento. Em adição, foram determinadas as alterações bioquímicas (atividade respiratória e atividade da enzima peroxidase) que ocorrem nas sementes com diferentes graus de umidade e armazenadas por diferentes períodos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE

*Boraginaceae* é a família das plantas de regiões tropicais, sub-tropicais e temperadas. Esta família possui mais de 2.000 espécies, distribuídas em aproximadamente 100 gêneros que abrangem plantas arbóreas, arbustivas e herbáceas. A *Cordia* é um dos gêneros mais importantes desta família, com cerca de 250 espécies, sendo que o nome do gênero é em homenagem a um dos primeiros botânicos alemães do século XVI, Valerius Cordus (CARVALHO, 1988).

O louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel), pertencente à família boraginaceae, é uma espécie nativa promissora para plantio devido à regeneração vigorosa e ao rápido crescimento (CARVALHO, 2003).

Esta espécie desenvolve-se naturalmente em áreas com precipitação média anual entre 800 mm e 3.700 mm e temperatura média anual de 16,6°C a 26,6°C, sendo uma espécie sensível a baixas temperaturas, principalmente quando se encontra com brotação de novas folhas (CARVALHO, 2003).

Esta é uma das espécies propícias para plantios comerciais, por apresentar aspectos favoráveis, destacando-se a madeira de excelente qualidade, podendo ser indicada em reflorestamentos e na recuperação de áreas degradadas (RIZZINI, 1971).

No Nordeste do Brasil, o louro-pardo é conhecido por frei-jorge encontrado com maior frequência nas serras do Ceará (Serra do Araripe), Paraíba e Pernambuco (Serra de Garanhuns e Serra Negra). Sua maior área de dispersão estende-se da Floresta Tropical Pluvial Atlântica, do Sul da Bahia e norte do Espírito Santo, até a Floresta Subtropical Pluvial das bacias dos rios Paraná, Paraguai e Uruguai. A espécie é encontrada também, na parte leste do Paraguai e no norte da Argentina, nas províncias de Misiones e Corrientes (CARVALHO, 1988).

Apresenta altura que varia de 20 a 30 m, tronco ereto de seção ovalada a cilíndrica, medindo de 50 a 90 cm de diâmetro, revestido por uma casca grossa, acinzentada e fissurada longitudinalmente. O fuste é bem definido, medindo de 10 a 15 m de comprimento, apresentando copa estreita e comprida, de até 8 m de diâmetro. As folhas são do tipo simples, elípticas, descolores, ásperas, com superfície ferrugínea na face superior e caducifólias, medindo de 8 a 14 cm de

comprimento (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2008).

As flores são brancas, no início da formação, passando à coloração parda, com cerca de dois centímetros de comprimento, pentâmeras, e hermafroditas. As inflorescências formam grandes panículas terminais, densamente ramificadas com aproximadamente 100 flores. A dispersão das sementes é anemocórica, graças à corola pertencente, com efeito, "para-quedas" dando-lhe aspecto característico, sendo facilmente reconhecível no chão da floresta (CARVALHO, 1994; CARVALHO, 2003; LORENZI, 2008).

O fruto é simples, seco, do tipo drupa, com formato subcilíndrico, monocárpico, de coloração marrom, totalmente fechado pelo tubo da corola e pelo cálice persistente (FELIPPI et al., 2012). Possui cálice e corola persistente, de cor castanha, com superfície lisa proveniente do ovário ífero, medindo de 8 a 13 mm de comprimento e 3 a 4 mm de largura (CARVALHO, 2003).

A semente fica presa à parede do fruto pela base do estigma, dispersando-se a longas distâncias, devido à corola marcescente. Com formato cilíndrico, elipsoidal, possui tegumento fino, superfície lisa de coloração castanha. Internamente, é exalbuminosa, com embrião cotiledonar, basal, invaginado, cotilédones com bordas de coloração branca, presos em torno do eixo hipocótilo-radicular, curto e espesso, variando de 0,8 a 0,9 cm de comprimento, 0,4 a 0,5 cm de largura e 0,4 a 0,5 cm de espessura (FELIPPI et al., 2012).

O louro-pardo é uma planta poligâmica, apresentando flores masculinas e hermafroditas, sendo que a polinização ocorre principalmente por abelhas. A propagação desta espécie é realizada por via sexuada, porém o uso dessa técnica limita a produção comercial de mudas, pois as sementes são recalcitrantes quanto ao armazenamento, desta forma, perdendo sua viabilidade em curto período de tempo, sendo que a germinação é lenta e irregular, variando de 14% a 80% (CARVALHO, 2003).

Por outro lado, a propagação vegetativa por estacas facilita a multiplicação do material desejado, evitando a variabilidade genética no povoamento (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000).

O louro-pardo pertencente ao grupo de sucessão secundária inicial a secundária tardia, com tendência à pioneira, apresenta melhor adaptação em solos com fertilidade média a alta, profundos, bem drenados e textura franca a argilosa (CARVALHO, 1988).

## 2.2 LONGEVIDADE

As sementes representam, além da estrutura básica de propagação, um reservatório genético que pode ser preservado de maneira segura, econômica e por períodos longos de tempo. Entretanto, algumas espécies de plantas, apresentam sementes com potencial de longevidade de poucos meses, devido ao modo de preparo das sementes, as condições de armazenamento e outros fatores (GUIMARÃES et al., 2002).

Esta espécie possui sementes recalcitrantes quanto ao armazenamento, podendo perder a viabilidade aos 60 dias, dificultando a produção de mudas, devido à rápida perda da viabilidade (KIELSE et al., 2013).

Um dos pontos estratégicos a serem estudados é quanto à manutenção da viabilidade das sementes quando armazenadas, pois trata-se de uma espécie com grande importância econômica devido à comercialização.

Muitos estudos, relacionados à análise de sementes, têm merecido atenção, visando à obtenção de informações que permitam avaliar a qualidade fisiológica das sementes (FELIPPI et al., 2012). A qualidade fisiológica é fundamental para a manutenção dos bancos de germoplasma e no processo de repovoamento da vegetação em áreas degradadas, pois permite o uso de espécies vegetais em épocas e locais diferentes aos de sua origem (KOHAMA et al., 2006).

Toda semente, armazenada, sofre deterioração que pode ser mais rápida ou mais lenta, dependendo das características ambientais, como umidade e temperatura e das características da própria semente, como sensibilidade a dessecação (FLORIANO, 2004).

A redução do período entre a deiscência e o início do armazenamento, além de ser fundamental para a manutenção da qualidade das sementes, faz-se necessária para minimizar perdas quantitativas (FONSECA; FREIRE, 2003). Além disso, a incidência de pragas, segundo Carvalho (2003), ocorrido em plantios experimentais puros de louro-pardo no Paraná, é o principal problema fitossanitário desta planta no campo, sendo que o percevejo *Dictyla monotropidia* (Stal) é a principal praga encontrada.

## 2.3 SECAGEM

O processo de secagem das sementes corresponde a duas fases distintas, sendo que a primeira é a transferência da água da semente para o ar circulante e a segunda a transferência da água do interior da semente para a superfície da semente através da diferença de pressão de vapor. Este processo deve ocorrer lentamente para não ocasionar danos à semente ou ao tegumento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Na maioria das espécies vegetais de importância econômica, a viabilidade e o vigor das sementes podem ser conservados, através da redução do seu grau de umidade e da temperatura do ambiente (FONSECA; FREIRE, 2003).

A maioria das espécies possuem sementes que toleram a dessecação a graus de umidade muito baixos, podendo ser próximos de 2% a 5%, sendo estas classificadas como ortodoxas. Outras espécies possuem sementes classificadas como "intermediárias" as quais, toleram a dessecação a graus de umidade em torno de 10% a 13%, têm a viabilidade reduzida em graus de umidade inferiores (FONSECA; FREIRE, 2003).

As sementes classificadas como recalcitrantes apresentam sensibilidade à secagem e ao armazenamento em baixas temperaturas e possuem graus de umidade elevados quando maduras, sendo sua longevidade muito curta sob condições naturais de armazenamento (ESPINDOLA, 2007; FIOR et al., 2010). Este comportamento diferente das sementes é uma consequência do processo de seleção natural (BARBEDO; BILIA, 1998).

Desta forma, a capacidade fisiológica das sementes, em tolerar a dessecação pós-colheita é variável entre as espécies. A tolerância à dessecação é adquirida na fase de acúmulo de reservas, à medida que as sementes perdem água, adquirem tolerância à secagem em temperaturas mais elevadas. Contudo, diversas mudanças bioquímicas ocorrem nas células das sementes preparando-as para tolerar a perda de água de seus tecidos. Dentre essas mudanças, está a síntese de determinadas proteínas, na fase final de maturação, conhecidas como a proteína LEA (BEWLEY; BLACK, 1994).

A longevidade das sementes recalcitrantes é relativamente pequena, variando de poucos dias a poucos meses, dependendo da espécie; também podem ser chamadas de microbióticas ou de vida curta (FONSECA; FREIRE, 2003). Este

comportamento fisiológico das sementes quanto ao armazenamento foi estudado inicialmente por Roberts (1973).

A tolerância à dessecação é um fenômeno complexo, que envolve a interação de ajustes metabólicos e estruturais, fazendo com que as células resistam a perdas consideráveis de água sem ocorrência de prejuízos. A maior ou menor eficiência desses fatores poderia influenciar na formação de sementes com diferentes níveis de tolerância à dessecação (MARCOS FILHO, 2005).

A manutenção da alta porcentagem de germinação das sementes, após o armazenamento, dependerá, entre outros fatores, do grau de umidade das sementes, da temperatura do ar durante o armazenamento, da ação de fungos e insetos e das embalagens de acondicionamento (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

A tolerância à dessecação é uma das mais importantes propriedades da semente. É um evento importante no ciclo de vida da planta, como sendo uma estratégia de adaptação, permitindo a sobrevivência da semente, durante o armazenamento, sob condições de estresse do ambiente, assegurando a disseminação da espécie (MEDEIROS; EIRA, 2006). Este processo pode ser reduzido pela ação de sistemas protetores que previnem danos letais em diferentes componentes celulares, incluindo membranas, proteínas e citoplasma (GUIMARÃES et al., 2002).

Ao dessecar sementes recalcitrantes, deve-se tomar muito cuidado com relação ao grau crítico e letal de umidade, sendo variável de espécie para espécie (VIEIRA et al., 2008).

Pouco se sabe sobre a razão pela qual sementes de algumas espécies sobrevivem à remoção quase total do seu conteúdo de água, enquanto outras perdem a viabilidade ao serem desidratadas (MEDEIROS; EIRA, 2006).

Várias espécies vegetais tropicais, principalmente arbóreas nativas do Brasil, são intolerantes à dessecação aos níveis desejáveis para conservação em armazenamento o que requer o desenvolvimento de tecnologias específicas para sua conservação.

Diversas técnicas estão sendo estudadas, em busca de melhores condições de armazenamento das sementes, sendo que a redução do seu metabolismo, através da remoção da água ou da diminuição da temperatura de armazenamento e secagem é a principal forma de conservação (KOHAMA et al., 2006).

As sementes são consideradas estruturas higroscópicas que possuem a capacidade de adsorver ou dessorver água de materiais que estão ao seu redor (MERRIT et al., 2003). O grau de umidade inicial das sementes, a umidade relativa do ar e a permeabilidade do tegumento são fatores importantes para o estabelecimento do equilíbrio higroscópico (MARCOS FILHO, 2005).

A umidade das sementes é um dos principais fatores que exerce influência na manutenção da viabilidade das mesmas, principalmente em condições de alta umidade relativa e temperatura do ambiente (VARELA; FAÇANHA, 1987).

Entre as diversas formas de secagem de sementes, existe a secagem com a utilização de soluções salinas saturadas, que podem ser usadas para a caracterização fisiológica das sementes florestais nativas com relação ao armazenamento. Cada solução salina saturada produz umidade relativa própria de cada sal em uma determinada temperatura (SUN, 2002; MEDEIROS, 2006).

Alguns materiais possuem a propriedade de absorver ou ceder água ao ambiente, até que seja estabelecido um equilíbrio dinâmico entre o teor de água interno e a umidade relativa do ar ambiente. Para as sementes, este ponto é alcançado quando a quantidade de água cedida por elas, iguala-se com aquela captada em uma determinada temperatura e umidade relativa do ar constante por um determinado material (MERRIT et al., 2003; ESPINDOLA, 2007).

## 2.4 ARMAZENAMENTO

O armazenamento de sementes constitui importante estratégia para a conservação genética, tendendo os parâmetros da conservação, o melhoramento e a propagação. As condições de umidade relativa e de temperatura, durante o armazenamento, onde as sementes alcançarão o equilíbrio higroscópico específico, determinarão a manutenção de sua qualidade fisiológica. A umidade e a temperatura são os fatores ambientais que têm sido estudados com maior frequência na conservação de sementes florestais (BORGES et al., 2009).

Para as espécies florestais, torna-se difícil manter a viabilidade das sementes. Para isso, alguns fatores como temperatura e umidade devem ser considerados de extrema importância, durante o armazenamento, visando prolongar a longevidade e a sua viabilidade (OLADIRAN; AGUNBIADE, 2000).

O armazenamento de sementes permite a disponibilidade das mesmas aos programas de reflorestamento e pesquisas sobre sua tecnologia e fisiologia de sementes (CARVALHO et al., 2008). O período de armazenamento de sementes florestais, associados a diferentes tipos de embalagens são pontos de extrema importância para a manutenção da viabilidade e vigor, sendo que cada espécie pode apresentar comportamentos completamente distintos diante das mesmas condições (SOUZA et al., 2011).

Maiores cuidados nas condições de armazenamento das sementes têm relação direta com a exigência/intuito de se ampliar a sua longevidade. Quando as sementes são armazenadas como recursos genéticos, a sua viabilidade deve ser mantida, durante várias décadas, visando preservar sua integridade genética (ESPINDOLA, 2007).

A deterioração das sementes tem início com a maturidade fisiológica, podendo estar associada ao armazenamento, pelas diversas formas de controle do ambiente que contém as sementes (MARCOS FILHO, 2005).

A condição de armazenamento relaciona-se com a longevidade, qualidade inicial das sementes e a genética, podendo ser manipulada somente a qualidade inicial das sementes e o ambiente de armazenamento (POPINIGIS, 1985). A redução da qualidade fisiológica acarreta na menor longevidade, devido às condições ambientais e ao manejo das sementes (MARCOS FILHO, 2005).

No decorrer da evolução, as espécies que produzem sementes recalcitrantes adotaram uma estratégia de reprodução. As sementes de tamanho relativamente grande, sofrem secagem menos drástica, durante a maturação, não apresentando também, esta forma, repouso pós-maturação, sendo liberadas da planta-mãe hidratadas, permanecendo em ambiente úmido e com temperatura elevada, para germinar rapidamente (MARCOS FILHO, 2005).

As causas que envolvem a deterioração das sementes e a variação existente entre as espécies, entre lotes da mesma espécie e diferentes unidades no mesmo lote, devem ser minimizadas quando o objetivo é o armazenamento para manter a qualidade do lote a ser utilizado (VIEIRA et al., 2008).

Os métodos de conservação de sementes recalcitrantes baseiam-se na manutenção do elevado teor em água das mesmas. Com o teor de água elevado, existem muitas reações metabólicas e desenvolvimento de micro-organismos que impedem a germinação. Desta forma, o conteúdo de água de sementes

recalcitrantes e a temperatura de armazenamento tende, a ser reduzidos até o conteúdo crítico mínimo de água. Apesar de todos os cuidados na secagem e armazenamento, os métodos para conservação desse grupo de sementes não são totalmente eficientes ainda (BARBEDO; BILIA, 1998).

O potencial fisiológico das sementes tem origem no genótipo, sendo que há sementes de determinadas espécies que podem ser mais ou menos propensas à deterioração. Desta forma, a longevidade natural, a composição química, as diferenças genéticas, a qualidade inicial, o teor de água das sementes e condições ambientais são características que podem acelerar ou retardar este processo (HIGASHI; SILVEIRA; GONÇALVES, 2000).

## 2.5 ATIVIDADE ENZIMÁTICA

Os vegetais respondem a estresses abióticos e bióticos através da alteração dos mecanismos de defesa, desde o reconhecimento do agente agressor, até a ativação das barreiras físicas e químicas de defesa (ALMEIDA et al., 2012), através de enzimas específicas.

As enzimas catalisam todas as reações bioquímicas do metabolismo celular, acelerando a velocidade das reações, atuando como reguladoras do complexo de reações, sendo consideradas unidades funcionais do metabolismo celular (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Pesquisas com atividades enzimáticas são desenvolvidas com intuito de detectar as diversas reações metabólicas que envolvem a síntese e a degradação de moléculas, durante o desenvolvimento, na germinação e na deterioração das sementes. Desta forma, o metabolismo celular depende de uma gama de enzimas e proteínas estruturais de cada espécie para um funcionamento adequado (ALBUQUERQUE et al., 2010).

As avaliações enzimáticas são utilizadas pelos pesquisadores na área de tecnologia de sementes para caracterização de lotes com diferentes níveis de deterioração, quanto a tolerância à dessecação, na avaliação da qualidade fisiológica de sementes armazenadas. As enzimas, associadas ao processo de deterioração das sementes, são os peróxidos, superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase (POX) (HEBERLE, 2012).

Durante a dessecação das sementes, ocorre o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs) e radicais livres nas células (LEPRINCE et al., 1994). As enzimas removedoras de produtos tóxicos permitem neutralizar a ação dos radicais livres na degradação das membranas (BARBEDO; MARCOS FILHO, 1998). Os sistemas protetores nas sementes previnem de danos letais, em diferentes componentes celulares, como membranas, proteínas e citoplasma (GUIMARÃES et al., 2002).

A peroxidase é uma enzima pertencente ao grupo das oxiredutases capaz de catalisar inúmeras reações oxidativas em plantas, utilizando o peróxido como substrato e, em alguns casos, o oxigênio como aceptor de hidrogênio (FREITAS et al., 2008). É considerada um marcador bioquímico que mostra a resistência dos vegetais a fatores abióticos ou bióticos (LIMA; BRASIL; OLIVEIRA, 1999).

A peroxidase é a enzima responsável pela remoção de peróxidos e a perda da sua atividade pode tornar as sementes mais susceptíveis aos efeitos deletérios do O<sub>2</sub> e de radicais livres, provocando a sua degeneração (BONOME, 2006). É considerada “scavenger” pelo fato de ser removedora de radicais livres durante o processo de deterioração das sementes (MARCOS FILHO, 2005).

A atividade da enzima peroxidase está relacionada com mudanças ligadas ao estresse por deficiência hídrica, injúria pelo frio e interações patogênicas (BERBICZ; CLEMENTE, 2001).

Esta enzima está envolvida em diversos processos na célula, como ligações de polissacarídeos, lignificação, cicatrização de ferimentos, oxidação de fenóis, defesa contra patógenos e desintoxicação celular, eliminando o peróxido de hidrogênio (LEHNINGER, 2006). Ela catalisa a oxidação em presença de peróxido de hidrogênio (PASCHOLATI et al., 2008, HEBERLE, 2012). A atividade desta enzima está relacionada ao mecanismo de defesa das plantas contra fitopatógenos (CAVALCANTI et al., 2005).

A produção de radicais livres afeta a formação de muitas enzimas, sendo que um dos principais efeitos desses radicais é a degradação do sistema de síntese de novas proteínas durante a germinação (BARBEDO; MARCOS FILHO, 1998).

Na deterioração das sementes, ocorrem mudanças físicas, bioquímicas e fisiológicas com o passar do tempo, acarretando na diminuição do grau de desempenho das sementes em produzir plântulas normais (KRYZANOWSKI; FRANÇA NETO, 2001).

Contudo, pode-se afirmar que os principais responsáveis pela redução da longevidade das sementes são o aumento da peroxidação de lipídeos, o acúmulo de radicais livres, a deterioração das membranas e a redução na atividade de algumas enzimas (KERBAUY, 2004).

Ocorre um decréscimo da atividade enzimática das sementes, durante a deterioração, sendo que os mecanismos energéticos e de síntese destas são afetados, reduzindo o consumo de oxigênio e aumentando a liberação de dióxido de carbono (MARCOS FILHO, 2005).

## 2.6 ATIVIDADE RESPIRATÓRIA

Entre os testes para determinar o vigor das sementes pode ser utilizado a medição da atividade respiratória, pois a respiração é a oxidação completa de compostos de carbono a  $\text{CO}_2$  e água, através de uma série de reações oxidativas (TAIZ; ZEIGER, 2009). Assim, a respiração de sementes e as taxas de germinação podem variar muito, dependendo das características das sementes e sua qualidade fisiológica (PATANE; AVOLA, 2013).

A atividade respiratória é a principal produtora de energia para a continuidade do metabolismo, sendo que é dividida em três etapas: glicólise, ciclo de Krebs e cadeia de transporte de elétrons em condições aeróbicas (FLOSS, 2006).

Sementes com grau de umidade mais baixo, normalmente apresentam taxas respiratórias com níveis baixos, o que contribui para um decréscimo no catabolismo dos componentes de reserva, e, conseqüentemente, prolonga a viabilidade (VARELA; FAÇANHA, 1987).

A alta atividade respiratória das sementes é característica do grupo das chamadas recalcitrantes, tanto durante o período de formação quanto após a colheita, principalmente quando estas apresentam teores elevados de água (BARBEDO; MARCOS FILHO, 1998).

A redução da atividade metabólica pode ser modulada durante o armazenamento de sementes, diminuindo o grau de umidade e temperatura, reduzindo, assim, a respiração do embrião. A temperatura determina a velocidade com que as reações enzimáticas ocorram, afetando, desta forma, as taxas respiratórias (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Dentre os vários métodos, utilizados para a avaliação da deterioração, uma das alternativas é submeter às sementes à medição de sua atividade respiratória e enzimática em condições de diferentes temperaturas (MADRUGA, 2010).

A respiração consiste na oxidação de substâncias orgânicas no sistema celular com lenta liberação de energia, pela ação de uma série de reações, tendo o oxigênio molecular como acceptor final de elétrons. A respiração acompanha a reidratação das sementes, mesmo que de valores desprezíveis, sobe a níveis bastante elevados, poucas horas após o início da embebição, sendo que a intensidade respiratória influenciada pelo grau de umidade, temperatura, permeabilidade das membranas, tensão de oxigênio e luz (POPINIGIS, 1985; FERREIRA; BORGUETTI, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2009).

A atividade respiratória somente ocorre em níveis normais quando acompanhada pelo elevado grau de organização celular. É um processo regulado por um grupo de enzimas que agem como catalizadoras da decomposição de reservas, sendo que a medida que as sementes se deterioram, a respiração é menos intensa (MARCOS FILHO, 2005).

A respiração aeróbia é um processo biológico pelo qual compostos orgânicos, reduzidos, são mobilizados e oxidados de maneira controlada. Durante esse processo, a energia livre é liberada e armazenada na forma de adenosina trifosfato (ATP), podendo ser utilizada para a manutenção e desenvolvimento do vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2009).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Tecnologia de Sementes e Mudanças da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon – Paraná. Utilizou-se a unidade de dispersão fruto com semente para a realização dos testes, que deste ponto em diante será chamada de sementes.

Sementes de cinco matrizes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel foram colhidas nos meses de junho e julho no ano de 2013 nos municípios de Marechal Cândido Rondon, Guaíra e Santa Helena, no Oeste do Estado do Paraná, de árvores adultas localizadas em fragmentos da floresta nativa.

Os dados climáticos da região de Marechal Cândido Rondon (Figura 1), Guaíra (Figura 2) e Santa Helena (Figura 3) foram registrados por equipamentos, instalados em cada localidade. O posicionamento geográfico de cada árvore matriz foi determinado com o auxílio do Sistema de Posicionamento Global (GPS), verificando a latitude, a longitude e a altitude.

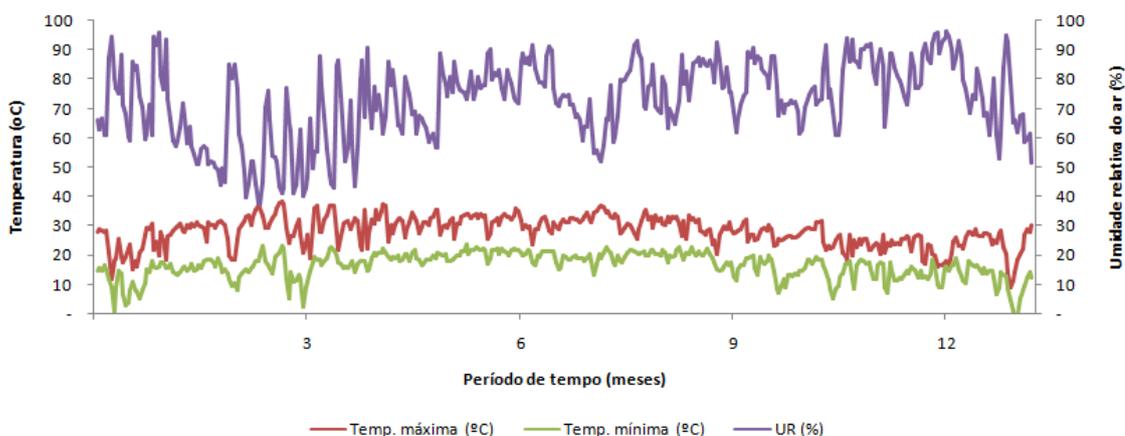


Figura 1- Dados meteorológicos da Estação Experimental da UNIOESTE no município de Marechal Cândido Rondon, PR.

Fonte: SIMEPAR (2013).

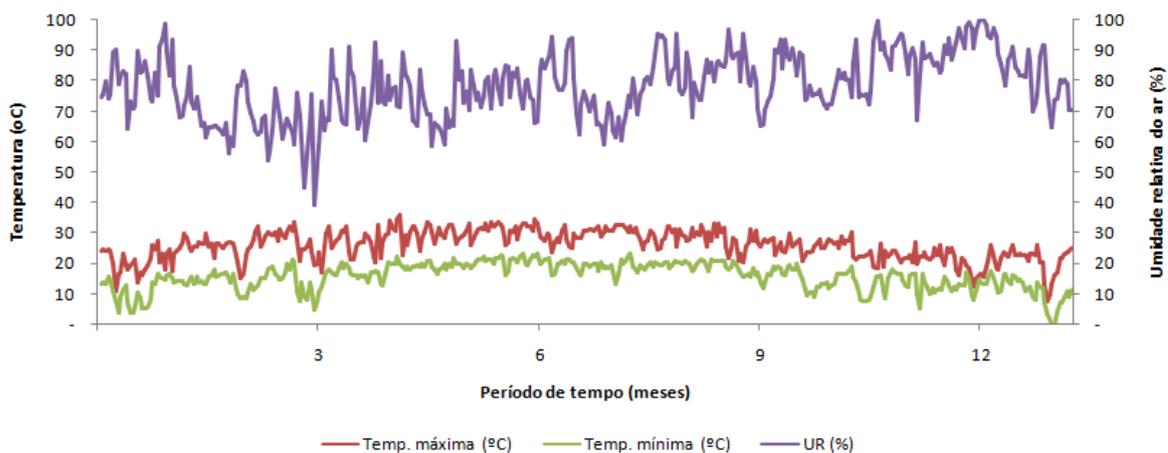


Figura 2 - Dados meteorológicos da Estação Experimental da UNIOESTE no município de Guaíra, PR.

Fonte: SIMEPAR (2013).

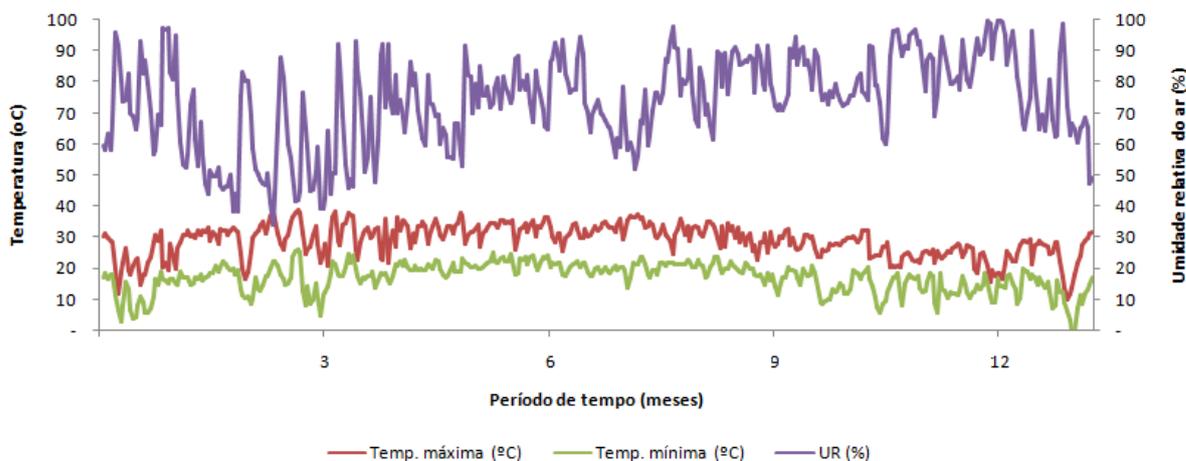


Figura 3 - Dados meteorológicos da Estação Experimental da UNIOESTE no município de Santa Helena, PR.

Fonte: SIMEPAR (2013).

Os ramos com as sementes de louro-pardo foram retirados das árvores com o auxílio de um podão, embalados em sacos de polietileno e posterior identificação da localização. Após a coleta, os mesmos foram transportados ao Laboratório de Tecnologia de Sementes e Mudanças da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon – Paraná para a retirada das sementes. As sementes foram levemente friccionadas em uma peneira de metal para a retirada

das pétalas e agitadas em peneira para retirar as impurezas (Figura 4).



Figura 4- Beneficiamento das sementes sobre a tela

Fonte: GUSATTO (2013).

Após o beneficiamento, as sementes de louro-pardo foram submetidas à secagem no higrostat, com a utilização das soluções salinas saturadas de Cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) e Nitrato de cálcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) além do tratamento controle (sem a utilização de solução salina saturada). Utilizou-se um quilograma de cada sal, sendo este misturado com água até a saturação.

Aproximadamente seis mil sementes foram colocadas em camada única sobre uma tela dentro do higrostat (Figura 3). O higrostat consiste em uma caixa de acrílico com tampa com aproximadamente 20 litros, para fechamento hermético, na qual foi adaptado um fundo telado, suspenso cerca de 20 cm em relação ao fundo verdadeiro, e um ventilador para promover a circulação do ar interno, com o intuito da homogeneização da umidade relativa do ar dentro da caixa.

No fundo da caixa foi colocada a solução salina saturada que, em dependendo do tipo de sal utilizado, propiciou uma determinada umidade relativa do ar dentro da caixa. A solução salina, utilizada no higrostat, foi

preparada, dissolvendo-se o sal em água deionizada, em quantidade suficiente para alcançar a saturação. As sementes foram colocadas sobre o fundo telado em camada única dentro do higrostat onde permaneceram por 15 dias, até atingirem o equilíbrio higroscópico (Figura 5).

Durante o período em quem as sementes permaneceram no higrostat, a umidade inicial no seu interior foi monitorada com o auxílio do datalogger do modelo THDL-04459 e marca SoilControl (Figuras 6, 7 e 8).



Figura 5- Secagem das sementes em caixas higrostat.

Fonte: GUSATTO (2013).

Após a secagem, as sementes foram retiradas do higrostat e uma amostra foi separada para avaliações física, fisiológica e bioquímica. O restante das sementes foram colocadas em embalagens herméticas de vidro com tampa rosqueável e armazenados em câmara fria por 12 meses a uma temperatura entre 13 e 17<sup>o</sup> C, monitorada com termo-higrômetro digital do modelo TH 439. A primeira avaliação foi realizada com as sementes secas sem armazenamento, enquanto as avaliações seguintes realizadas a cada 3 meses de armazenamento.

Juntamente com a coleta das sementes, foi realizado a morfometria das matrizes, sendo que as variáveis analisadas foram: altura total (h), comprimento de

copa (cc) e diâmetro a altura do peito (DAP), segundo estudos de Durlo e Denardi (1998).

O tamanho das sementes foi mensurado, utilizando-se quatro repetições de 25 sementes, aferindo o comprimento e a espessura, com o auxílio de um paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.

A massa de mil sementes foi determinada, utilizando-se oito repetições de 100 sementes de cada localidade, sendo pesadas em balança analítica de precisão de 0,0001 gramas (BRASIL, 2009).

A determinação do grau de umidade, utilizou-se o método de estufa a  $105 \pm 2^\circ\text{C}$  conforme especificado nas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). As sementes foram colocadas em um recipiente de metal e com o auxílio de uma balança analítica de precisão de 0,0001 g, realizou-se as pesagens antes e após 24 h de permanência em estufa. Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes de cada local de coleta.

O teste de germinação foi conduzido com quatro repetições de 25 sementes de cada localidade, mantidos em caixas plásticas do tipo gerbox, esterilizadas com álcool a 70%, utilizando como substrato o papel Germitest autoclavado, umedecido com água na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco. As amostras foram acondicionadas em germinador tipo BOD, à  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , com luz branca contínua.

Após o início da germinação, foram realizadas contagens do número de plântulas, considerando germinadas as sementes que emitiram o primeiro par de folhas, e os resultados expressos em porcentagem. A contagem da germinação foi realizada diariamente até os 60 dias após a semeadura onde constatou-se a estabilidade.

Para o índice de velocidade de germinação, utilizaram-se quatro repetições de 25 sementes de cada local de coleta. As avaliações foram realizadas, a partir de contagens diárias do número de plântulas germinadas até os 60 dias após a semeadura. Para o cálculo, utilizou-se a fórmula de Maguire (1962), conforme equação 1:

$$IVG = \frac{P1}{D1} + \frac{P2}{D2} + \frac{P3}{D3} + \dots + \frac{Pn}{Dn}$$

Equação 1:

IVG = índice de velocidade de germinação;

$P_1, P_2, P_3, \dots ; P_n$  = número de plântulas germinadas na primeira, segunda, terceira até a última contagem;

$D_1, D_2, D_3, \dots D_n$  = número de dias da semeadura da primeira, segunda, terceira até a última contagem.

Para obtenção do preparado enzimático para a realização da avaliação enzimática, utilizou-se 0,3 g de sementes de louro-pardo maceradas com 4mL de tampão de extração fosfato de sódio  $0,01 \text{ Mol}^{-1}$  (pH 6,0) em almofariz de porcelana previamente resfriado, acrescentado 0,04 g de polivinilpirrolidona durante a maceração. O homogeneizado foi centrifugado a  $20.000g$  durante 20 min. O sobrenadante obtido, considerado como a fração, contendo as proteínas solúveis, foi armazenado a  $4^\circ\text{C}$  para posteriores análises bioquímicas (LUSSO; PASCHOLATI, 1999).

Para a quantificação do conteúdo total de proteínas, foi utilizado o teste de Bradford (1976). Para tal, foram adicionadas a cada 0,8 mL do sobrenadante, sob agitação, 0,2 mL do reagente de Bradford. Após 5 min, foi efetuada a leitura da absorbância a 595 nm em espectrofotômetro. A concentração de proteínas, expressa em termos de equivalentes  $\mu\text{g}$  de albumina de soro bovino (ASB) em 1,0mL de amostra ( $\mu\text{g}$  de proteína  $\text{mL}^{-1}$ ), foi determinada utilizando-se curva padrão de concentrações de ASB, variando de 0 a  $20 \mu\text{g mL}^{-1}$ .

A atividade da enzima peroxidase (POX) foi determinada a  $30^\circ\text{C}$ , através do método espectrofotométrico direto (HAMMERSCHMIDT; NUCLES; KUC, 1982). A mistura da solução consistiu de 2,9 mL do substrato para enzima (306  $\mu\text{L}$  de peróxido de hidrogênio P.A., 12,5 mL de guaiacol 2% alcoólico e 87,5 mL de tampão fosfato  $0,01\text{Mol}^{-1}$ (pH 6,0) e 0,1 mL de preparação enzimática. A cubeta de referência continha 3 mL do substrato para enzima. A reação foi seguida em espectrofotômetro a 470 nm, pelo período de 2 min, com as medidas de densidade óptica, tomadas a cada 15 seg, iniciando-se logo após a adição da preparação enzimática ao substrato. A atividade foi determinada pela variação, ocorrida entre os valores extremos, situados na faixa de incremento linear, e expressa em variação ( $\Delta$ = delta) de unidade de absorbância (abs).  $\text{min}^{-1} \text{ mg proteína}^{-1}$ .

A atividade respiratória das sementes de louro-pardo com diferentes umidades foram quantificadas através da medição da concentração de topo de  $\text{CO}_2$  liberado durante a respiração, com o auxílio do medidor de trocas gasosas – IRGA (LI-COR

6400). Este método foi utilizado segundo metodologia proposta por Dranski et al. (2013).

No preparo das amostras para os testes, foram utilizados 0,5 g de sementes adicionadas em recipientes de vidro de 60 ml com tampa devidamente vedada. Devido às sementes estarem armazenadas com diferentes graus de umidade, padronizou-se o grau de umidade para 30% com a adição de 130 µl de água destilada, sendo realizada em recipientes mantidos em câmaras do tipo BOD a 40 °C por 6 h. As leituras da concentração de CO<sub>2</sub> (µmol CO<sub>2</sub> por grama de sementes) foram realizadas em 30 seg. antes da aplicação do teste, realizou-se a curva de calibração do aparelho para a espécie em estudo.

As avaliações foram realizadas em cinco períodos (0, 3, 6, 9 e 12 meses de armazenamento), com três tratamentos e três locais de coleta de sementes de louro-pardo analisados isoladamente. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com o modelo de análise em esquema fatorial 5 x 3.

O teste de normalidade foi aplicado, onde os dados apresentaram normalidade pelo teste do Qui quadrado, utilizando-se o programa estatístico SAEG (2007).

Para o desdobramento dos sais, utilizou-se o teste de Scott – Knott a 5% de probabilidade para verificação de diferenças estatísticas (FERREIRA, 2003). Foi realizada a superfície de resposta com o auxílio do programa estatístico Genes (CRUZ, 2001).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de louro-pardo, da localidade de Santa Helena, apresentaram o maior diâmetro, maior porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação (Tabela 1).

Felippi et al. (2012), trabalhando com morfologia de sementes de louro-pardo, verificaram que as sementes possuem dimensões que variam de 0,9 a 1 cm de comprimento, 0,4 a 0,5 cm de largura e 0,4 a 0,45 cm de espessura. Desta forma, as sementes de maior tamanho geralmente foram mais bem nutridas durante seu desenvolvimento, possuindo embriões bem formados e com maior quantidade de substâncias de reserva, sendo mais vigorosas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Tabela 1– Caracterização física inicial das sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel coletadas em Marechal Cândido Rondon, Guaira e Santa Helena

Locais de coleta	C (mm)	D (mm)	MMS (g)	GU (%)	PG (%)	IVG
<b>Marechal Cândido Rondon</b>	8,81±0,87*	2,73±0,66*	33,3±0,14*	44,51±1,91*	16,00±6,53*	0,19±0,10*
<b>Guaira</b>	8,84±0,72	2,66±0,24	33,0±0,06	47,74±0,95	13,33±6,11	0,24±0,10
<b>Santa Helena</b>	8,76±1,01	2,84±0,70	26,6±0,07	34,51±3,99	18,00±5,16	0,25±0,07

\*Desvio padrão da média. Onde: Comprimento (C), Diâmetro (D), Massa de Mil Sementes (MMS), Grau de Umidade (GU), Porcentagem de germinação (PG) e Índice de Velocidade de Germinação (IVG)

Sementes oriundas de diferentes localidades geográficas possuem diferenças fenotípicas, determinadas pelas variações ambientais como temperatura, comprimento do dia e índices de pluviosidade (BOTEZELLI; DAVIDE; MALAVASI, 2000).

Assim, Baldo (2012), afirmou que dentro de uma mesma espécie, podem existir variações devido às influências dos fatores bióticos e abióticos, durante o desenvolvimento das sementes e à variabilidade genética.

Os dados morfométricos das árvores matrizes apresentaram variação para cada matriz de louro-pardo das três localidades de coleta, utilizadas para a realização da pesquisa (Tabela 2), podendo ser devido a variação genética, do ambiente e das condições climáticas em que a matriz está inserida.

Tabela 2 - Dados morfométricos e localização geográfica dos três locais de coleta de sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel

Dados morfométricos				Localização geográfica		
Locais de coleta	CC	AT	DAP	A	LA	LO
Marechal Cândido Rondon	9,19	14,00	0,35	334	24°28'192"	54°02'377"
Guaíra	10,57	17,59	0,39	251	24°06'218"	54°13'188"
Santa Helena	14,22	19,55	0,48	244	24°50'264"	54°19'855"

Legenda: CC (Comprimento de Copa - metros), AT (Altura Total - metros), DAP (Diâmetro a Altura do Peito - metros), A (Altitude), LA (Latitude), LO (Longitude).

Nota-se a diferença também entre a latitude e longitude de cada local de coleta, determinando, desta forma, a variabilidade entre as mesmas. Assim, a localização geográfica das árvores nativas utilizadas na coleta, afeta morfológica e fisiologicamente as sementes (IGNACIO, 2013).

A condição do ambiente, proporcionado por cada sal, ocasionou a queda gradual do grau de umidade das sementes de louro-pardo das três localidades de coleta (Figuras 7, 8 e 9). O tempo para que as sementes entrassem em equilíbrio higroscópico foi de 15 dias, tornando-as com o grau de umidade reduzido. Assim, Berjak e Pammenter (2000), afirmam que quanto mais rápida a velocidade de secagem das sementes, maior o grau de desidratação suportado pelas mesmas.

A rápida redução do grau de umidade, no início da secagem, deve-se a maior quantidade de água nas camadas superficiais das sementes e à medida que essa água foi sendo retirada pelo sal, o processo tornou-se mais lento devido a maior dificuldade de perda da água do interior das sementes (SANTOS-MOURA et al., 2012).

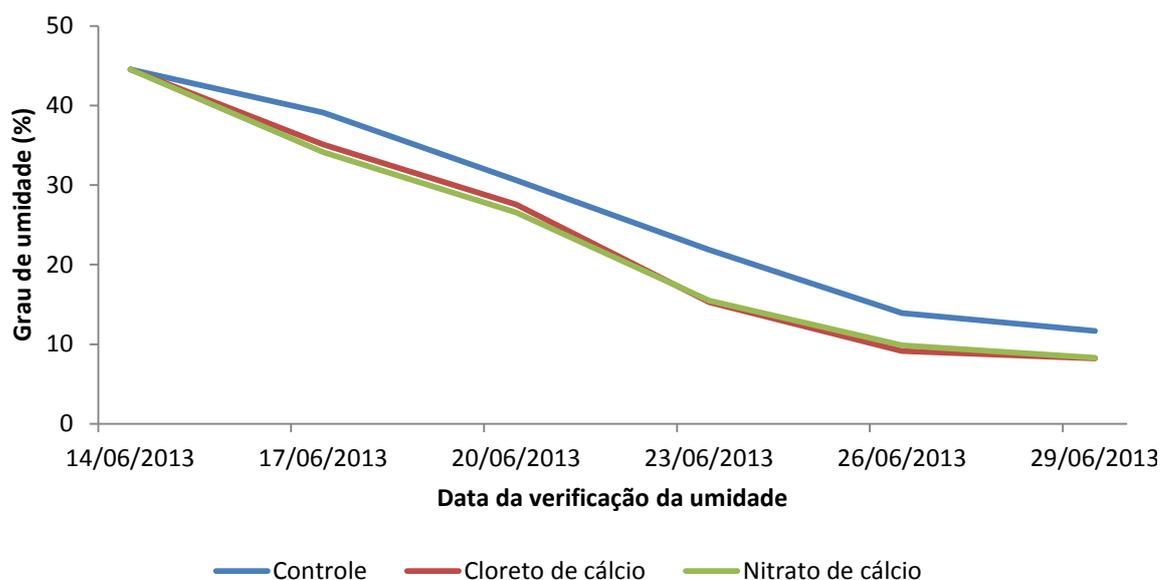


Figura 6 - Perda de água (%), durante a secagem das sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel em higrostat, coletadas em Marechal Cândido Rondon.

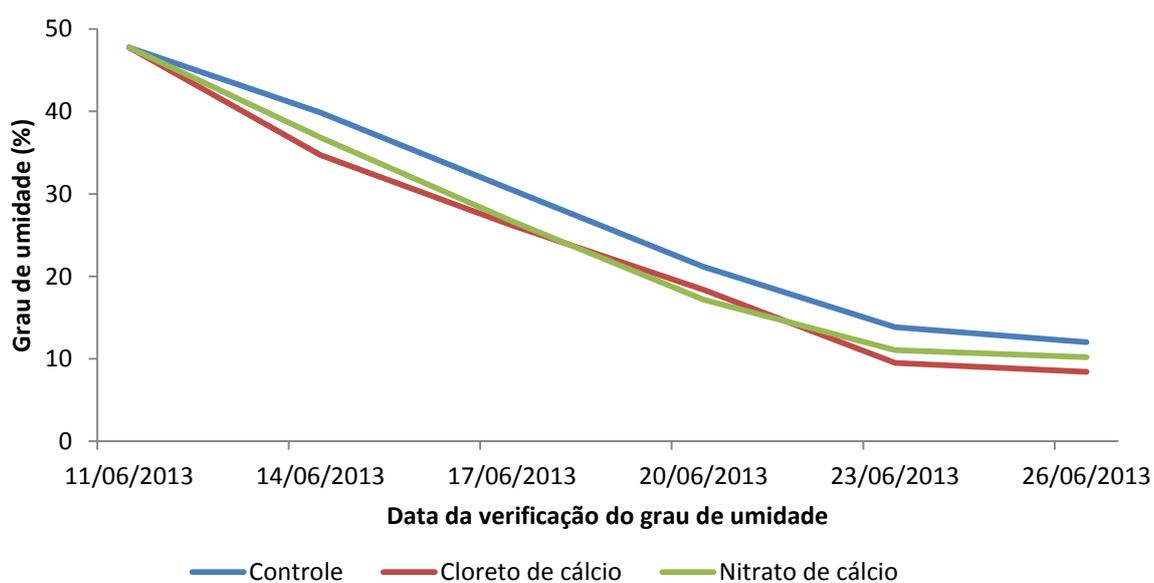


Figura 7 - Perda de água (%), durante a secagem das sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel em higrostat, coletadas em Guaíra.

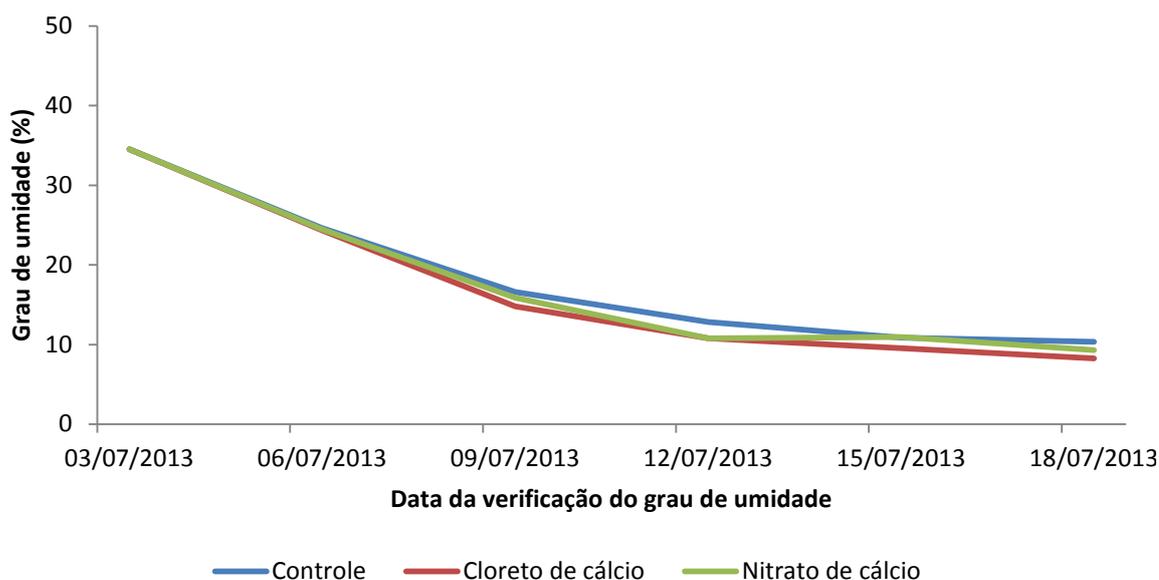


Figura 8 - Perda de água (%), durante a secagem das sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel em higrostat, coletadas em Santa Helena.

O interior do higrostat apresentou valores médios de umidade relativa de 41,76; 58,93 e 58,26% com a utilização dos sais cloreto de cálcio, nitrato de cálcio e sem sal. Estes valores não apresentaram diferenças entre as regiões de coleta.

No momento da colheita, as sementes encontravam-se com alto grau de umidade. No entanto, há vários fatores que contribuem para o aumento dos danos causados durante o processo de dessecação/secagem de sementes, como a temperatura e a taxa de secagem, estágio de desenvolvimento e atividade metabólica das sementes quando secas.

O grau de umidade das sementes permaneceu com pouca variação no decorrer do período de armazenamento de 12 meses, apresentando variação média de 0,53% (Tabela 3). Para a manutenção adequada deste índice, as sementes foram armazenadas em embalagens herméticas. Sendo assim, segundo Medeiros (2001), as embalagens para acondicionamento das sementes desempenham papel importante na manutenção da sua viabilidade durante o armazenamento, preservando as qualidades fisiológicas, mantendo o grau de umidade adequado.

A variação do grau de umidade das sementes em função da umidade relativa demonstra haver troca de água entre a semente e o ambiente de secagem, através do tegumento (ALMEIDA, 2008) pela diferença entre os sais utilizados, gerando pressão de vapor variável.

Tabela 3 - Grau de umidade inicial das sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel para cada local de coleta e solução salina, utilizada para secagem

Sais	Locais de coleta		
	Marechal Cândido Rondon	Guaíra	Santa Helena
	Grau de umidade (%)		
Controle	10.61±0,92*	11.24±0,88	10.18±0,41
Cloreto de cálcio	8.63±0,88	8.68±0,41	8.24±0,08
Nitrato de cálcio	8.69±0,25	9.66±0,59	8.81±0,39

\*Desvio padrão da média

Analisando o efeito imediato da secagem das sementes de louro-pardo paraos três locais de coleta, verificou-se que não ocorreu alteração na porcentagem de germinação com os diferentes graus de umidade. Já para o grau de umidade e atividade da enzima peroxidase, apresentado em cada tratamento das sementes, houve discrepância, devido à diferença do mesmo na umidade de equilíbrio (Tabela 4).

Para os locais de coleta Marechal Cândido Rondon e Guaíra, a porcentagem de germinação e o índice de velocidade de germinação não apresentaram diferenças entre sementes sem secagem e a secagem inicial com diferentes graus de umidades. Já para a localidade de Santa Helena, somente a porcentagem de germinação não apresentou diferença significativa entre os graus de umidade quando comparados ao efeito imediato da secagem, afetando desta forma o vigor das sementes (Tabela 4). Observa-se a redução da qualidade fisiológica com a redução do grau de umidade das sementes.

Estudos com lotes de sementes provenientes de diferentes locais ou de ecotipos de uma mesma espécie, consideram que possa existir uma faixa para os valores de grau de umidade crítico e letal e não um valor único (BOVI; MARTINS; SPIERING, 2004).

A perda da viabilidade, aos 3 meses de armazenamento, deve-se à característica de ser uma espécie recalcitrante, não tolerando baixos níveis de umidade, mesmo em condições favoráveis (MEDEIROS, 2001). Desta forma, considera-se também que a velocidade de secagem é fundamental para a avaliação do limite de tolerância à dessecação das sementes (DELGADO; BARBEDO, 2007), consequente na manutenção do vigor.

Este comportamento é justificado, segundo Santos, Menezes e Villela (2004), afirmando que a deterioração das sementes ocorre de forma gradativa, caracterizado por uma sequência de eventos de origem bioquímica ou fisiológica, acarretando em fortes relações com o aumento na taxa respiratória dos tecidos, mudanças na atividade enzimática, redução de tecidos de reserva, queda na velocidade e na capacidade de germinação.

Tabela 4 - Efeito imediato da secagem de sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel para os três locais de coleta, sem armazenamento

Marechal Cândido Rondon				
Parâmetros	Antes da secagem	Após secagem		
		Grau de umidade (%)		
		10,61	8,63	8,69
GA (%)	44,5	11,7*	8,2*	8,3*
PG (%)	16,0	21,0 <sup>ns</sup>	9,0 <sup>ns</sup>	8,0 <sup>ns</sup>
IVG	0,167	0,229 <sup>ns</sup>	0,126 <sup>ns</sup>	0,116 <sup>ns</sup>
Atividade da enzima Peroxidase	0,176	0,322*	0,060*	0,033*
Guaira				
Parâmetros	Antes da secagem	Após secagem		
		Grau de umidade (%)		
		11,24	8,68	9,66
GA (%)	47,7	12,0*	8,4*	10,2*
PG (%)	10,0	17,0 <sup>ns</sup>	2,0*	3,0 <sup>ns</sup>
IVG	0,245	0,173 <sup>ns</sup>	0,029*	0,036*
Atividade da enzima Peroxidase	0,535	0,412*	0,525	0,627*
Santa Helena				
Parâmetros	Antes da secagem	Após secagem		
		Grau de umidade (%)		
		10,18	8,24	8,81
GA (%)	34,5	10,3*	8,2*	9,3*
PG (%)	18,0	29,0*	19,0 <sup>ns</sup>	9,0 <sup>ns</sup>
IVG	0,249	0,305*	0,243*	0,133*
Atividade da enzima Peroxidase	0,420	0,412 <sup>ns</sup>	0,359 <sup>ns</sup>	0,253*

\*Significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste de Dunnett. Sendo: GA (Grau de Umidade), PG (Porcentagem de Germinação), IVG (Índice de Velocidade de Germinação).

Contudo, Preto, Bradford e Vazquez-Ramos (2000), concluíram que quando as sementes recalcitrantes que são submetidas à secagem/dessecação podem ocorrer dois tipos de danos: relacionados a macromoléculas e os resultantes da manutenção das sementes em níveis intermediários de água, levando ao estresse oxidativo, como consequência de um metabolismo desregulado.

Muxfeldt et al. (2012), avaliando os efeitos da dessecação em sementes de *Cryptocarya aschersoniana*, verificaram que a redução do teor de água das sementes estimulou o processo germinativo, fato este não verificado estatisticamente neste trabalho.

Assim, Berja e Pammenter (2000), relataram que a remoção da água nas sementes pode acarretar em injúrias físicas nos tecidos, desordenando o metabolismo, afetando a germinação e o vigor.

Com a secagem lenta em estufa a 25°C, ocorreu a redução do grau de umidade de 36 para 21%, reduzindo a porcentagem de germinação de 25 para 14% em sementes de *Prunus brasiliensis* (FOWLER, 2000).

Para a porcentagem de germinação, ocorreu interação significativa entre o período de armazenamento e o grau de umidade das sementes de louro-pardo dos locais de coleta de Marechal Cândido Rondon e Guaíra. Já para a localidade de Santa Helena, ocorreu efeito significativo somente para o grau de umidade das sementes após a secagem (Tabela 5).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância para os dados, obtidos de porcentagem de germinação de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel para diferentes locais de coletadas sementes, em função de diferentes graus de umidade das sementes e período de armazenamento

Causas de Variação	GL	Marechal Cândido Rondon	
		QM	P <sub>valor</sub>
Armazenamento (Arm)	4	65,624	0,3822
Grau de umidade (GU)	2	53,491	0,4248
Arm x GU	8	218,706	0,0028
Resíduo	45	61,299	
C.V. (%)		55,14	
		Guaíra	
Armazenamento (Arm)	4	128,266	0,0009
Grau de umidade (GU)	2	118,400	0,0091
Arm x GU	8	146,066	0,0000
Resíduo	45	22,666	
C.V. (%)		72,14	
		Santa Helena	
Armazenamento (Arm)	4	137,600	0,1522
Grau de umidade (GU)	2	365,866	0,0140
Arm x GU	8	113,200	0,2012
Resíduo	45	77,866	
C.V. (%)		37,18	

Na interação dos fatores dias de armazenamento e grau de umidade proporcionado pelos sais, com sementes de louro-pardo, da localidade de Marechal Cândido Rondon, ocorreu queda na porcentagem de germinação ao longo do período de armazenamento e em relação aos graus de umidade, estes valores mantiveram-se sem diferenças. A máxima porcentagem de germinação (18,03%) ocorreu aos 149 dias de armazenamento. Portanto, a maior porcentagem de germinação foi observada após a secagem com o maior grau de umidade (17%)

(Figura 9).

As causas das baixas porcentagens de germinação ou redução da velocidade de emergência são atribuídas ao baixo vigor, associado ao processo de deterioração (ROSSETTO et al., 1997). Desta forma, com a secagem lenta as sementes toleram mais a dessecação, devido ao maior tempo para indução aos mecanismos de proteção (SILVA et al., 2007).

Para a secagem lenta de sementes de *Genipa americana* L. com soluções salinas saturadas a manutenção da qualidade fisiológica foi mantida até 10,1% de umidade, abaixo desta (5,1%), ocorreu queda na porcentagem de germinação e no vigor (MAGISTRALI, 2013).

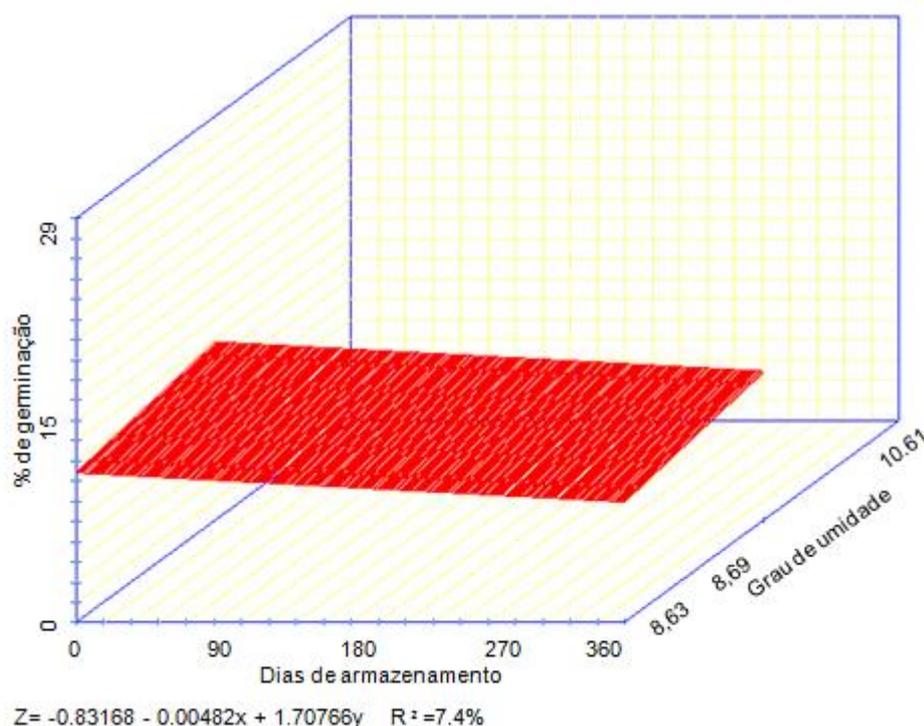


Figura 9 – Superfície de resposta para a porcentagem de germinação das sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel, coletadas em Marechal Cândido Rondon, durante o período de armazenamento e secagem com diferentes graus de umidade.

A interação significativa para a porcentagem de germinação de sementes de louro-pardo para a região de coleta de Guaíra. Aos 123 dias de armazenamento e com grau de umidade de 8,68% ocorreu a menor germinação. A partir deste ponto, houve o aumento da germinação em relação ao aumento do grau de umidade (10,52%) (Figura 10).

Contudo, sementes recalcitrantes não suportam armazenamento, apresentando queda na germinação e vigor, representado pelo IVG, ocasionando

deterioração.

Delgado e Barbedo (2007), trabalhando com secagem em estufa a 25°C e em sílica gel com seis espécies nativas de *Eugenia*, afirmaram que a secagem destas sementes prejudicou tanto a germinação quanto a produção de plântulas normais, sendo que, com em torno de 15 a 20%, de umidade não ocorreu a germinação.

Contrastando com os resultados da pesquisa, Marques (2007), em seu trabalho com sementes de angico-do-cerrado e angico-vermelho, realizando a secagem com diferentes soluções salinas, constatou que as sementes recuperaram a qualidade fisiológica depois da secagem quando expostas a solução de  $K_2CO_3$  aumentando o vigor em relação aos valores iniciais.

Andrade et al. (2003), observaram que com a redução do grau de umidade de sementes de *Eugenia dysenterica* DC., perderam a viabilidade por completo quando os valores de umidade se aproximam de 18 a 22%. Assim, Hirano (2004), sugere que o grau crítico da secagem das sementes é o ponto onde ocorre a perda máxima de viabilidade.

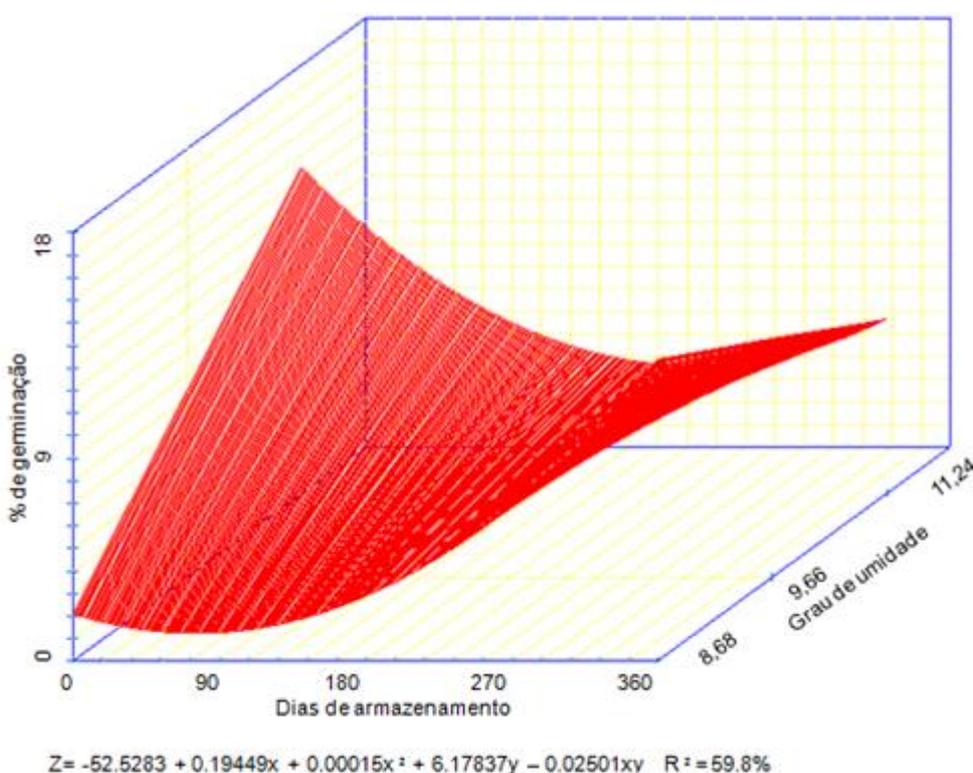


Figura 10 – Superfície de resposta para a porcentagem de germinação das sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel, coletadas em Guaira, durante o período de armazenamento e secagem com diferentes graus de umidade.

Para o índice de velocidade de germinação, nos locais de coleta de Marechal Cândido Rondon e Guaíra, houve interação significativa para as variáveis armazenamento e grau de umidade. Para a localidade de Santa Helena, somente a variável armazenamento foi significativa (Tabela 6).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para os dados obtidos para o Índice de velocidade de germinação (IVG) de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel para diferentes Locais de coletadas sementes, em função de diferentes graus de umidade das sementes e período de armazenamento

Causas de Variação	GL	Marechal Cândido Rondon	
		QM	P <sub>valor</sub>
Armazenamento (Arm)	4	0,021	0,0538
Grau de umidade (GU)	2	0,010	0,3183
Arm x GU	8	0,031	0,0021
Resíduo	45	0,008	
C.V. (%)		58,42	
		Guaíra	
Armazenamento (Arm)	4	0,012	0,0000
Grau de umidade (GU)	2	0,032	0,0000
Arm x GU	8	0,005	0,0001
Resíduo	45	0,001	
C.V. (%)		68,36	
		Santa Helena	
Armazenamento (Arm)	4	0,154	0,0000
Grau de umidade (GU)	2	0,017	0,1480
Arm x GU	8	0,014	0,1456
Resíduo	45	0,008	
C.V. (%)		45,44	

Os resultados do índice de velocidade de germinação de sementes de louro-pardo relacionam-se com a porcentagem de germinação, sendo que com a redução do grau de umidade aumentou o tempo decorrido para a germinação das sementes, sendo que IVG máximo foi 0,222.

A redução do grau de umidade das sementes demonstra a perda de viabilidade, independente do salutilizado para secagem e do local de coleta, levando, desta forma, a uma maior ou menor sensibilidade à dessecação.

No local de coleta de Marechal Cândido Rondon, o índice de velocidade de germinação apresentou efeito significativo, representando 13,6% (Figura 11)

Para o período de armazenamento, ocorreu queda na porcentagem de germinação, sendo este fato não verificado para os diferentes graus de umidade, podendo estar relacionado com a deterioração da semente, não permanecendo viável por longos períodos e graus de umidade baixos.

Desta forma, Bovi, Martins e Spiering (2004), afirmam que esses resultados podem estar relacionados com a perda de água, durante a fase de desidratação, pois ocorre a perda de volume das sementes podem resultar em danos mecânicos estruturais que não foram reparados, durante a reidratação, no processo de germinação.

Com a redução do grau de umidade em sementes de *Eugenia pyriformis* de 36% para 14%, Andrade e Ferreira (2000), conseguiram manter a viabilidade das sementes por até 60 dias, devido à sensibilidade à dessecação.

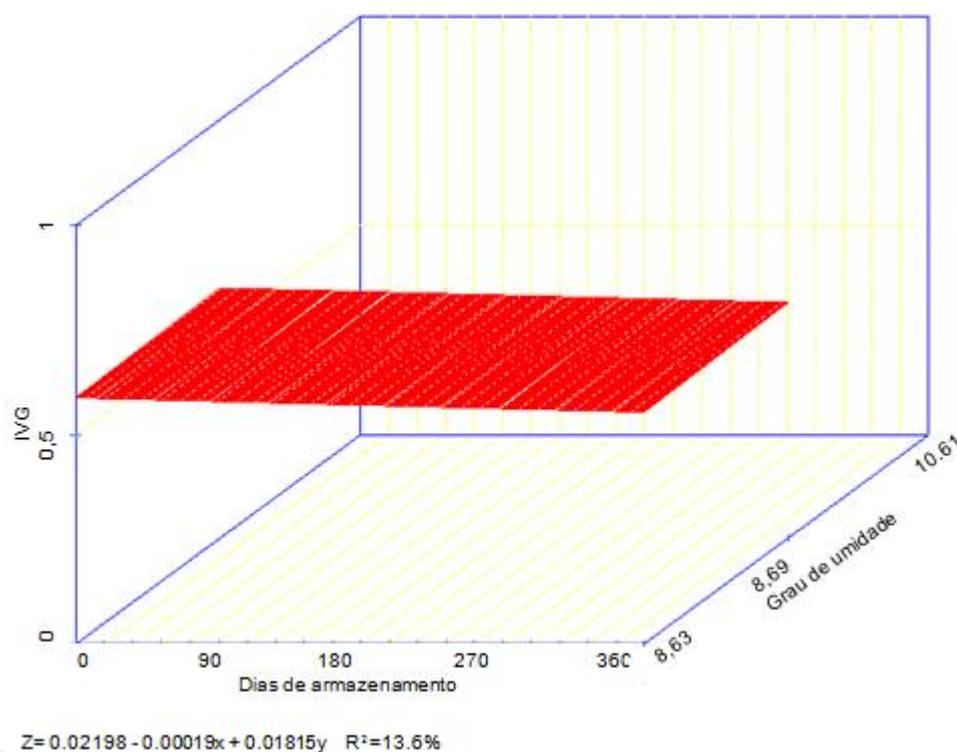


Figura 11 – Superfície de resposta para o índice de velocidade de germinação das sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel, coletadas em Marechal Cândido Rondon, durante o período de armazenamento e secagem com diferentes graus de umidade.

Os valores do índice de velocidade de germinação da região de coleta de Guaíra apresentaram comportamento significativo, sendo que a equação representa 69,3% deste comportamento. A queda foi progressiva do índice de velocidade de germinação com a secagem das sementes, sendo que no tempo zero de armazenamento e o grau de umidade 9,11% apresentaram o menor índice (0,0559). Já para o período de armazenamento, houve queda no índice de velocidade de germinação (Figura 12).

Contudo, a queda do vigor está relacionada com a deterioração das sementes, no período de tempo, e às condições de umidade acarretando em menor qualidade fisiológica.

Para sementes de *Eugenia brasiliensis* secas em estufa de circulação de ar a 35°C, a viabilidade manteve-se até os 180 dias de armazenamento em câmara fria a 7°C com grau de umidade próximo a 50%, com porcentagem de aproximadamente 60% de germinação (KOHAMA et al., 2006).

Em estudo com sementes de *Miconia cabucu*, Abreu e Medeiros (2005), relataram que a secagem destas com seis diferentes soluções salinas saturadas gerou um grau de umidade que variou de 6,41 a 16,47%, não havendo diferença estatística na porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação após 6 meses de armazenamento.

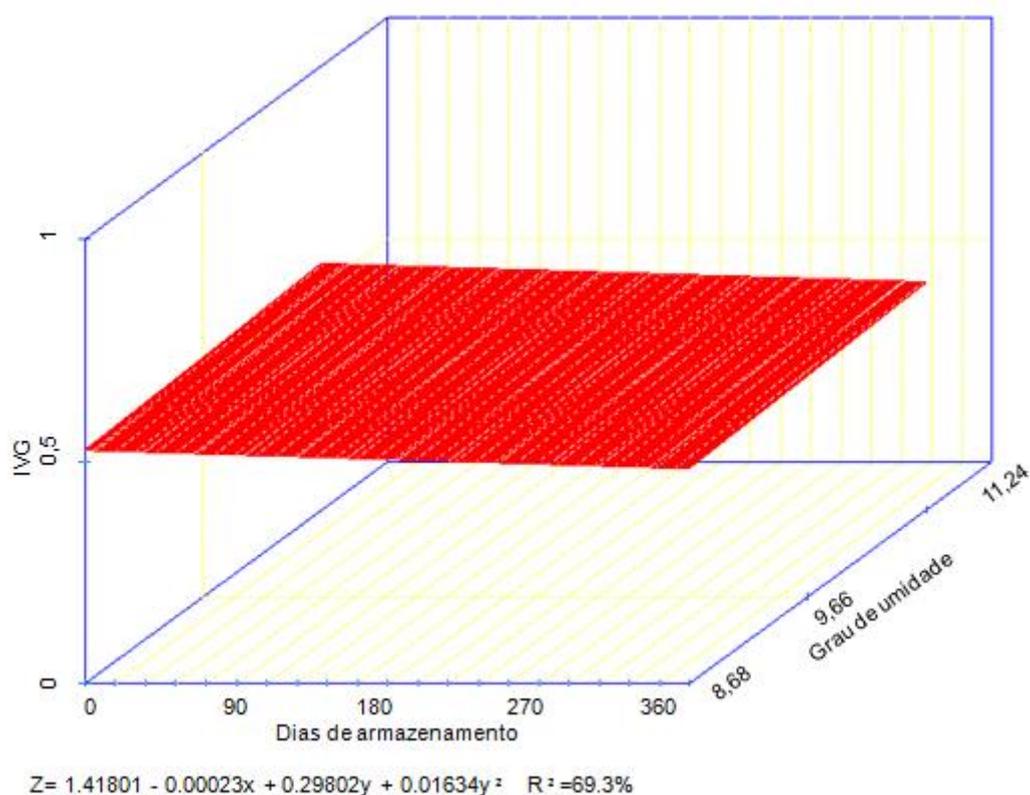


Figura 12 – Superfície de resposta para o índice de velocidade de germinação das sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel, coletadas em Guaíra, durante o período de armazenamento e secagem com diferentes graus de umidade.

Para os três locais de coleta de sementes houve interação significativa entre o armazenamento e o tipo de sal utilizado para a secagem das sementes de louro-pardo para a atividade da enzima peroxidase (Tabela 7).

Tabela 7- Resumo da análise de variância para os dados obtidos da atividade da enzima peroxidase de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel para diferentes locais de coletadas sementes, em função de diferentes graus de umidade e período de armazenamento

Causas de Variação	GL	Marechal Cândido Rondon	
		QM	P <sub>valor</sub>
Armazenamento (Arm)	4	0,013	0,0003
Grau de umidade (GU)	2	0,018	0,0005
Arm x GU	8	0,013	0,0000
Resíduo	45	0,002	
C.V. (%)		60,72	
		Guaira	
Armazenamento (Arm)	4	0,090	0,0000
Grau de umidade (GU)	2	0,137	0,0000
Arm x GU	8	0,030	0,0000
Resíduo	45	0,001	
C.V. (%)		10,04	
		Santa Helena	
Armazenamento (Arm)	4	0,093	0,0000
Grau de umidade (GU)	2	0,009	0,0017
Arm x GU	8	0,005	0,0018
Resíduo	45	0,001	
C.V. (%)		18,80	

A atividade da enzima peroxidase foi influenciada pelos graus de umidade de secagem das sementes e tempo de armazenamento, independente dos locais de coleta.

As sementes, coletadas em Marechal Cândido Rondon apresentaram diminuição da atividade da enzima no decorrer do armazenamento e com a diminuição do grau de umidade, sendo que com o tempo zero e grau de umidade 10,61%, houve a máxima atividade (0,21) (Figura 13).

Estes dados fornecem relação com a porcentagem de germinação, sendo que houve a queda na germinação, IVG, conseqüentemente na atividade da enzima peroxidase. Este fato condiz com a morte gradativa da semente.

Segundo Rego (2012), um fator que pode estar envolvido com a perda da viabilidade das sementes recalcitrantes é a formação de radicais livres, que são elementos citotóxicos e podem reagir com  $H_2O_2$  para a produção de oxigênio e radicais hidroxila (OH).

Desta forma, Guimarães (2000), cita que as mudanças bioquímicas ocorrem nas sementes enquanto se deterioram e estas alterações poderiam estar associadas com a mudança nas propriedades do conjunto das membranas celulares. Contudo, os sistemas enzimáticos são mais envolvidos na resposta antioxidante inicial, através da neutralização do oxigênio ativado potencialmente tóxico, formado durante

a restrição hídrica (GUIMARÃES et al., 2002).

Desta forma, os fatores físicos, fisiológicos, químicos e bioquímicos estão envolvidos na deterioração das sementes. Qualquer fator que interferir nas sementes, principalmente a umidade, irá acarretar-lhes danos irreversíveis, fazendo com que ocorram alterações no vigor (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

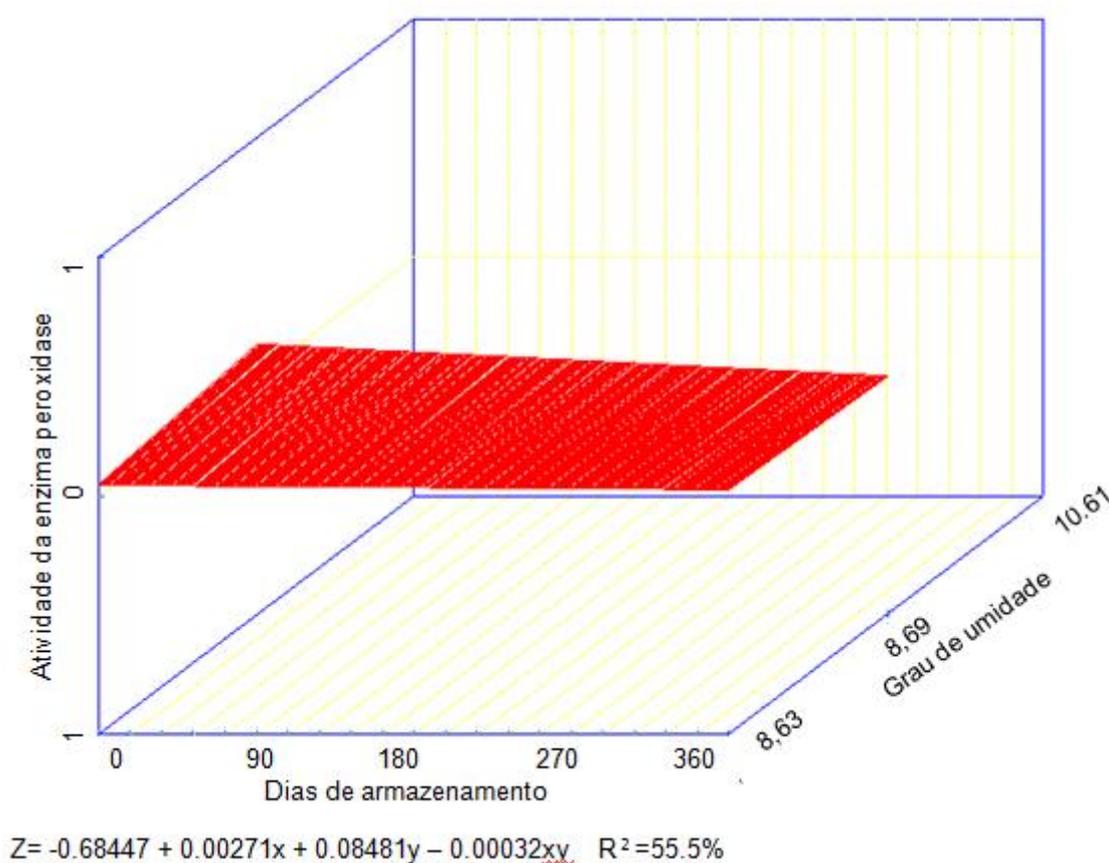
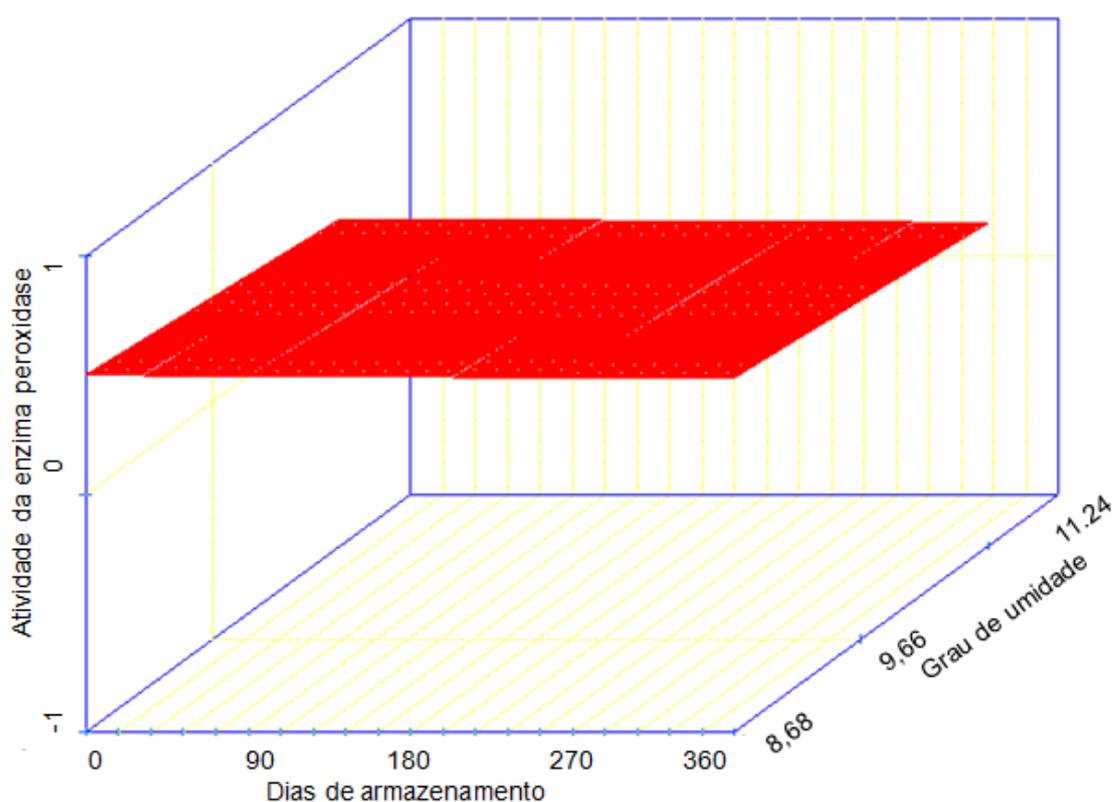


Figura 13 – Superfície de resposta para a atividade da enzima peroxidase das sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel, coletadas em Marechal Cândido Rondon, durante o período de armazenamento e secagem com diferentes graus de umidade.

A atividade enzimática da peroxidase para as sementes de louro-pardo, coletadas, em Guaíra, na avaliação da interação significativa observa-se que reduziu a atividade com o passar do tempo de armazenamento e com o aumento da umidade (0,34) (Figura 14).

Estes valores indicam a queda do vigor das sementes, armazenadas e secas em diferentes umidades. Para tanto, Carvalho et al. (2006), trabalhando com sementes de copaíba constataram a redução da atividade da enzima peroxidase nas sementes em estágio de deterioração mais avançado.



$$Z = 1.05006 - 0.0004x - 0.06306y \quad R^2 = 27.8\%$$

Figura 14 – Superfície de resposta para a atividade da enzima peroxidase das sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel, coletadas em Guaira, durante o período de armazenamento e secagem com diferentes graus de umidade.

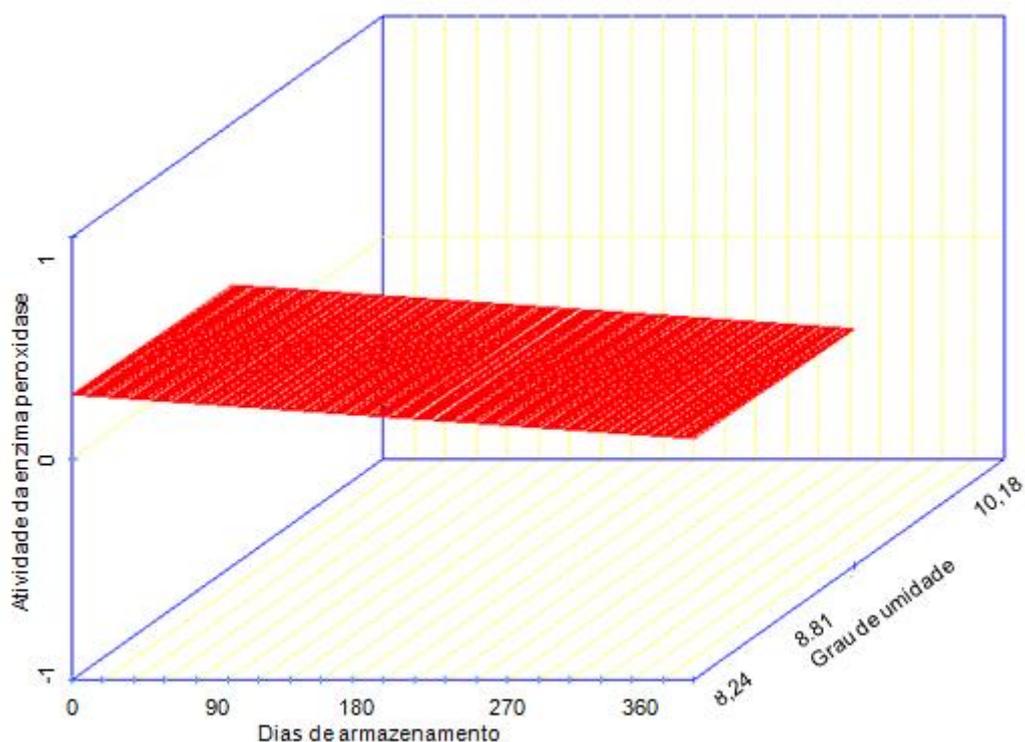
A interação entre os graus de umidade de secagem e o período de armazenamento das sementes de louro-pardo coletadas em Santa Helena, resultou em aumento e com a redução do grau de umidade (0,27) (Figura 15).

De acordo com Kerbauy (2004), os principais responsáveis para a redução da longevidade das sementes são o aumento da peroxidação de lipídeos, o acúmulo de radicais livres, a deterioração das membranas e a redução na atividade de algumas enzimas.

Segundo Roberts (1973), este comportamento é esperado devido à queda no grau de umidade de sementes recalcitrantes não suportarem esta condição. Assim, Bewley e Black (1994), confirmam que a desestruturação das membranas em virtude do armazenamento pode levar a diversas alterações metabólicas, contribuindo para a deterioração de sementes e a perda de vigor e de viabilidade.

Desta forma, confirmando estes resultados, Bonome (2006), em seu trabalho com seringueira, verificou a queda na atividade da enzima peroxidase com o avanço

do período de armazenamento.



$$Z = 3.13521 - 0.00055x - 0.63414y + 0.03507y^2 \quad R^2 = 70.7\%$$

Figura 15 – Superfície de resposta para a atividade da enzima peroxidase das sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel, coletadas em Santa Helena, durante o período de armazenamento e secagem com diferentes graus de umidade.

A concentração de CO<sub>2</sub> da localidade de coleta Marechal Cândido Rondon, obteve resultados superiores para a condição sem armazenamento das sementes, sendo que o grau de umidade de 8,69% expressou maior média e aos 12 meses de armazenamento, não houve diferença significativa (Tabela 8).

Para a localidade de Guaíra, as maiores médias foram apresentadas no grau de umidade 11,24% com sementes sem armazenamento e aos 12 meses de armazenamento, as médias 8,68% e 9,66% foram significativamente superiores (Tabela 8).

Na localidade de Santa Helena, não houve diferença significativa entre os saís nos dois períodos de armazenamento avaliados (Tabela 8).

Para os períodos de armazenamento, os três locais de coleta apresentaram diferenças significativas durante o período de armazenamento, sendo que a condição sem armazenamento apresentou as maiores medias (Tabela 8).

Estes valores estão relacionados com a alta deterioração das sementes, conseqüentemente menor longevidade e queda no vigor. Corroborando com estes resultados, Patane e Avola (2013), concluem que a respiração de sementes pode ser utilizada como um bom indicador da ativação dos processos metabólicos.

Desta forma, Bewley et al. (2013), relatam que este fato ocorre porque as sementes recalcitrantes são incapazes de sobreviver à dessecação, elas devem ser armazenadas hidratadas e, geralmente, têm uma vida de armazenagem muito curta.

Dode et al. (2013), trabalhando com sementes de soja, afirmaram que nas sementes de menor vigor, há desorganização de membranas, gerando acentuada atividade respiratória. Além disso, segundo Ferreira e Borghetti (2004), ocorrem alterações enzimáticas, fisiológicas e bioquímicas, sendo verificadas nos resultados do IVG durante o processo de armazenamento.

A incapacidade dos tecidos das sementes sensíveis à dessecação em efetuar proteção contra eventos oxidativos, decorrentes do metabolismo desorganizado durante a desidratação e o armazenamento, pode ser considerada como uma das principais causas da sensibilidade à dessecação e da reduzida longevidade (LEPRINCE; HENDRY; MCKERSIE, 1993).

Desta forma, Delouche (2002), ressalta que a deterioração das sementes diminui o vigor, conseqüentemente alterações na taxa respiratória e atividade enzimática e queda na velocidade e porcentagem de germinação. A alta concentração de CO<sub>2</sub> está relacionada ao rápido estabelecimento da semente no solo, devido ao alto grau de umidade.

Contudo, Borges et al. (2009), explicam que estes resultados já são esperados, pois devido à redução da umidade da semente diminui o seu processo metabólico, especialmente a atividade das enzimas e a respiração.

Tabela 8 - Concentração de CO<sub>2</sub> das sementes de *Cordia trichotoma* (Vellozo) Arrabida ex Steudel, antes do armazenamento (0 meses) e após o armazenamento (12 meses), coletadas em Marechal Cândido Rondon, Guairá e Santa Helena

Marechal Cândido Rondon		Concentração de CO <sub>2</sub> μmol mol g <sup>-1</sup>	
Grau de umidade (%)		Tempo de armazenamento (meses)	
		0	12
10,21		3647,25 bA*	1715,25 aB
8,63		2961,00 cA	1719,50 aB
8,69		5677,25 aA	1728,25 aB
Guairá		Concentração de CO <sub>2</sub> μmol mol g <sup>-1</sup>	
Grau de umidade (%)		Tempo de armazenamento (meses)	
		0	12
11,24		4028,25 aA*	1576,50bB
8,68		3063,50 bA	2239,00aB
9,66		3196,75 bA	2467,00aB
Santa Helena		Concentração de CO <sub>2</sub> μmol mol g <sup>-1</sup>	
Grau de umidade (%)		Tempo de armazenamento (meses)	
		0	12
10,18		3578,00aA*	1894,75aB
8,24		4029,50 aA	2120,25aB
8,81		4032,00aA	2179,75aB

\*Médias seguidas pela letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste Scott – Knott (p<0,05).

## 5 CONCLUSÕES

- Independente do grau de umidade, as atividades da enzima peroxidase e respiratória não interferiram no potencial fisiológico das sementes.
- As atividades enzimática e respiratória podem ser utilizadas como indicadoras da deterioração das sementes desta espécie.
- As condições de armazenagem das sementes preservaram o vigor e a viabilidade por 6 meses.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, D.C.A.; MEDEIROS, A.C.S. Comportamento fisiológico de sementes de pixiricão (*Miconia cabucu*) em relação ao armazenamento. **Informativo ABRATES**, v. 15, n. 1, 2005. 291p.
- ALBUQUERQUE, K.A.D. et al. Qualidade fisiológica e bioquímica de sementes de alface revestidas com micronutrientes, aminoácidos e reguladores de crescimento. **Bioscience Journal**, v.26, n.6, p.843-848, 2010.
- ALMEIDA, H.O. et al. Enzimas marcadoras de indução de resistência diferencialmente reguladas em soja resistente e suscetível à ferrugem-asiática-da-soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.2, p.163-172, 2012.
- ALMEIDA, T.M.H. **Características físicas, germinação e conservação de sementes de cactáceas nativas da costa fluminense**. 2008. 82 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- ANDRADE, A.C.S. et al. Physiological and morphological aspects of seed viability of a neotropical savannah tree, *Eugenia dysenterica* DC. **Seed Science and Technology**, n.31, p.125-137, 2003.
- ANDRADE, R.N.B.; FERREIRA, A.G. Germinação e armazenamento de sementes de uvaia (*Eugenia pyriformis* Camb.) - Myrtaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, p.118-125, 2000.
- ARAÚJO, E.F.; CORRÊA, P.C.; SILVA, R.F. Comparação de modelos matemáticos para descrição das curvas de dessecção de sementes de milho-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.7, p.991-995, 2001.
- BALDO, T. **Desempenho e caracterização de sementes de diferentes procedências de *Cedre lafissilis* Vellozo**. 2012. 63f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012.
- BARBEDO, C.J.; BILIA, D.A.C. Evolution of research on recalcitrant seeds. **Scientia Agricola**, n. 55 (Número Especial), p. 121-125, 1998.
- BARBEDO, C.J.; MARCOS FILHO, J. Tolerância à dessecação em sementes. **Acta Botanica Brasílica**, v.12, n.2, p.145-164, 1998.
- BERBICZ, F.; CLEMENTE, E. Avaliação da termoestabilidade e da regeneração da atividade da peroxidase extraída de laranja (*Citrus* spp.). **Acta Scientiarum**, v.23, n. 5, p. 1239-1242, 2001.
- BERJAK, P.; PAMMENTER, N. What ultrastructure has told us about recalcitrant seeds. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, p. 22-55, 2000.

BEWLEY, J.D. et al. **Seeds**: physiology of development, germination and dormancy. 3. ed. Berlin: Springer, 2013.

BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.

BONOME, L.T.S. **Alterações fisiológicas, bioquímicas e moleculares em sementes de Seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd. ExAdr. De Juss.) Müell.-Arg.] durante o armazenamento**. 2006. 124 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

BORGES, S. et al. Equilíbrio higroscópico e viabilidade de sementes de angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speng) em diferentes condições ambientais de armazenamento. **Scientia Forestalis**, v.37, n.84, p.475-481, 2009.

BOTEZELLI, L.; DAVIDE, A. C.; MALAVASI, M.M. Características dos frutos e sementes de quatro procedências de *Dipteryx alata* VOGEL (BARU). **Cerne**, v.6, n.1, p.9-18, 2000.

BOVI, M.L.A.; MARTINS, C.C.; SPIERING, S.H. Desidratação de sementes de quatro lotes de pupunheira: efeitos sobre a germinação e o vigor. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.1, p. 109-112, 2004.

BRADFORD, M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.248-254, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009, 399p.

CARVALHO, L.R. et al. Classificação de sementes de espécies florestais dos gêneros *Nectandra* e *Ocotea* (Lauraceae) quanto ao comportamento no armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, n.1, p.1-9, 2008.

CARVALHO, D. et al. Eletroforese de proteínas e isoenzimas em sementes de *Copaifera langsdorffii* (Leguminosae Caesalpinoideae) envelhecidas artificialmente. **Revista Árvore**, v.30, n.1, p.19-24, 2006.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 415p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003, 1.039p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras**: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira. Colombo: Embrapa/CNPQ- SPI, 1994.p. 107-112.

CARVALHO, P.E.R. Louro-pardo. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n.17, p.63-66, dez. 1988.

CAVALCANTI, L.S. et al. **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: Fealq, 2005.p.81-124.

CRUZ, C.D. **Programa Genes**: aplicativo computacional em genética e estatística: versão 2001. Viçosa: UFV, 2001. 648p.

DELGADO, L.F.; BARBEDO, C.J. Tolerância à dessecação de sementes de espécies de *Eugenia*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.265-272, 2007.

DELOUCHE, J.C. Germinação, deterioração e vigor da semente. **Seed News**, v.6, p.1-7, 2002.

DODE, J.S. et al. Teste de respiração em sementes de soja para avaliação da qualidade fisiológica. **Ciência Rural**, v.43, n.2, p.193-198, 2013.

DRANSKI, J.A.L. et al. Vigor de sementes de canola através da quantificação de CO<sub>2</sub> emissão. **Ciência e agrotecnologia**. v.37, n.3, maio/junho 2013.

ESPINDOLA, L.F. **Determinação do teor de água ideal para o armazenamento de sementes de quatro espécies arbóreas ameaçadas da flora brasileira**. 2007. 68f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, 2007.

FELIPPI, M. et al. Fenologia, morfologia e análise de sementes de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Steud. **Ciência Florestal**, v.22, n.3, p.631-641, 2012.

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

FERREIRA, D.F. **Programa de análises estatísticas (Statistical Analysis Software) e planejamento de experimentos**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003.

FIOR, C.S. et al. Qualidade fisiológica de sementes de guabijuzeiro (*Myrcianthes pungens* (Berg) Legrand – Myrtaceae) em armazenamento. **Revista Árvore**, v.34, n.3, p.435-442, 2010.

FLORIANO, E.P. Armazenamento de sementes florestais. **Caderno Didático**, Santa Rosa, n.1, p.1-10, 2004.

FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. 3. ed. Santa Maria: Editora UPF, 2006. 751p.

FONSECA, S.C.L.; FREIRE, H.B. Sementes recalcitrantes: problemas na pós-colheita. **Bragantia**, v.62, n.2, p.297-303, 2003.

FOWLER, J.A.P. Determinação do grau de umidade limite para sobrevivência de sementes de pessegueiro bravo. **Comunicado Técnico**, Colombo, n. 41, p. 1-3, 2000.

FREITAS, A.A. et al. Atividades das enzimas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO) nas uvas das cultivares benitaka e rubi e em seus sucos e geléias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n.28, n.1, p.172-177, 2008.

GUIMARÃES, R.M. et al. Tolerância à dessecação em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.1, p.128-139, 2002.

GUIMARÃES, R.M. **Tolerância à dessecação e condicionamento fisiológico em sementes de cafeeiro (*Coffea arabica*, L.)**. 2000. 180f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

HAMMERSCHMIDT, T.R.; NUCLES, E.M.; KUC, J. Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium*. **Physiological Plant Pathology**, v.20, p.73-82, 1982.

HEBERLE, E. **Qualidade fisiológica e atividade enzimática de sementes de milho armazenadas**. 2012. 56f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

HIGASHI, E.N.; SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N. Propagação vegetativa de *Eucalyptus*: princípios básicos e sua evolução no Brasil. **Circular técnica – IPEF**, n.192, 2000.

HIRANO, R. **Maturação fisiológica, tolerância à dessecação e conservação de sementes de lauráceas da mata de araucária de Santa Catarina**. 2004. 143f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

IGNACIO, V.L. **Germinação e conservação de sementes de *Balfourodendron riedelianum* (Engler) Engler**. 2013. 124f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2013.

KERBAUY, B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 408p.

KIELSE, P. et al. Propagação vegetativa de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steudel por estaquia radicular. **Revista Árvore**, v. 37, n. 1. p. 59-66, 2013.

KODDE, J. et al. A fast ethanol assay to detect seed deterioration. **Seed Science Research**, v.22, n.1, p.55-62, 2012.

KOHOMA, S. et al. Secagem e armazenamento de sementes de *Eugenia brasiliensis* Lam. (Grumixameira). **Revista Brasileira de Sementes**, v.28,n.1, 2006.

KRYZANOWSKY, F.C.; FRANÇA NETO, J.B. Vigor de sementes. **Informativo ABRATES**, v.11, n.3, p.81-84, 2001.

LAMARCA, E.V. **Taxas respiratórias e velocidade de deterioração de sementes de *Caesalpiniae chinata* Lam. em função de variações hídricas e térmicas**. 2009. 98f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) - Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2009.

LEHNINGER, A.L. **Princípios da bioquímica**. 4. ed. São Paulo: Sarvier, 2006. 1202 p.

LEPRINCE, O. et al. The involvement of respiration in free radical processes during loss of desiccation tolerance in germinating *Zea mays* L. **Plant Physiology**, n.104, p.1333-1339, 1994.

LEPRINCE, O.; HENDRY, G.A.F.; MCKERSIE, B.D. The mechanisms of desiccation tolerance in developing seeds. **Seed Science Research**, v.3, n.2, p.231-246, 1993.

LIMA, G.P.P.; BRASIL, O.G.; OLIVEIRA, A.M. Poliaminas e atividade da peroxidase em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado sob estresse salino. **Scientia Agricola**, v.56, p.21-25, 1999.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5.ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, v.1. 2008. 368p.

LUSSO, M.F.G.; PASCHOLATI, S.F. Activity and isoenzymatic pattern of soluble peroxidases in maize tissues after mechanical injury or fungal inoculation. **Summa Phytopathological**, Botucatu, v.25. p.244-249, 1999.

MADRUGA, P.M. **Atividade respiratória e bioquímica de sementes de arroz submetidas a diferentes temperaturas**. 2010. 50f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

MAGISTRALI, P.R. **Efeito de taxas de secagem na tolerância à dessecação e o armazenamento de sementes de *Genipa americana* L.** 2013. 91f. Dissertação (Mestrado Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

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

MARQUES, M.A. **Secagem e armazenamento de sementes de *Anadenanthera peregrinavar. falcata* (Benth.) Altschul e *A. colubrina* (Vell.) Brenan var. *cebil* (Griseb.) Altschul**. 2007. 124 f. Tese (Doutor em Agronomia – Produção e Tecnologia de Sementes) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2007.

MARTINS, L.; LAGO, A.A.; ANDRADE, A.C.S. Teor de água, temperatura do ambiente e conservação de sementes de ipê-roxo. **Revista Árvore**, v.36, n.2, p.203-210, 2012.

MEDEIROS, A.C.S. **Armazenamento de sementes de espécies florestais nativas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001. 24 p.

MEDEIROS, A.C.S.; EIRA, M.T.S. **Comportamento fisiológico, secagem e armazenamento de sementes florestais nativas**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. (Embrapa Florestas. Circular Técnica, 127).

MERRIT, D.J. et al. Water sorption characteristics of seeds of four Western Australian species. **Australian Journal of Botany**, v. 51, p. 85-92, 2003.

MUXFELDT, R.E. et al. Utilização do teste de raios-x na avaliação dos efeitos da dessecação e infestação em diásporos de Canela-Batalha – *Cryptocarya aschersoniana* Mez (Lauraceae). **Cerne**, v.18, n.4, 2012.

OLADIRAN, J. A.; AGUNBIADE, S. A. Germination and seedling development from pepper (*Capsicum annuum* L.) seeds following storage in different packaging materials. **Seed Science and Technology**, v.28, n.2, p.413-419, 2000.

PASCHOLATI, S.F. et al. **Interação planta-patógeno: fisiologia, bioquímica e biologia molecular**. Piracicaba: FEALQ, 2008. 627p.

PATANE, C.; AVOLA, G.A seed respiration-based index of cold-sensitivity during imbibition in four macrothermal species. **Acta Physiol Plant**, n. 35, p. 911-918, 2013.

POPINIGIS, F. **Fisiologia de sementes**. 2.ed. Brasília, 1985. 289p.

PRETO, M.; BRADFORD, K.J.; VAZQUEZ-RAMOS, J. **Biologia semente: avanços e aplicações**. Wallingford: CABI Publishing, 2000.p.215-221.

REGO, S.S. **Tolerância à desidratação e armazenamento de sementes de *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) Berg. E *Casearia decandra* Jacq.** 2012. 142f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

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

ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, v.12, p.499-514, 1973.

ROSSETTO, C.A.V. et al. Efeito da disponibilidade hídrica do substrato, da qualidade fisiológica e do teor de água inicial das sementes de soja no processo de germinação. **Scientia Agrícola**, v.54, n.1-2, 1997.

SAEG, **Sistema para análises estatísticas**, versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes; UFV, 2007.

SANTOS, C.M.R.; MENEZES, N.L.; VILLELA, F.A. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de feijão envelhecidas artificialmente. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 1, p. 110-119, 2004.

SANTOS-MOURA, S.S. et al. Influência de diferentes períodos de secagem na qualidade fisiológica de sementes de *Tapirira guianensis* AUBLET. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.2, p.382-390, 2012.

SILVA, P.A. et al. Análise fisiológica e ultra-estrutural durante o desenvolvimento e a secagem de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.2, p.15-22, 2007.

SOUZA, V.C. et al. Conservação de sementes de Marizeiro *Geoffroea spinosa* Jacq. utilizando diferentes embalagens e ambientes. **Ciência Florestal**, v.21, n.1, p.93-102, 2011.

SUN, W.Q. Methods for the study of water relations under desiccations stress. In: BLACK, M.; PRITCHARD, H.W. **Desiccation and survival in plants: drying without dying**. Wallingford: CABI Publishing, 2002. p.47-91.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

VARELA, V.P.; FAÇANHA, J.G.V. Secagem de sementes de cumaru (*Dipteryx dorata* Aubl. Willd.): Influência sobre a germinação e vigor. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.22, n.9/10, p.959-963, 1987.

VIEIRA, C.V. et al. Germinação e armazenamento de sementes de camboatá (*Cupania vernalis* Cambess.) sapindaceae. **Ciência Agrotécnica**, v.32, n.2, p.444-449, 2008.