

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**PREVISÃO DA LONGEVIDADE DE SEMENTES DE *Dimorphandra mollis* Benth. (FAVEIRO) E *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All.Ex Benth.)  
(JACARANDÁ-DA-BAHIA).**

**MARIA MADALENA FERREIRA CHAVES.  
*Engenheira Florestal MSc.***

**CAMPINAS - SP  
Novembro - 2001**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**PREVISÃO DA LONGEVIDADE DE SEMENTES DE *Dimorphandra mollis* Benth. (FAVEIRO) E *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth.) (JACARANDÁ-DA-BAHIA).**

**MARIA MADALENA FERREIRA CHAVES.**  
*Orientada*

**DR. ROBERTO USBERTI**  
*Orientador*

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP para Obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, Área de Concentração Tecnologia Pós-Colheita.

**CAMPINAS – SP  
Novembro – 2001**



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

C398p Chaves, Maria Madalena Ferreira.  
Previsão da longevidade de sementes de  
*Dimorphandra mollis* Benth. (faveiro) e *Dalbergia nigra*  
(Vell.) Fr.All.Ex Benth. (jacarandá-da-bahia) / Maria  
Madalena Ferreira Chaves. --Campinas, SP: [s.n.], 2001.

Orientador: Roberto Usberti.  
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de  
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. *Dimorphandra mollis*. 2. Sementes -  
armazenamento. 3. Sementes - deterioração. I. Usberti,  
Roberto. II. Universidade Estadual de Campinas.  
Faculdade de Engenharia Agrícola. III. Título.

*DEDICATÓRIA*

*À DEUS,  
Ao meu marido, CHARLES  
Ao meu filho, MATEUS  
À minha mãe, EFIGÊNIA  
pelo apoio, carinho e luta para vencer os desafios.*

## **AGRADECIMENTOS**

A todos que direta ou indiretamente contribuem em todas as formas com o meu eterno aprendizado de vida;

A Universidade Estadual de Campinas e a Faculdade de Engenharia Agrícola, em especial ao Departamento de Pós-Colheita, pelo treinamento proporcionado;

Ao meu orientador Dr. Roberto Usberti pelos ensinamentos, orientação e confiança em mim depositada;

Aos membros do comitê de orientação, Prof. Sylvio Luis Honório e Priscila Fratin Medina, pela colaboração durante este trabalho;

Aos membros da Comissão Examinadora, Prof. Rubens Sader, Prof<sup>a</sup>. Fátima Piña-Rodrigues, Prof. Benedito Carlos Benedetti e Prof. Ivany Ferraz Marques Válio;

A Ana Paula Montagner, Marta Vechi e Rosângela pela amizade e suporte junto a Secretaria de Pós-Graduação;

À minha família, minhas irmãs e irmãos, sobrinhas e sobrinhos, cunhadas e cunhados que sempre me apoiaram;

A CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral) pela disponibilidade de suas instalações no Laboratório Central de Sementes do

Departamento de Sementes e Mudanças e Matrizes, e em especial aos funcionários do Laboratório, pela ajuda nos trabalhos, pela simpatia e agradável convivência;

Ao ITAL/CETEA (Instituto de Tecnologia de Alimentos; Centro de Tecnologia de Embalagem) pelas determinações de atividade de água das sementes;

À todo corpo docente da FEAGRI e amigas, especialmente Margarete, Fabiana, Jussara, Rosa, Laurinha e D. Laura pela amizade e ajuda prestada;

Ao CNPq (Conselho Nacional de desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa de doutorado.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE FIGURAS .....	iv
LISTA DE TABELAS.....	vi
RESUMO.....	1
SUMMARY.....	3
1.INTRODUÇÃO.....	5
2.OBJETIVOS.....	8
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	9
3.1 Faveiro - <i>Dimorphandra mollis</i> Benth.....	9
3.2 Jacarandá-da-bahia - <i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Fr. All.ex Benth.) ....	13
3.3 Longevidade de sementes.....	17
3.4 Qualidade das sementes após o processo de secagem.....	19
3.5. Atividade de água.....	23
3.6 Comportamento das sementes durante o armazenamento.....	31

3.7 Equação de longevidade.....	36
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	42
4.1 Colheita das sementes.....	42
4.2 Determinação do grau de umidade das sementes.....	42
4.3 Determinação de atividade de água.....	44
4.4 Acondicionamento e armazenamento das sementes.....	45
4.5. Germinação das sementes.....	48
4.6. Determinação do teor de lipídios.....	49
4.7. Procedimento estatístico.....	50
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
5.1 Secagem das sementes.....	52
5.2 Grau de umidade da semente e a umidade relativa de equilíbrio.	55
5.3 Curvas de sobrevivência para as duas espécies.....	63
5.4 Constantes de viabilidade.....	71
6. CONCLUSÃO.....	78

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
8. ANEXOS.....	98

## LISTAS DE FIGURAS

Figura		Página
1	Taxa de secagem de sementes de <i>Dimorphandra mollis</i> e <i>Dalbergia nigra</i> sobre sílica gel à 25°C.....	54
2	Modelo de Peleg ajustado aos valores experimentais para <i>D. mollis</i> .....	59
3	Modelo de Bet ajustado aos valores experimentais para <i>D. nigra</i> .....	60
4	Curvas de sobrevivência de sementes (probit) à 40°C para <i>Dalbergia nigra</i> (A) e <i>Dimorphandra mollis</i> (B).....	66
5	Curvas de sobrevivência de sementes (probit) à 50°C para <i>Dalbergia nigra</i> (A) e <i>Dimorphandra mollis</i> (B).....	67
6	Curvas de sobrevivência de sementes (probit) à 65°C para <i>Dalbergia nigra</i> (A) e <i>Dimorphandra mollis</i> (B).....	68
7	Relação logarítmica entre o grau de umidade (% base úmida) e o desvio padrão da distribuição de frequência das sementes mortas no tempo (sigma) para <i>Dimorphandra mollis</i> (A) e <i>Dalbergia nigra</i> (B) em armazenamento hermético à 40, 50 e 65°C (1,2,3 respectivamente). As linhas	

sólidas representam a regressão linear para cada temperatura de armazenamento. Os símbolos abertos representam as curvas removidas para melhor ajuste na equação de viabilidade.....

## LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Períodos de umidificação (dias) necessários para atingir os níveis desejados de umidade (% base úmida), para <i>D. mollis</i> e <i>D nigra</i> , a partir dos valores iniciais de grau de umidade.....	46
2	Períodos de secagem (dias) necessários para atingir os níveis desejados de umidade (% base úmida), para <i>D. mollis</i> e <i>D nigra</i> , a partir dos valores iniciais de grau de umidade. ....	46
3	Armazenamento das sementes de <i>Dimorphandra mollis</i> e <i>Dalbergia nigra</i> à 40, 50 e 65°C e com diferentes graus de umidade. ....	48
4	Resultados da média de germinação (%) de sementes em diferentes grau de umidade (% base úmida) de <i>D. mollis</i> e <i>D. nigra</i> , após secagem das sementes em sílica gel. ....	53
5	Valores de atividade de água $a_w$ e umidade de equilíbrio $X_{eq}$ (Kg Kg <sup>-1</sup> ) para <i>D. mollis</i> e <i>D. nigra</i> . ....	56
6	Estimativas dos parâmetros dos modelos empíricos. ....	57

8	Análise de variância para temperatura de armazenamento/grau de umidade e período de armazenamento para sementes de <i>D. nigra</i> .....	62
9	Valores de $K_i$ (em probit) e porcentagem de germinação para <i>D. mollis</i> e <i>D.nigra</i> .....	62
10	Grau de umidade das sementes (%) e a freqüência da distribuição logarítmica da mortalidade das sementes no tempo (sigma) para <i>D. mollis</i> e <i>D. nigra</i> em armazenamento hermético à 40, 50 e 65°C, após direcionar todas as curvas de sobrevivência para o mesmo ponto de origem ( $K_i$ ). .....	69
11	Valores das constantes de viabilidade $K_E$ , $C_W$ , $C_Q$ e $C_H$ determinadas para sementes de <i>Dalbergia nigra</i> e <i>Dimorphandra mollis</i> . .....	72
12	Análise de variância de todos os sigmas para sementes de para <i>Dimorphandra mollis</i> após análise estatística e adequações. ....	76
13	Análise de variância de todos os sigmas para sementes de para <i>Dalbergia nigra</i> após análise estatística e adequações..	76

**PREVISÃO DA LONGEVIDADE DE SEMENTES DE *Dimorphandra mollis* Benth. (FAVEIRO) E *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth.) (JACARANDÁ-DA-BAHIA). Campinas, 2001. 100p. Tese. (Doutorado em Engenharia Agrícola, Área de Concentração Tecnologia Pós-Colheita ) – Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI/UNICAMP).**

**Autor: MARIA MADALENA FERREIRA CHAVES**

**Orientador: ROBERTO USBERTI**

## **RESUMO**

Diante da necessidade da preservação dos recursos florestais brasileiros, surgiu a necessidade de se estabelecer metodologias para assegurar a sobrevivência e redução da vulnerabilidade à extinção de espécies. O presente trabalho teve como objetivo estudar o armazenamento de sementes das espécies florestais jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr.All ex Benth) e faveiro (*Dimorphandra mollis* Benth), espécies típicas de Mata Atlântica e de Cerrado, respectivamente,. visando a obtenção das constantes da equação de viabilidade para essas espécies. Assim, o conhecimento do comportamento dessas sementes em condições de deterioração controlada (temperatura e grau de umidade) será de extrema valia para a conservação desses materiais, bem como para garantir a sua disponibilidade. As sementes de *D. nigra* foram colhidas de 20 árvores no Campus da Universidade Estadual de Campinas, enquanto as de *D. mollis* foram obtidas em aproximadamente 100 árvores ao longo da Rodovia Aguai-Pirassununga/ SP. Os graus de umidade das sementes foram ajustados à partir

dos seus valores iniciais, antes do armazenamento, por meio de umidificação sobre água num recipiente fechado ou então em dessecadores com sílica gel constantemente regenerada, , ambos à 25°C, até a obtenção dos valores de umidade desejados. Subamostras de sementes com onze graus de umidade para *D. nigra* (2,5 a 18,5%, valor inicial de 9,5%) e oito níveis de umidades para *D. mollis* (1,6 a 13,2%, valor inicial de 9,2%) foram acondicionadas em embalagens de alumínio hermeticamente fechadas e armazenadas em estufas à 40, 50 e 65°C, até a obtenção de curvas completas de sobrevivência. Estas altas temperaturas de armazenamento foram escolhidas de modo a se obter curvas completas de sobrevivência em períodos de tempo relativamente curtos. As análises estatísticas foram realizadas pelo programa “Glim”. As duas espécies apresentaram comportamento ortodoxo em relação ao armazenamento, mas as sementes de *D. mollis* mostraram melhor armazenabilidade do que as de *D. nigra*. O limite inferior para aplicação da equação para a *D. nigra* parece situar-se ao redor de 2,9% de umidade. Dois diferentes grupos de constantes foram obtidos para prever a longevidade de sementes de *Dalbergia nigra* e *Dimorphandra mollis*, a saber:  $K_E=$  5,199 e 6,282;  $C_W=$  4,524 e 3,838;  $C_H=$  0,08175 e 0,05405;  $C_Q=$  0,001641 e 0,001316, respectivamente. Para as duas espécies foi observada uma relação inversa entre o teor de água e a longevidade das sementes.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Dimorphandra mollis*, *Dalbergia nigra*, longevidade de sementes

**PREDICTION THE LONGEVITY OF SEEDS OF *Dimorphandra mollis* BENTH. (FAVEIRO) AND *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. Ex Benth.) (JACARANDÁ-DA-BAHIA). Campinas, 2001. 100f.. Thesis (Doctorate of Agricultural Engineering, Concentration Area Technology Post-Harvest ) – Faculty of Agricultural Engineering, (FEAGRI/UNICAMP).**

**Author: MARIA MADALENA FERREIRA CHAVES**

**Orientation: ROBERTO USBERTI**

### **SUMMARY**

Due to the need for the preservation of Brazilian forest resources, it became necessary to establish methodologies to assure the survival and reduction of vulnerability to the extinction of threatened species. The present work aim to study the storage of seeds of the endangers Brazilian forest species Jacaranda-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All Ex Benth) and Faveiro (*Dimorphandra mollis* Benth), typical species of Atlantic Forest and of “Cerrado”, respectively. In order to determine the constants of the viability equation for the species Thus, the knowledge of the behaviour of these seeds in controlled deterioration conditions (temperature and moisture content) it will be extremely important for the conservation of those materials, as well as to guarantee its availability. Seeds of *D. nigra* were picked up of 20 trees in the Campus of the Campinas State University, while the ones of *D. mollis* were obtained in approximately 100 trees, spread along the Highway Aguai-Pirassununga/SP. Seed

moisture contents were adjusted from the initial values, before the storage, by rehydration above water in a closed container or by drying in desiccators with regularly regenerated silica gel, both at 25°C, until achieving the desired moisture content values. Seed subsamples of eleven moisture contents for *D. nigra* (2.5 to 18.5%, initial value of 9.5%) and eight moisture contents for *D. mollis* (1.6 to 13.2%, initial value of 9.17%) were sealed in laminated aluminium-foil packets and stored in incubators maintained at 40, 50 and 65°C ( $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ), until complete survival curves were obtained. These high storage temperatures were chosen to achieve complete survival curves within a relatively short period of time. The statistical analysis were performed by GLIM software. Both species showed orthodox behaviour during the storage, but *D. mollis* seeds showed better storability than *D. nigra*. The lowest limit for application of the equation for *D. nigra* appears to be around 2.9% moisture content. Two different sets of viability constants were achieved to predict the longevity of *Dalbergia nigra* and *Dimorphandra mollis* seeds, as follows:  $K_E = 5.199$  and  $6.282$ ;  $C_W = 4.524$  and  $3.838$ ;  $C_H = 0.08175$  and  $0.05405$ ;  $C_Q = 0.001641$  and  $0.001316$ , respectively. An inverse relationship was observed between the water content and the seed longevity for both species.

**KEY WORDS:** *Dimorphandra mollis*, *Dalbergia nigra*, longevity of seeds

## **1. INTRODUÇÃO**

O Brasil possui a flora arbórea mais diversificada do mundo. No entanto, a falta de direcionamento técnico e conscientização ecológica na exploração destes recursos florestais tem acarretado prejuízos ambientais irreparáveis. Com raras exceções, os remanescentes florestais encontram-se bastante perturbados e empobrecidos, constituindo-se em um recurso cada vez mais escasso e em alarmante processo de empobrecimento genético, agravado principalmente pela falta de técnicas silviculturais apropriadas ao manejo sustentado das florestas nativas remanescentes.

A manutenção de um banco de germoplasma “ex-situ” de espécies florestais seria de relevante importância para o conhecimento e manutenção desses materiais. Entretanto, não se dispõe, no momento, de tecnologia apropriada para a sua implantação, principalmente pelo

desconhecimento do potencial de armazenamento destas espécies. Esta tem sido meta constante entre os pesquisadores, tecnologistas e produtores de sementes para subsidiar o manejo racional dessas sementes, visando os vários objetivos a serem alcançados, desde a manutenção de bancos de germoplasma até a comercialização e estabelecimento de uma nova cultura (USBERTI e GOMES, 1998).

Assim, a previsão da longevidade dessas sementes seria de extrema valia para os objetivos propostos e, para tanto, a equação de viabilidade proposta por ELLIS e ROBERTS (1980), tem se mostrado altamente confiável para as espécies já estudadas, com níveis de correlação excelentes entre os valores observados em várias pesquisas e os valores calculados. Desde que os valores das constantes desta equação são específicos para cada espécie vegetal, torna-se necessária a sua determinação para uma essência florestal de interesse econômico, ecológico e científico.

Com a expansão da fronteira agrícola nas regiões de cerrado, muitas espécies arbóreas encontram-se ameaçadas de extinção, entre elas, o faveiro (*Dimorphandra mollis* Benth.), que é uma espécie nativa encontrada em diferentes estados, com grande importância principalmente para a indústria farmacêutica, na produção de princípios ativos constituídos por compostos fenólicos, tanino e rutina.

A Mata Atlântica é considerada um dos mais importantes conjuntos de ecossistemas do planeta, estando atualmente reduzida a menos de 8% de sua área total original. Uma das espécies mais ameaçadas é o jacarandá-

da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.), devido à importância comercial da madeira. A sua exploração nas populações naturais vem promovendo uma seleção negativa, com a retirada da população de genótipos e/ou fenótipos silviculturalmente superiores, permanecendo apenas indivíduos inferiores, mas que também estão sob pressão de exploração.

Desta forma surge a preocupação em se estabelecer metodologias para a conservação destas duas espécies. O armazenamento adequado permite a conservação dos recursos genéticos das populações naturais através de sementes. No entanto, a preservação da sua viabilidade depende do conhecimento do comportamento das sementes em relação às condições de armazenamento a que são submetidas.

## 2. OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivos estudar o comportamento das sementes em relação ao armazenamento das espécies faveiro (*Dimorphandra mollis* Benth) e jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All ex Benth) e definir as constantes da equação de viabilidade para estas espécies. Assim, o conhecimento do comportamento destas sementes em condições controladas de armazenamento (temperatura e grau de umidade) será de extrema valia para a sua conservação, bem como para a produção e comercialização.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. Faveiro - *Dimorphandra mollis* Benth.**

*Dimorphandra mollis* é uma espécie da família Caesalpiniaceae conhecida como barbatimão-de-folha-miúda, faveiro, angelim, canafístula, enche-cangalha, angiquinho, cinzeiro, fava-do-campo, farinha-seca, fava-danta, falso-barbatimão e favela, no Norte de Minas. É encontrada em regiões de cerrado nos Estados do Pará, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul (SILVA, 1986).

Possui porte arbóreo com altura de 8 a 14m, com tronco de 30 a 50cm de diâmetro, folhas compostas pinadas, com 16 a 19 pares de folíolos de 10 a 12mm de comprimento (LORENZI, 1992), flores sem hastes, amareladas, carnosas, dispostas em numerosas espigas ascendentes. O fruto é do tipo vagem,

carneoso de polpa branca, duro, marrom-vinoso, achatado que quando partido, exala odor semelhante ao do chocolate (BRANDÃO e CARVALHO, 1992).

O faveiro floresce de outubro até janeiro e a maturação dos frutos ocorre no ano seguinte de agosto a setembro. As unidades de dispersão das sementes (diásporos) apresentam de 10 a 20 sementes; a semente tem forma elipsóide-achatada, com dimensões de 8 a 13mm de comprimento por 4 a 6mm de largura, com superfície lisa, circundada lateralmente por faixa escura e endosperma, coloração atro-rubra, com a testa dura e lisa (RIZZINI, 1971). Para a obtenção das sementes deve-se colher os frutos diretamente da árvore, no início da queda espontânea e em seguida secá-los ao sol para facilitar a abertura manual e liberação das sementes. Um quilograma contém aproximadamente 3.700 unidades. Sua viabilidade em armazenamento é superior a 4 meses (LORENZI, 1992).

ZPEVAK (1994) observou aproximadamente 20 indivíduos de faveiro no campo, durante os anos de 1992, 1993 e 1994 e constatou que apenas um deles apresentava os frutos completamente abertos ao final do período de maturação sendo que, nos demais, os frutos caíam da árvore apresentando apenas deiscência na lateral das vagens.

De acordo com BRITO (1997), os cerrados estão “com seus dias contados” se forem consideradas as projeções baseadas na evolução da ocupação territorial. Todavia, estudos que vêm sendo desenvolvidos apontam para o seu grande potencial econômico, especialmente na área de alimentos,

onde já são conhecidas cerca de 80 espécies vegetais que fornecem frutos, sementes ou palmitos.

O faveiro é uma planta decídua, heliófita, pioneira, seletiva xerófita, característica do cerrado e campo cerrado. Apresenta ampla e contínua dispersão por quase todo o cerrado do Brasil Central. Ocorre preferencialmente em terrenos altos e bem drenados, geralmente em moderada densidade populacional. Pode ser encontrada tanto em formações primárias como secundárias. Apresenta qualidades ornamentais que a recomendam para o paisagismo. Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis (LORENZI, 1992).

A sua madeira é moderadamente pesada, macia ao corte, pouco compacta, grã direita a irregular, de média resistência ao ataque de organismos xilófagos, de cerne vermelho com manchas escuras (PIO-CORRÊA, 1984). É empregada apenas para tablados, confecção de caixas, compensados, forros, painéis, brinquedos e para lenha e carvão (ZPEVAK, 1994). A casca é rica em tanino e outrora foi muito utilizada para curtir couro; os sertanejos aproveitam ainda os folíolos para o enchimento de cangalhas e selas (PIO-CORRÊA, 1984). A árvore é tida como forrageira por grande número de fazendeiros pois suas vagens (fava) são de polpa doce e saborosa e atraem o gado, mas foi verificado que podem causar intoxicação em bovinos (SANTOS et al., 1975).

O fruto do faveiro é importante fonte de rutina, na proporção de 8g para 100g de pericarpo. A rutina tem importância terapêutica em virtude de

determinar a normalização da resistência e permeabilidade das paredes dos vasos capilares (TOMASSINI e MORS, 1966).

As sementes de *D. mollis*, como em várias plantas brasileiras, apresentam um polissacarídeo solúvel em água denominado galactomanano, um hidrocolóide estável em soluções aquosas e que confere aumento de viscosidade (NEUKOM, 1989). A obtenção de sementes de *D. mollis* pode ser feita através de extrativismo, e a extração de tecidos do endosperma, ricos em galactomanano (teor de 40% do peso seco de sementes), é possível de ser feita com sucesso (BUCKERIDGE e DIETRICH, 1990). RODRIGUES (1997) constatou que o galactomanano presente na semente apresentou um peso molecular próximo a  $2 \times 10^6$  Da e a razão manose/galactose de 2:1, valores similares aos obtidos para a goma guar.

Na indústria de alimentos, o galactomanano é muito usado na produção de sorvetes, queijos, sopas e molhos para saladas e como espessante em bebidas dietéticas não alcoólicas (PANEGASSI, 1998). As sementes de *D. mollis* representam um potencial para produção de goma, ressaltando a importância de estudos complementares para aplicações comerciais.

GOMES (1998) salientou que além da rutina e da quercetina, do faveiro extrai-se também a ramnose, um aditivo alimentar que participa da síntese de furaniol e é utilizado pelas indústrias alimentícias como aromatizante (Merck e PVP (Produtos Vegetais) - informação pessoal). Estes três produtos são registrados como insumos cosméticos, sendo que a rutina, por exemplo, é utilizada como vaso constritor periférico em produtos para o tratamento de pele

com acne. A rutina já chegou a ser exportada para 18 países e é responsável pelo suprimento da demanda de 50% do mercado mundial, ao redor de 20.000 toneladas da favas verdes por ano.

Em estudos com sementes de *D. mollis*, OLIVEIRA (1992) observou que as sementes germinadas apresentaram 100% de sobrevivência no cerrado, o que pode tornar viável o seu plantio neste tipo de bioma, seja para o seu aproveitamento comercial, seja do ponto de vista ecológico.

A obtenção de produtos não madeireiros em ecossistemas naturais pode aumentar os benefícios de comunidades locais, além de conservar espécies em diferentes locais. Por esta perspectiva, a produção de rutina e galactomanano neste ecossistema poderia ser de grande valia (WILSON, 1992).

### **3.2. Jacarandá-da-bahia - *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.)**

*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All.ex Benth.) é uma árvore da família Fabaceae, conhecida por jacarandá-da-bahia, jacarandá-preto, caviúna, cabiúna-rajada, cabiúna-do-mato, graúna, caviúno, jacarandá, jacarandá-cabiúna, jacarandá-caviúna, jacarandá-una, pau-preto, jacarandazinho. Apresenta altura de 15 a 25m, com tronco de 40 a 80cm de diâmetro, com folhas compostas pinadas de 5 a 8cm de comprimento com 11-17 folíolos glabrascentes de 12 a 15mm de comprimento (LORENZI,1992).

Ocorre naturalmente na Bahia (sul), Espírito Santo (norte), Minas Gerais (zona da mata), Rio de Janeiro (Serra dos Órgãos e Serra do

Itatiaia) e São Paulo (litoral norte), da latitude 13°15'S (BA) a 23°S (SP). É uma espécie característica e exclusiva da Floresta Ombrófila Densa “Floresta Atlântica” (CARVALHO, 1994). No sul da Bahia, na melhor zona de ocorrência do jacarandá, ele é encontrado numa frequência de 0,8 árvores/ha, correspondendo a um volume 1,4 m<sup>3</sup>/ha de madeira (RIZZINI, 1974).

Apresenta madeira moderadamente pesada (densidade 0,87g/cm<sup>3</sup>), bastante decorativa, muito resistente, de longa durabilidade natural. A madeira é própria para mobiliário de luxo e para a fabricação de piano, sendo também empregada para acabamentos internos da construção civil, como lambris, molduras, portas, rodapés, folhas faqueadas decorativas, revestimento de móveis, caixas de rádio e televisão, peças torneadas, instrumentos musicais, etc. (CARVALHO, 1994).

É uma planta decídua, heliófita, seletiva, xerófita, característica da floresta pluvial da encosta atlântica. Ocorre principalmente nas encostas bem drenadas, sendo encontrada tanto no interior da mata primária densa como nas formações secundárias; apresenta caráter pioneiro, ocorrendo inclusive em cortes de barrancos. A árvore é muito ornamental, principalmente pela folhagem delicada e forma aberta de sua copa, sendo largamente empregada no paisagismo em geral. Como planta rústica e adaptada à terrenos secos, é ótima para plantios mistos em terrenos degradados de preservação permanente (LORENZI, 1992).

O jacarandá-da-bahia é conhecido comercialmente há mais de 300 anos, por ser uma das mais valiosas das espécies madeireiras que ocorrem no

Brasil. Sua madeira foi objeto de exportação através dos portos da Bahia e do Rio de Janeiro, desde os tempos coloniais. O cerne das árvores jovens desta espécie é pouco atrativo, sendo que o cerne responsável pela produção da famosa madeira provém das árvores velhas, sendo formado muito lentamente (CARVALHO, 1994). Apesar do rendimento em madeira desdobrada ser pequeno, em face das imperfeições usuais, o seu alto valor (cerca de US\$ 5.000/m<sup>3</sup> serrado) é altamente compensador (JESUS, et al. 1992). Uma árvore adulta produz cerca de 2m<sup>3</sup> de madeira. Na Europa, a madeira é conhecida com o nomes de “palissandro” ou “Brazilian rosewood”.

Produz anualmente grande quantidade de sementes viáveis e é capaz de se regenerar também a partir de raízes. Floresce durante os meses de setembro a novembro e a maturação dos frutos ocorre no ano seguinte de agosto a setembro (LORENZI, 1992).

A obtenção de sementes é feita colhendo-se os frutos diretamente da árvore quando do início da queda espontânea. Os frutos assim obtidos podem ser diretamente utilizados para a semeadura como se fossem sementes. Isso, entretanto, pode muitas vezes gerar mudas tortas ou defeituosas, o que é contornado utilizando-se a semente pura. Cada fruto contém uma a duas sementes, sendo que 1kg de frutos (vagens) contém aproximadamente 10.000 unidades (LORENZI, 1992) e 1kg de sementes apresenta de 7.000 (TOLEDO-FILHO e PARENTE, 1988) a 16.360 sementes (GOMES et al., 1976).

*D. nigra* está na lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, categoria vulnerável (BRASIL, portaria n.006/92-N, 1992),

bem como em listas de espécies que correm perigo (RIZZINI e MATTOS-FILHO, 1986). Segundo SPERÂNDIO e FONSECA (1986), dois fatores principais poderão levá-lo à extinção: a exploração desordenada e ausência de plantios de reposição. Testes de procedências detectaram a existência de variações genéticas, dentro e entre procedências, na forma das árvores. Através do melhoramento genético é possível alguma melhoria da forma das plantas.

Sementes recém colhidas com 12% de grau de umidade conservaram a viabilidade inalterada por 105 dias, em embalagem semi-permeável, armazenadas em condições ambientais ou em câmara fria (10°C e 65%UR). Sementes armazenadas em tamboretas em câmara fria (3-5°C e 92%UR) apresentaram germinação de 65%, após dois anos de armazenamento (CARVALHO, 1994).

O osmocondicionamento estimula o aumento da porcentagem e da velocidade de germinação das sementes de jacarandá-da-bahia e esse estímulo, mesmo mantido após a secagem das sementes, não pode ser explicado por alteração na concentração de proteínas ou alterações no peso do embrião ou na permeabilidade de membrana (FIGUEIREDO e BORGES, 1994; BORGES e BORGES, 1996).

Sementes de *Dalbergia nigra* foram secas à 22°C e 55%UR, com redução da umidade inicial de 21% para 11%, e não tiveram sua viabilidade comprometida, apresentando germinação acima de 80% após 30 dias de secagem (PEREIRA, et al., 1991).

### **3.3. Longevidade de sementes**

A longevidade da semente é o período de tempo em que esta se mantém viável. As sementes de algumas espécies deterioram-se rapidamente, enquanto outras mantêm sua viabilidade por longo período de tempo (CARNEIRO e AGUIAR, 1993). O verdadeiro período de longevidade das sementes de uma espécie qualquer só seria determinado se fosse possível colocá-las em condições ideais de armazenamento, o que é difícil, na prática. É possível, porém, determinar a viabilidade, que é o período de vida da semente dentro de determinada condição ambiental (CARVALHO e NAKAGWA, 1988).

A viabilidade das sementes resulta de vários fatores: características genéticas da espécie ou cultivar, vigor das plantas progenitoras, condições climáticas predominantes durante a maturação das sementes, grau de dano mecânico e condições ambientais de armazenamento (CARVALHO e NAKAGWA, 1988). Para TOLEDO e MARCOS-FILHO (1977), as condições ambientais de armazenamento são os fatores mais importantes para a conservação da viabilidade das sementes, especificamente a temperatura e o grau de umidade (DELOUCHE, 1980; ELLIS e ROBERTS, 1980).

O alto grau de umidade das sementes é uma das principais causas da perda do poder germinativo durante o armazenamento (DESAI, et al., 1997), causando aumento da taxa respiratória e da ação dos microorganismos.

Valores acima de 20% podem promover o aquecimento da massa de sementes a uma temperatura letal (HARRINGTON, 1972).

A temperatura, dentro de limites, influencia todas as atividades biológicas. O aumento da temperatura do ambiente de armazenamento provoca aumento da taxa respiratória da semente, de fungos e de insetos que a acompanham (POPINIGIS, 1985).

A conservação da qualidade das sementes é realizada pela redução do seu grau de umidade e da temperatura de armazenamento. De acordo com HARRINGTON (1972), o período de viabilidade da semente pode ser dobrado a cada redução de 1% no grau de umidade e a cada diminuição da temperatura em 5,6°C. Vale ressaltar que existem sementes que não toleram a redução do grau de umidade nem temperaturas baixas (sementes recalcitrantes), o que dificulta a sua conservação no armazenamento.

A qualidade das sementes não é melhorada pelo armazenamento, mas pode ser mantida com um mínimo de deterioração possível, através do armazenamento adequado visando manter o vigor e o poder germinativo pelo maior período possível. A deterioração é irreversível, sendo mínima por ocasião da maturidade fisiológica das sementes (POPINIGIS, 1985).

As condições climáticas ocorridas durante a maturação das sementes e o grau de maturação durante a colheita são os principais fatores que afetam o nível de sua qualidade inicial (DELOUCHE, 1980; ELLIS e ROBERTS, 1980). A semente atinge sua maturidade fisiológica (máximo vigor e máxima

germinação) quando alcança o máximo teor de matéria seca e a partir daí iniciam-se os processos de deterioração (POPINIGIS, 1985).

A qualidade da semente é expressa pela interação de quatro componentes: genético (características intrínsecas do cultivar, no que diz respeito à produtividade, resistência a pragas e doenças, etc.); fisiológico (potencial de longevidade da semente e à sua capacidade para gerar uma planta perfeita e vigorosa); físico (pureza física do lote e condição física da semente) e sanitário (efeito prejudicial provocado pelos insetos e microrganismos associados às sementes, desde o campo até o armazenamento) (POPINIGIS, 1985).

### **3.4. Qualidade das sementes após o processo de secagem**

Dentre os fatores que contribuem para a manutenção da viabilidade de sementes durante o armazenamento, o processo de secagem é de extrema importância (RAMOS e ZANON, 1985; CARVALHO e NAKAGAWA, 1988). Para sementes passíveis de secagem, a redução do grau de umidade associado ao armazenamento apropriado restringem a velocidade do processo de deterioração, conferindo-lhes maior longevidade (HARRINGTON, 1972; ROBERTS, 1973).

Na semente, segundo LEOPOLD e VERTUCCI (1989), existem pelo menos três tipos de água ligadas à macromoléculas, tipos esses definidos pela força com que a água se encontra ligada à superfície delas. Os autores

mostraram, em sementes de soja, que a água está no estado “água ligada” até um nível de aproximadamente 35%. Acima deste valor, as moléculas de água, em função da união com as partículas coloidais, adquirem uma configuração estrutural (espacial) diferente daquela de seu estado livre.

A água pode estar presente no material biológico sob as seguintes formas (ATHIÉ et al.,1998):

- Água livre: é a água que se encontra nos espaços intergranulares e no interior dos poros do material, mantida por forças capilares de pouca intensidade, devido ao mecanismo de tensão superficial do líquido. Apresenta grande mobilidade, podendo ser retirada com facilidade durante o processo de secagem.
- Água solvente: É a água que se mantém sob tensão osmótica no interior do material, servindo como solvente para diversas substâncias dissolvidas nas células. É, em grande parte, retirada na secagem.
- Água pseudo-ligada: Múltiplas camadas de moléculas de água retidas no material por ligações eletromagnéticas (força de Van der Waals). Estão fortemente absorvidas.
- Água de constituição: Camada monomolecular estritamente associada ao material, podendo estar ligada quimicamente à matéria biológica. Só pode ser removida em condições extremas de aquecimento utilizadas para determinação de umidade em laboratório.

Para os estudos de secagem e de armazenamento, a água que realmente interessa é a adsorvida, ou seja, aquela que no entender de HUNT e PIXTON (1974), resultaria em teores de água na faixa de 0 a 25%.

Como todo material higroscópico, a semente tem a propriedade de ceder ou absorver umidade do ar que a envolve, ficando em equilíbrio com determinada umidade relativa ao ar, para uma mesma temperatura. Toda substância que contém umidade possui uma pressão de vapor d'água, diretamente relacionada ao seu conteúdo. Quando a semente e o ar que a envolve apresentam diferentes pressões de vapor, a umidade se movimenta da substância com maior pressão de vapor para aquela com menor pressão, até atingir um ponto de equilíbrio. Neste ponto cessa o movimento da umidade (PUZZI, 1986).

A utilização de baixas temperaturas é a indicada para a secagem das sementes pois a ocorrência de danos térmicos é reduzida. O processo de remoção é lento evitando-se tensões internas e, como não há excessiva movimentação do produto, a incidência de danos mecânicos é muito pequena. Deste modo, é possível preservar a qualidade do produto (VALENTINI, 1992).

A velocidade de perda de umidade da superfície da semente para o ambiente é maior do que o deslocamento de umidade do interior para a sua superfície. Em função disso, o processo de secagem deve ser lento e gradativo, possibilitando a migração de umidade de dentro para fora. A secagem drástica e rápida, como a obtida com o emprego de altas temperaturas, pode induzir à

dormência secundária, como verificaram KAGEYAMA e MARQUEZ (1980) em sementes de *Pinus caribaea* var. *bahamensis*.

No entanto, a secagem não deve ser muito lenta, pois propicia o aparecimento de microorganismos, afetando a qualidade das sementes pela rápida perda de germinação e vigor (SILVA, et al., 1993). O período de secagem depende da espécie, do tipo de fruto, do estágio de maturação dos frutos, da umidade inicial das sementes, da velocidade de secagem, do aumento da corrente de ar e do grau final de umidade desejado. Sementes de algumas espécies perdem mais rapidamente a umidade no início do processo e mais lentamente à proporção que perdem umidade. Portanto, para se obter boa secagem, é preciso conhecer a espécie em questão.

Sementes de jacarandá mimoso (*Jacaranda acutifolia* Humb e Bonpl.) foram submetidas a secagem (22°C, 15%UR por 72 horas) e o grau de umidade foi reduzido de 7,4% para 4%, não tendo influenciado a sua qualidade fisiológica, permitindo a sua conservação a longo prazo em banco de germoplasma (MELLO e EIRA, 1995). Em outras espécies da família Bignoniaceae, como as do gênero *Tabebuia*, o grau de umidade das sementes deve ser mantido entre 9-11% para que não haja perda na qualidade das sementes (MIYASAKI e CÂNDIDO, 1978; KAGEYAMA e MARQUEZ, 1980).

Durante o processo de dessecação, os principais danos que acontecem nas sementes são relativos às membranas fosfolipídicas das células, à

desestruturação de macromoléculas e à oxidação de lipídios (GUIMARÃES, 1999).

Muitos estudos têm relacionado a perda de viabilidade durante o processo de secagem com danos nas membranas celulares, evidenciados pelo aumento da condutividade elétrica na água de embebição para sementes desidratadas, o que ocorre devido ao aumento da liberação de eletrólitos, como foi observado para as sementes recalcitrantes de *Shorea robusta* (NAUTIYAL e PUROHIT, 1985) e de *Eugenia brasiliensis* Lam. (ANDRADE, 1995).

A tolerância à dessecação é o resultado da interação de vários fatores e a ausência ou a deficiência de um deles determina o grau de sensibilidade das sementes ao processo. Dentre estes fatores, ressaltam-se algumas características físicas intracelulares, como a quantidade e natureza das reservas insolúveis acumuladas, de diferenciação intracelular, a presença e a eficiente operação dos sistemas antioxidantes, o acúmulo de substâncias supostamente protetoras, como as proteínas LEA, sacarose e certos oligossacarídeos, desenvolvimento de certas moléculas anfipáticas e a presença da operação de reparo dos sistemas de membranas durante a reidratação (PAMMENTER e BERJAK, 1999).

### **3.5. Atividade de água**

A remoção de água de alimentos sólidos surgiu, inicialmente, como uma forma de redução da atividade de água ( $a_w$ ) inibindo o crescimento

microbiano; entretanto, passou a ter também, grande importância na redução dos custos energéticos, de transporte, embalagem e armazenagem destes alimentos, que possuem grande quantidade de água em sua composição (PARK e NOGUEIRA, 1992).

Em materiais compostos, como sementes, a água interage em vários níveis, limitado por outras moléculas. O nível para qual a água é limitado chama-se atividade de água ( $a_w$ ). A atividade de água a uma dada temperatura e pressão é descrita pela isoterma de sorção.

Quando uma amostra é colocada em contato com uma atmosfera com pressão de vapor constante e se a amostra está com umidade suficiente para ter a pressão de vapor em sua superfície maior que o ar, o produto irá perder umidade para o ar. O processo continua até que um estado de equilíbrio é alcançado. A umidade do produto nesse ponto é denominada “grau de umidade de equilíbrio”, e este processo é conhecido como “desorção”. No entanto, se a amostra apresenta uma pressão de vapor menor que o ar, o produto irá ganhar umidade, até que o ponto de equilíbrio seja alcançado. Este processo é denominado “sorção” (FIOREZE, 1989).

É possível estabelecer uma relação estreita entre o teor de água livre no semente e sua conservação. O teor de água livre é expresso pela atividade de água ( $a_w$ ) que é dada pela relação entre a pressão de vapor de água em equilíbrio sobre o alimento e a pressão de vapor de água pura, à mesma temperatura (MOHSENIN, 1986). A atividade de água também pode ser entendida como a umidade relativa em equilíbrio com o produto na temperatura considerada.

Portanto, a atividade de água da semente determina a quantidade da água que tende a permanecer ou sair dessa semente e, conseqüentemente, sua disponibilidade.

O grau de umidade de equilíbrio é definido como a quantidade de massa de água que o produto contém quando é submetido a determinada condição controlada de temperatura e umidade relativa do ar. Portanto, para determinadas condições de secagem, dadas pela temperatura e umidade relativa do ar, existe uma umidade de equilíbrio do produto. O diferencial entre a umidade inicial do produto a ser seco e a umidade de equilíbrio ( $U_o - U_e$ ) é definido como potencial de secagem. De outra forma, o produto só poderá ser seco até a umidade de equilíbrio para as condições de temperatura e umidade relativa preestabelecidas (CAVALCANTI-MATA, 1997).

As sementes ricas em óleo apresentam grau de umidade de equilíbrio mais baixo em relação às sementes amiláceas, quando armazenadas em condições semelhantes pois, sendo hidrófobas, absorvem bem menos água. Por exemplo, à 25°C e 70%UR, a soja tem o grau de umidade de equilíbrio de 11,5% e o trigo de 13,9%. Assim para um armazenamento seguro, a soja deveria ser armazenada a um grau de umidade mais baixo que o trigo e outras sementes amiláceas (BROOKER, et al., 1992).

O conhecimento de isotermas de equilíbrio higroscópico de grãos e sementes é de essencial importância, por estarem diretamente ligadas às

operações de manuseio, armazenamento, secagem e comercialização das matérias primas (ROA e ROSSI, 1977).

Este tipo de informação pode ser usado para prever o crescimento de microorganismos no armazenamento de grãos e sementes e o potencial de deterioração no armazenamento. A maioria dos fungos de armazenamento não crescem e se reproduzem nos grãos que estão em equilíbrio com umidade relativa menor que 65%. Além disto, a atividade dos insetos de armazenamento diminui significativamente abaixo de 50%UR (LOEWER, et al., 1994).

Segundo BROOKER, et al. (1992), a variação no valor do grau de umidade de equilíbrio é causada pela variedade, maturidade e história da semente, bem como pela técnica da medição da umidade relativa e pelo método de determinação do grau de umidade de equilíbrio.

O estudo da atividade de água pode ser feito através das isotermas de sorção. Uma isoterma é uma curva que descreve, em uma umidade específica, a relação de equilíbrio de uma quantidade de água sorvida por componentes da semente e a pressão de vapor ou umidade relativa, a uma dada temperatura. Esta relação é complexa e depende da composição química dos alimentos (gorduras, amidos, açúcares, proteínas, etc.) (PARK e NOGUEIRA, 1992).

Com o intuito de prever o comportamento das isotermas, diversos autores propuseram modelos de ajuste de isotermas de sorção. Estes

modelos são úteis no conhecimento das características dos produto. Em sua maioria são modelos empíricos e serão discutidos a seguir.

### **Modelo de BET (Brunauer, Emmet e Teller)**

Tecendo considerações da natureza química da umidade e ampliando o conceito de Langmuir, Brunauer, Emmet e Teller (BET) propõem, para camadas polimoleculares (PARK e NOGUEIRA, 1992):

$$X_{eq} = \frac{(X_m \cdot C \cdot a_w) \cdot (1 - (n+1) \cdot a_w^n + n \cdot a_w^{n+1})}{(1 - a_w) \cdot (1 + (C-1) \cdot a_w - C \cdot a_w^{n+1})},$$

onde:

$X_{eq}$  - conteúdo de umidade de equilíbrio,  $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;

$X_m$  - conteúdo de umidade na monocamada molecular,  $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;

$a_w$  - atividade de água, adimensional;

$C, n$  - constantes.

Esta equação tem dois importantes casos especiais: quando  $n=1$ , ela fica reduzida à equação de Langmuir; quando  $n$  tende a infinito, ela se reduz à equação de BET linearizável.

### **Modelo de GAB (Guggenheim, Anderson e de Boer)**

Guggenheim, Anderson e de Boer estenderam as teorias de adsorção física de BET, resultando numa equação tripamétrica, que permite um

melhor ajuste dos dados de sorção dos alimentos até a atividade de água de 0,9.

A equação de GAB é escrita, segundo VAN DEN BERG, 1984, como:

$$X_{eq} = \frac{X_m \cdot C \cdot K \cdot a_w}{(1 - K \cdot a_w) \cdot (1 - K \cdot a_w + C \cdot K \cdot a_w)},$$

onde:

$X_{eq}$  - conteúdo de umidade de equilíbrio,  $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;

$X_m$  - conteúdo de umidade na monocamada molecular,  $\text{kg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;

$a_w$  - atividade de água, adimensional;

C, K - constantes de adsorção.

As constantes C e K são relacionadas com as interações energéticas entre as moléculas da monocamada e as subseqüentes, num dado sítio de sorção. Quando  $K = 1$ , a equação de GAB fica reduzida à equação de BET linearizada para n infinito.

PARK e NOGUEIRA (1992) mostraram a conceituação do modelo de BET, concluindo que por apresentar três parâmetros a serem estimados ( $X_m$ , C e n) e sendo uma equação polinomial de grau maior que 2, dependendo do valor numérico de n estimado, o modelo de BET na sua forma original apresenta uma maior possibilidade de ajuste dos dados experimentais.

### **Modelo de HALSEY**

HALSEY (1985) desenvolveu um modelo para a condensação das camadas a uma distância relativamente grande da superfície.

$$a_w = \exp\left(\frac{-A}{X_{eq}^B}\right),$$

onde:

$X_{eq}$  - conteúdo de umidade de equilíbrio,  $\text{kg.kg}^{-1}$ ;

$a_w$  - atividade de água, adimensional;

A, B - constantes.

### **Modelo de OSWIN**

O modelo baseia-se na expansão matemática para curvas de formato sigmoidal. Apresenta algumas vantagens sobre os modelos cinéticos de BET e GAB, com apenas duas constantes de fácil linearização. É um modelo empírico, definido por CHINNAN e BEAUCHAT, 1985 como:

$$X_{eq} = A \cdot \left(\frac{a_w}{1 - a_w}\right)^B,$$

onde:

$X_{eq}$  - conteúdo de umidade de equilíbrio,  $\text{kg.kg}^{-1}$ ;

$a_w$  - atividade de água, adimensional;

A, B - constantes.

## Modelo de PELEG

Modelo empírico de quatro parâmetros, tenta conjugar duas tendências em uma equação PELEG (1993):

$$X_{eq} = k_1 \cdot a_w^{n_1} + k_2 \cdot a_w^{n_2},$$

onde:

$X_{eq}$  - conteúdo de umidade de equilíbrio, kg.kg<sup>-1</sup>;

$a_w$  - atividade de água, adimensional;

$k_1$ ,  $k_2$ ,  $n_1$  e  $n_2$  - constantes.

A restrição para esta equação é que  $n_1 < 1$  e  $n_2 > 1$ .

## Modelo de HENDERSON

Um dos modelos mais usados para a predição de isotermas é a equação empírica (ASAE, 1991 b):

$$X_{eq} = \frac{\text{Ln}(1 - a_w)}{-K \cdot (T + C)^{1/n}},$$

onde:

$X_{eq}$  - conteúdo de umidade de equilíbrio, kg.kg<sup>-1</sup>;

$a_w$  - atividade de água, adimensional;

$T$  - temperatura, °C;

C, K, n - constantes.

### **Modelo CHUNG e PFOST**

Este modelo é baseado na premissa que a variação na energia livre para a adsorção está relacionada com o conteúdo de umidade (CHUNG e PFOST (1967):

$$X_{eq} = E - D \cdot \ln((C - T) \cdot \ln(a_w)),$$

onde:

$X_{eq}$  - conteúdo de umidade de equilíbrio,  $\text{kg.kg}^{-1}$ ;

$a_w$  - atividade de água, adimensional;

T - temperatura, °C;

C, D, E - constantes.

### **3.6. Comportamento das sementes durante o armazenamento**

De acordo com HONG e ELLIS (1996), as sementes de espécies de zonas tropicais e temperadas seguem basicamente três padrões quanto ao comportamento durante o armazenamento: ortodoxo, intermediário e recalcitrante.

As sementes denominadas ortodoxas são tolerantes à dessecação e à temperaturas baixas, sem que nenhum dano fisiológico ocorra, o que permite a retenção do poder germinativo por longos períodos de armazenamento (ROBERTS, 1973). Estas sementes podem ser conservadas

através da técnica da criopreservação, que consiste em submeter as sementes, com o teor de água reduzido, à temperaturas de -80 a -196°C em nitrogênio líquido (FAO, 1993). Alguns trabalhos têm mostrado o sucesso desta técnica para a conservação de sementes de espécies florestais, como *Spondias tuberosa* Arruda Câmara (SADER e MEDEIROS, 1993), *Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl. (MEDEIROS, 1997) e *Astronium fraxinifolium* Schott (SALOMÃO e MUNDIN, 1997, a, b).

As sementes ortodoxas podem ser conservadas a longo prazo com baixo grau de umidade e em temperatura subzero em banco de germoplasma. As intermediárias só podem ser conservadas a médio prazo e as recalcitrantes a curto prazo (ROBERTS, 1973; ELLIS, et al., 1990a; 1991). A identificação correta da categoria a que sementes de uma espécie pertence é fundamental para o estabelecimento da metodologia de conservação de germoplasma.

Existe um outro grupo de espécies que produzem sementes sensíveis à desidratação, mesmo quando seu grau de umidade é reduzido a níveis ainda altos; embora mantidas embebidas; tais sementes perdem a viabilidade em um período de tempo relativamente curto, sendo denominadas recalcitrantes. Estas sementes com umidade de 14-20%, expostas à temperaturas abaixo de zero, estão sujeitas à formação de cristais de gelo, que rompem a membrana celular, comprometendo a viabilidade (ROBERTS, 1973). Em geral, estas

sementes têm a viabilidade comprometida à temperaturas abaixo de 15°C (CHIN, 1989).

A categoria recalcitrante inclui um número importante de espécies tropicais como a *Hevea brasiliensis* Muell.-Arg., *Theobroma cacao* L., *Cocos nucifera* L., *Persea americana* Miller, *Mangifera indica* L., *Garcinia mangostana* L., *Durio zibenthinus* Murr., *Artocarpus heterophyllus* Lam. e várias espécies arbóreas tropicais das famílias Dipterocarpaceae e Araucariaceae e espécies de clima temperado, como por exemplo *Quercus robur* L., *Castanea* sp. e *Aesculus hippocastanum* L. (ELLIS, 1991).

Há ainda sementes de algumas espécies que sofrem danos de secagem a graus de umidade próximos a 10%. Quando essas sementes são secas podem sofrer injúria de frio, portanto, não se comportando inteiramente como ortodoxas ou recalcitrantes e sendo classificadas como intermediárias (ELLIS et al. 1990a; 1991).

HONG e ELLIS (1995), estudando os gêneros *Coffea* e *Citrus*, sugeriram que existem variações intraespecíficas similares dentro dos dois gêneros e a classificação como “intermediária” foi a melhor quando comparada a uma variação de comportamento entre ortodoxas e recalcitrantes.

BONNER (1990) propôs uma classificação mais adequada para as sementes de espécies florestais, compreendendo 4 grupos:

- Ortodoxas verdadeiras: toleram a secagem abaixo de 10% de umidade e, quando submetidas a temperaturas abaixo de zero, podem ser

armazenadas por períodos de 50 anos ou mais. Essas sementes pertencem a espécies temperadas, como aquelas do gêneros *Abies*, *Larix*, *Picea*, *Pinus* dentre outras, e espécies tropicais, como as espécies dos gêneros *Acacia*, *Eucalyptus* e *Casuarina*, dentre outras;

- Sub-ortodoxas: podem ser armazenadas nas mesmas condições do grupo anterior, mas por no máximo 6 anos. Dentro deste grupo estão as sementes com alto nível de lipídios, como *Juglans nigra*, e sementes pequenas com tegumento fino, como espécies dos gêneros *Salix* e *Populus*;
- Temperadas recalcitrantes: são sensíveis à dessecação a baixos níveis de umidade, mas podem ser armazenadas por vários anos em temperaturas próximas do congelamento. Este grupo inclui *Acer sacharinu*, *Quercus* spp. e *Aesculus hippocastanum*. Sementes secas até um grau de umidade em torno de 30 a 50%, armazenadas em ambiente com alta umidade relativa e com troca de gases, podem ser conservadas durante 12 a 30 meses;
- Tropicais recalcitrantes: são as sementes que também devem ser armazenadas em condições de alta umidade relativa e com troca de gases, porém apresentam maior sensibilidade a baixas temperaturas e à dessecação. Dentre as espécies que possuem sementes com estas características, encontram-se *Araucaria huestinii* (TOMPSETT, 1983); *Theobroma cacao* (KING e ROBERTS, 1982) e várias espécies de árvores tropicais frutíferas (CHIN e ROBERTS, 1980).

A viabilidade das sementes de espécies pioneiras pode ser mantida por longos períodos de armazenamento (KAGEYAMA e VIANA, 1989), o que corresponde ao comportamento ortodoxo de armazenamento. Segundo HONG e ELLIS (1996), as espécies clímax apresentam comportamento recalcitrante, podendo ocorrer, também comportamento ortodoxo e intermediário.

A secagem é empregada para a extração das sementes do interior dos frutos e posteriormente para a redução do grau de umidade das sementes no nível adequado ao seu acondicionamento. É um processo empregado para a maioria das espécies florestais. No entanto, deve-se ter o cuidado em utilizá-lo em sementes recalcitrantes (BONNER, 1981), que não aceitam a desidratação, como por exemplo em *Araucaria angustifolia* e *Inga* spp., cujas sementes conservam-se melhor quando acondicionadas com alto grau de umidade (em torno de 40%). CASTRO e KRUG (1950) constataram que sementes de *Inga edulis* perdem a viabilidade após seis horas de exposição ao sol.

Embora o diagnóstico característico pareça simples, a interpretação dos dados não é sempre clara e trabalhos recentes tem mostrado que o número de espécies consideradas anteriormente como recalcitrantes são quase certamente ortodoxas. Estas incluem (possivelmente todas) espécies de *Citrus*, mandioca, *Agathis*, algumas espécies de *Araucaria*, *Melia azadirachta* e provavelmente café e palmeiras (ROBERTS, et al., 1984).

A maioria das espécies vegetais produz sementes cujo comportamento durante o armazenamento é identificado por ROBERTS (1974), como do tipo ortodoxo, isto é, o armazenamento é tanto melhor quanto mais secas

e/ou frias forem as condições ambientais. Nos casos em que a conservação da capacidade germinativa e da conservação das características genéticas das sementes é muito importante, como em bancos de germoplasma, os técnicos procuram exercer o melhor controle possível sobre esses fatores (umidade relativa e temperatura do ar), bem como dar início ao armazenamento somente após terem secado as sementes a valores de umidade que garantam redução significativa das atividades metabólicas. Estes valores de umidade oscilam entre 5 e 7% (CARVALHO e NAKAGAWA, 1988).

### **3.7. Equação de longevidade**

Muitas equações tem sido propostas para relacionar as condições de armazenamento com o período de viabilidade das sementes, de modo a permitir uma previsão da sua sobrevivência bem como sua sensibilidade ao grau de umidade e temperatura. Assim três equações básicas de viabilidade foram propostas, as quais juntas descrevem a porcentagem de viabilidade esperada após um período de armazenamento sob diferentes combinações de temperatura e grau de umidade (ELLIS e ROBERTS, 1980).

A primeira equação descreve a curva de sobrevivência da semente em termo de viabilidade ( $v$  = porcentagem da viabilidade em probit), após um período de armazenamento ( $p$ , dias),

$$V=K_j - p (1/\sigma), \quad (1)$$

Onde  $K_i$  é a constante para o lote de sementes e  $\sigma$  é o desvio padrão da distribuição da frequência das sementes mortas em relação ao tempo, ou seja, é o tempo observado para que a viabilidade caia de um probit, por exemplo, de 84,1 para 50%. As diferenças entre os lotes de sementes não afetam o valor de  $\sigma$ , porém as diferenças são significativas para o valor de  $K_i$ . Em contraste, as condições ambientais de armazenamento não tem efeito sobre  $K_i$  mas afetam o valor de  $\sigma$  de acordo com a equação:

$$\log \sigma = K_i - C_w \log m - C_H t - C_Q t^2 \quad (2)$$

Assim, o valor de  $\sigma$  pode ser estimado em um condição ambiental em determinado grau de umidade das sementes  $m$  (% base úmida) e temperatura de armazenamento  $t$  (°C) onde  $K_E$ ,  $C_w$ ,  $C_H$  e  $C_Q$  são constantes, com valores comuns para todos os lotes de sementes de uma espécie. As equações 1 e 2 podem ser combinadas como se segue:

$$v = K_i - p/10^{K_E - C_w \log m - C_H t - C_Q t^2}, \quad (3)$$

onde:

- $v$ = porcentagem de viabilidade prevista
- $p$ = período de tempo em dias
- $m$ = grau de umidade das sementes (b.u)
- $t$ = temperatura de armazenamento, °C
- $K_i$ = constante que quantifica a qualidade inicial de cada lote de sementes antes do armazenamento
- $K_E$ = constante para cada espécie

- $C_W$  indica a resposta logarítmica da longevidade das sementes para o grau de umidade
- $C_H$ ,  $C_Q$  são constantes linear e quadrática do termo temperatura, respectivamente, e descreve o efeito da temperatura de armazenamento sobre a longevidade das sementes.

A equação de ELLIS e ROBERTS (1980) prevê a porcentagem de viabilidade esperada para qualquer lote de sementes durante o armazenamento em diferentes valores de temperatura e grau de umidade das sementes, de uma maneira simples e acurada. Inicialmente esta equação foi testada com valores constantes para sementes de cevada e abrangendo uma grande faixa de condições ambientais e posteriormente foi comprovada a possibilidade de sua determinação para outras espécies vegetais

A equação (3) é caracterizada por quatro características essenciais da fisiologia de sementes (ELLIS, et al., 1982);

- Embora a sobrevivência de diferentes lotes de sementes ou cultivares dentro de espécies podem ser diferentes quando armazenadas sob condições idênticas, as curvas de sobrevivência são sigmóides simétricas, as quais podem ser descritas pela distribuição normal negativa cumulativa, que em determinadas espécies tem o mesmo desvio padrão em qualquer combinação de temperatura e grau de umidade.
- A diferença relativa entre os lotes de sementes é mantida em todas as condições ambientais de armazenamento em função do efeito relativo

sobre a longevidade, pois qualquer alteração na temperatura ou grau de umidade é a mesma para todos os lotes.

- Existe uma relação logarítmica negativa entre a longevidade e o grau de umidade das sementes.
- A longevidade da semente aumenta ligeiramente menos que exponencialmente com o decréscimo na temperatura, de tal modo que o  $Q_{10}$  (coeficiente de temperatura para mudança na taxa de perda de viabilidade para cada 10°C de aumento na temperatura) aumenta com a temperatura.

Essa equação, baseada em experimentos de armazenamento com sementes ortodoxas de espécies de culturas anuais, tem sido também aplicada a sementes de espécies florestais (TOMPSETT, 1989; DICKIE et al., 1990).

MEDEIROS (1997), estudando o comportamento fisiológico, conservação de germoplasma a longo prazo e previsão de longevidade de sementes de *Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl., verificou que a espécie apresenta comportamento ortodoxo e, adotando-se  $C_H=0,0329$  e  $C_Q=0,000478$  como constantes universais que descrevem os efeitos de temperatura na longevidade e usando os valores  $C_W = 3,76$  e  $K_E = 7,5498$  encontrados nesta pesquisa na equação de viabilidade, com a temperatura adotada pelo banco de germoplasma do CENARGEN (-20°C) e empregando o grau de umidade em

equilíbrio a 15%UR e 15°C, a previsão da longevidade das sementes de aroeira foi de 1.167 anos.

Estudando o efeito da temperatura na longevidade de sementes de oito espécies, sendo três arbóreas e cinco anuais, em condições de armazenamento variando de -13 a 90°C e sementes contendo de 1,8 a 25% de umidade (base úmida), DICKIE et al. (1990) concluíram que a relação quantitativa entre a longevidade da semente e a temperatura não variou entre as espécies, o que significou que os valores de  $C_H = 0,0329$  e  $C_Q = 0,000478$  deveriam ser adotados, sendo confirmado por ELLIS et al. (1990).

ELLIS et al. (1990b) detectaram uma resposta significativa entre o efeito da umidade na longevidade em *Arachis hypogea* L., *Allium cepa* L., *Beta vulgaris* L., *Hordeum vulgare* L., *Glycine max* L., *Cicer arietinum* L., *Triticum aestivum* L. e *Vigna unguiculata* L. e concluíram que o efeito relativo do potencial de água na semente foi o mesmo para as oito espécies e que, provavelmente, ocorreria o mesmo efeito em outras espécies ortodoxas.

A longevidade de sementes de três cultivares de *Cicer arietinum* L., três de *Vigna unguiculata* L. e quatro de *Glycine max* L., foram avaliadas por ELLIS, et al. (1982), em função da temperatura, grau de umidade e genótipo, em armazenamento hermético por dois anos, em temperaturas de -20 a 70°C e umidade das sementes variando de 5 a 25%. Verificaram que os efeitos relativos da temperatura e umidade não diferiram significativamente na longevidade das sementes destas três espécies e que houve um efeito logarítmico

negativo entre o grau de umidade e a longevidade, que diferiu entre as espécies; quanto à temperatura ocorreu uma perda gradativa na viabilidade em função de seu aumento.

Tem sido mostrado para diversas espécies que há uma relação logarítmica negativa entre a longevidade das sementes e o grau de umidade (ELLIS e ROBERTS, 1980, TOMPSETT, 1986; ELLIS, et al., 1988, ELLIS et al.,1990).

Sementes de *Chenopodium quinoa* Willd., *Helianthus annuus* L. e *Linum usitatissimum* L. apresentaram relação logarítmica negativa entre a longevidade e o grau de umidade entre 4,4 e 15,4; 3,2 e 13,0; 3,2 e 15,5%, respectivamente, em armazenamento hermético a 65°C. Entretanto, entre 1,8 e 3,1; 1,1 e 1,9; 1,1 e 2,1% de umidade, respectivamente, não houve variação na longevidade. O grau de umidade crítico no qual a redução da umidade não aumentou a longevidade destas espécies em armazenamento hermético a 65°C foi de 4,1; 2,04 e 2,7%, respectivamente (ELLIS, et al., 1988).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi realizado em dois locais, no Laboratório Central de Sementes do Departamento de Sementes e Mudanças e Matrizes da CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral) e no Laboratório de Tecnologia Pós-Colheita da Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas, SP, no período de agosto de 1998 a setembro de 2001.

### **4.1. Colheita das sementes**

Os frutos de *Dimorphandra mollis* Benth. foram colhidos na região de Pirassununga, Estado de São Paulo, no período de agosto a setembro de 1998, nas coordenadas geográficas de 21°59'52" latitude sul e 47°25'28" de longitude oeste, a uma altitude de 620m. A precipitação média anual é de

1.314mm, apresentando temperatura média anual de 19,8°C e um clima tropical de altitude.

Após a colheita, os frutos de *D. mollis* foram espalhados em camadas pouco espessas sobre lonas durante dois dias, para facilitar a extração manual das sementes do interior dos frutos, que apresentavam uma pequena fenda lateral ou totalmente fechados. Para a extração das sementes foi necessário o uso de ferramentas manuais. A espécie apresentou de 5 a 18 sementes por fruto e 4786 sementes/kg.

Os frutos de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr.All. Ex Benth., foram colhidos em setembro de 1999 no Campus da UNICAMP, em Campinas, SP e a extração das sementes foi manual. A espécie apresentou frutos indeiscentes com 1 a 3 sementes por fruto e 17274 sementes/ kg.

O beneficiamento empregado para essas espécies foi o manual, retirando-se as sementes chochas, imaturas, quebradas e pedaços de frutos, de maneira a conferir maior pureza física e melhor qualidade ao lote das sementes. Após o beneficiamento, as sementes foram colocadas em embalagem hermética e armazenadas provisoriamente em câmara fria a 5°C, por 10 dias para homogeneização das sementes.

#### **4.2. Determinação do grau de umidade das sementes**

O grau de umidade das sementes (base úmida) foi determinado com três subamostras de 5g, com sementes inteiras em estufa de circulação forçada, a  $105\pm 3^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas (BRASIL, 1992) e com sementes moídas, em estufa com circulação forçada à  $130\pm 2^{\circ}\text{C}$  por duas horas (ISTA, 1985).

#### **4.3. Determinação de atividade de água**

De cada tratamento foram obtidas ao acaso três subamostras de sementes moídas para determinar a atividade de água em aparelho DECAGON, com a utilização da técnica do ponto de orvalho em espelho resfriado; cada vez que se forma o orvalho no espelho, o aparelho mede a temperatura e calcula a atividade de água da amostra, guardando estes valores para compará-los com valores prévios, até a reprodução das leituras (AQUALAB, 1997). A determinação de atividade de água realizada no ITAL (Instituto de Tecnologia de Alimentos)/CETEA (Centro de tecnologia de Embalagem) utiliza um higrômetro baseado em psicrometria, de marca Decagon-Aqualab, com resolução de 0,01Aw. Este equipamento é acoplado a um banho termostaticado, de marca Brookfield, modelo TC 500, com resolução de  $0,1^{\circ}\text{C}$ . As determinações foram feitas a  $25\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ .

O método *Quasi-Newton* (STATISTICA, 1995) de análise de regressão não linear foi usado para estimar as constantes dos modelos. Para confirmar que os parâmetros de regressão foram de fato únicos, a regressão foi

repetida com estimativas de vários valores iniciais acima e abaixo dos calculados (método iterativo: PELEG, 1993). O critério usado para a avaliação foi o módulo do erro relativo médio:

$$E = \frac{100}{ne} \sum_{i=1}^{ne} \frac{|VE - VP|}{VE}$$

em que,

E - erro relativo médio;

ne - número de dados experimentais;

VE - valor experimental;

VP - valor teórico.

#### **4.4. Acondicionamento e armazenamento das sementes**

Os graus de umidade das sementes foram ajustados a partir de seu valor inicial, antes do armazenamento, por meio de umidificação à 25°C, em bandejas de náilon e colocadas sobre um apoio no interior de uma caixa de polietileno vedada, a aproximadamente 3cm de uma lâmina de água destilada, ou então por secagem em dessecadores com sílica gel, constantemente regenerada, ambos a 25°C, até a obtenção dos valores de umidade desejados, conforme mostram as Tabelas 1 e 2.

Todas essas operações foram delineadas de modo a evitar uma possível injúria das sementes causada por uma secagem/umidificação rápida.

Após um período de 5 dias para homogeneização, o grau de umidade foi determinado.

Tabela 1. Períodos de umidificação (dias) necessários para atingir os níveis desejados de umidade (% base úmida), para *D. mollis* e *D nigra*, a partir dos valores iniciais de grau de umidade.

Período de umidificação (dias)	<i>D. mollis</i> (Grau de umidade %)	<i>D. nigra</i> (Grau de umidade %)
0	9,2	9,5
2,0	10,6	13,3
2,7	----	14,3
3,3	----	15,1
6,0	----	17,4
7,2	----	18,5
5,0	11,4	----
12,0	13,2	----

Tabela 2. Períodos de secagem (dias) necessários para atingir os níveis desejados de umidade (% base úmida), para *D. mollis* e *D nigra*, a partir dos valores iniciais de grau de umidade.

Período de secagem (dias)	<i>D. mollis</i> (Grau de umidade %)	<i>D. nigra</i> (Grau de umidade %)
0	9,2	9,5
1	8,4	7,1
2	6,9	---
10,4	5,2	---
4	---	5,3
10,2	---	4,6
120	---	2,8
165	---	2,5
168	1,6	---

Durante os processos de secagem ou reidratação das sementes das duas espécies, as subamostras foram pesadas periodicamente, para controle da quantidade de água removida ou adquirida, empregando-se a equação (VALENTINI,1992):

$$Mf = ((PBi-T)*Mi + 100*(PBf-PBi)) / (PBf-T), \text{ onde}$$

Mf = grau de umidade final (% , base úmida.)

Pbi = peso bruto inicial em gramas;

T = tara do saco de filó;

Mi = grau de umidade inicial (% , base úmida)

PBf = peso bruto final em gramas.

Ao ser atingido o peso desejado, correspondente ao grau de umidade final desejado para cada tratamento, o processo foi encerrado.

As sementes foram acondicionadas em embalagens de alumínio hermeticamente fechadas em termossoldadora marca SENTINEL, modelo 1212 ASD, operando com uma barra aquecida a 204°C e 2" de contato. O papel laminado usado apresenta estrutura poliéster (PET)/alumínio(Al)/polietileno de baixa densidade(PEBD), com espessura total de 120 Fm, por componentes 12/15/90 Fm (PET/Al/PEBD).

A seguir as embalagens foram armazenadas a 40, 50 e 65°C em estufas FANEM, com controladores eletrônicos de temperatura marca ELETROLAB. com precisão de  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ , até a obtenção de curvas completas de

deterioração, conforme metodologia de ELLIS e ROBERTS, 1980. A Tabela 3 mostra o armazenamento das sementes em temperaturas a 40, 50 e 65°C nos diferentes graus de umidade para a *D. mollis* e *D. nigra*.

Tabela 3. Armazenamento das sementes de *Dimorphandra mollis* e *Dalbergia nigra* à 40, 50 e 65°C e com diferentes graus de umidade.

Espécie					
<i>Dimorphandra mollis</i>			<i>Dalbergia nigra</i>		
Temperatura de armazenamento (°C)					
40	50	65	40	50	65
----	----	1,6	----	----	2,5
----	6,9	5,2	----	----	2,8
----	----	8,4	----	4,6	4,6
9,2	9,2	9,2	----	5,3	5,3
10,6	10,6	10,6	7,1	7,1	7,1
11,4	11,4	11,4	9,5	9,5	9,5
13,2	13,2	13,2	13,3	13,3	13,3
----	----	----	14,3	14,3	----
----	----	----	15,1	15,1	----
----	----	----	17,4	17,4	----
----	----	----	18,5	18,5	----

#### 4.5. Germinação das sementes

O teste de germinação foi realizado em rolo de papel, com 4 subamostras de 50 sementes, em germinador sob temperatura de 25°C e luz contínua para a *D. mollis* e em germinador FANEM modelo 348EB, com alternância de temperaturas (20-30°C, 16/8 horas) de luz fluorescente de 40W (16 horas de escuro a 20°C e 8 horas de luz a 30°C) para *D. nigra*.

As contagens foram realizadas após 7 e 10 dias do início do teste, considerando-se como germinadas as sementes que emitiram a radícula, conforme critério adotado por DICKIE e SMITH (1995). Botanicamente, a germinação é considerada como a retomada de crescimento do embrião, com o consequente rompimento do tegumento pela radícula (LABOURIAU, 1983).

As sementes de faveiro foram escarificadas manualmente com lixa e posteriormente tratadas a seco com Thiram 70% (3g/kg de sementes) antes da instalação do teste de germinação.

Para todas as sementes com grau de umidade abaixo de 6%, foi realizada a reidratação lenta das mesmas, previamente ao tratamento com fungicida e à instalação do teste de germinação, para evitar possíveis danos provocados pela embebição rápida (ELLIS, et al., 1988). As sementes foram deixadas por 48 horas à 25°C, em bandejas de náilon e colocadas sobre um apoio no interior de uma caixa de polietileno vedada, a aproximadamente 3cm de uma lâmina de água destilada.

#### **4.6. Determinação do teor de lipídios**

Para determinação do teor de lipídios, 2g de amostra foram colocadas em cartuchos de papel Whatman com 80mm de comprimento e 33mm de diâmetro interno. A extração foi realizada em aparelho de Soxhlet durante 5h utilizando éter de petróleo e a quantidade de lipídios foi determinada

gravimetricamente (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1995).

#### **4.7. Procedimento estatístico**

Para cada combinação umidade/temperatura foi determinada a sua curva de sobrevivência, com os valores de porcentagem de germinação obtidos durante o período de armazenamento. Na obtenção da equação de viabilidade torna-se necessária a transformação dos valores de porcentagem de germinação em probit, pois deste modo os ciclos de vida individuais das sementes ficam uniformemente distribuídos, seguida pela subsequente análise e ajuste de regressão. Assim, para cada tratamento (grau de umidade/temperatura) foram obtidas as curvas de longevidade em função do probit.

Os pontos de origem das retas no eixo Y (que equivale ao valor de  $K_i$ ) comumente nunca convergem para o mesmo ponto, necessitando portanto de um ajuste estatístico em cada curva, forçando-as a atingirem o mesmo valor com o menor erro possível. Para tanto foi utilizado um programa estatístico específico GLIM (BAKER e NELDER, 1978), para a obtenção dos respectivos valores de sigma, que em termos práticos indicam o período de tempo necessário para a redução da viabilidade das sementes de 1 probit, como por exemplo, de probit 1 (84,1% de germinação) para probit zero (50% de germinação).

Com o uso de logaritmos decimais de sigma e dos graus de umidade, para cada tratamento umidade/temperatura foi possível, após a análise

estatística, a obtenção dos coeficientes específicos de cada espécie, para a definição de sua equação de previsão de longevidade,

$$v = K_i - p/10 \left( \frac{K}{E} - C \right) \frac{\log m - C}{W} \frac{t - C}{H} \frac{f}{Q},$$

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Secagem das sementes

A secagem das sementes de *Dalbergia nigra* e *Dimorphandra mollis*, a partir dos valores iniciais de 9,5 e 9,2%, para obtenção dos graus mais baixos de umidade (2,5 e 1,6%, respectivamente), foi alcançada após 168 dias de armazenamento em sílica gel (Figura 1). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por ELLIS, et al. (1988) para três espécies, que concluíram que reduções do grau de umidade nestes níveis não acarretam danos às sementes.

A obtenção de valores baixos de graus de umidade, através do uso de sílica gel, não alterou a sua qualidade fisiológica, pois apresentaram valores de germinação semelhantes para todas as subamostras controle nas diferentes umidades testadas (Tabela 4). XIARONG et al. (1998), comparando a eficiência de dois métodos de secagem de sementes (sílica gel e freezer), em

termos da taxa de secagem, perda do grau de umidade, custo relativo e morte das sementes, constataram que os dois métodos foram semelhantes, no entanto em sílica gel foram registrados menores graus de umidade e os custos foram mais baixos.

Tabela 4. Resultados da média de germinação (%) de sementes em diferentes grau de umidade (% base úmida) de *D. mollis* e *D. nigra*, após secagem das sementes em sílica gel.

<i>Dimorphandra mollis</i>			<i>Dalbergia nigra</i>		
Grau de umidade (%)	Média de germinação (%)	Probit	Grau de umidade (%)	Média de germinação (%)	Probit
1,6	84,5 a	1,016	2,5	97,0 a	1,885
5,2	86,0 a	1,081	2,8	98,0 a	2,105
6,9	85,3 a	1,05	4,6	95,9 a	1,746
8,4	84,5 a	1,016	5,3	94,4 a	1,589
9,2*	86,5 a	1,103	7,1	95,7 a	1,721
---	---	---	9,5*	99,5 a	2,579

\*Grau de umidade inicial; Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

A redução do grau de umidade das sementes proporcionou uma redução no seu metabolismo e um estado de quiescência do embrião. As sementes neste estado resistem às condições adversas do ambiente e, quando expostas a condições adequadas e na ausência de dormência, têm a capacidade de retomada do metabolismo no processo de germinação (BEWLEY e BLACK, 1994).

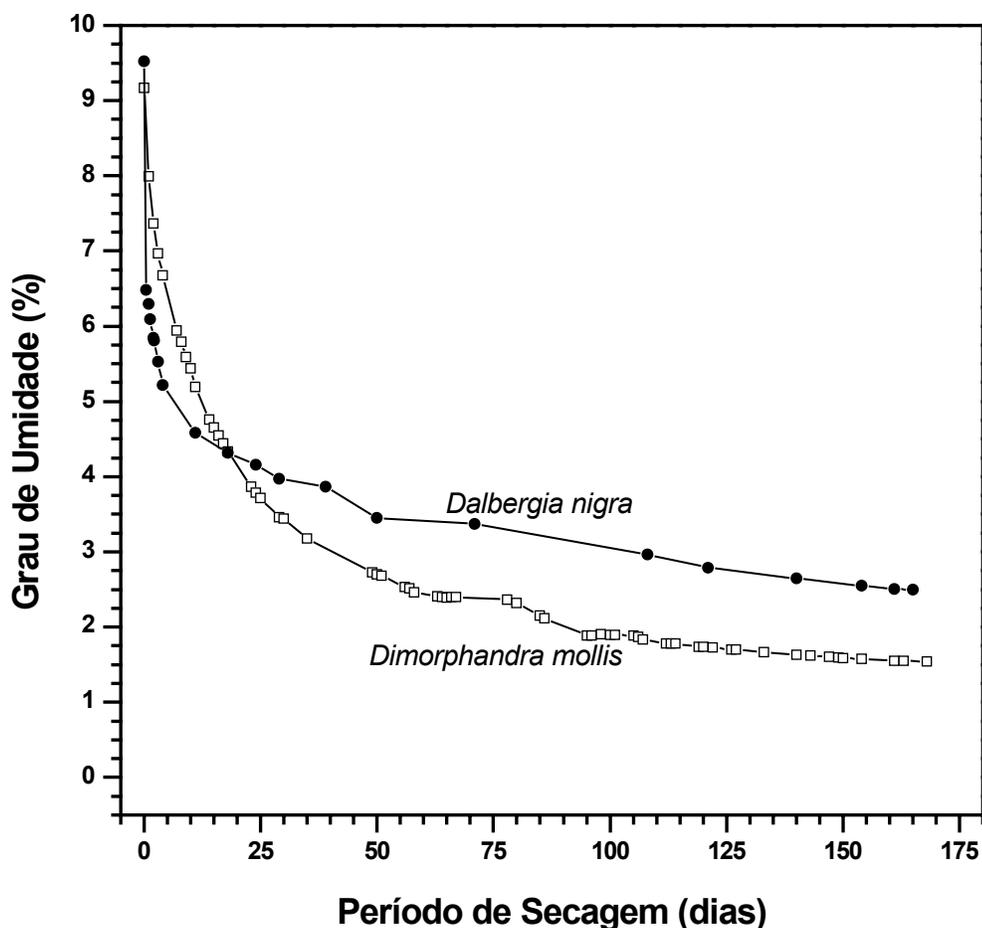


Figura 1 - Taxa de secagem de sementes de *Dimorphandra mollis* e *Dalbergia nigra* sobre sílica gel à 25°C.

A Figura 1 mostra que o grau de umidade das sementes apresentou relação inversa com o período de secagem, com velocidade do processo mais lenta. HALL (1980) afirmou que esta velocidade decrescente é devida a taxa de transporte interno da água ser menor do que a taxa de evaporação; desta forma, a transferência de calor não foi compensada pela

transferência de massa e, conseqüentemente, há aumento da temperatura da semente.

Inicialmente as sementes de *D. nigra* perderam água mais rapidamente que a *D. mollis*, provavelmente por causa das características morfológicas da semente, que apresentam tegumento delgado e com ausência de endosperma; após 30 dias de secagem em sílica gel, as sementes de *D. mollis* perderam água mais rapidamente do que as sementes de *D. nigra*; por exemplo, as sementes de *D. mollis* apresentavam 3,4% de grau de umidade, enquanto que as de *D. nigra* apresentavam 4,0% (Figura 1).

Este comportamento pode ser explicado devido à diferente composição química dessas sementes, pois as sementes de *D. mollis* apresentam valores médios de 7,0% de lipídios (PANEGASSI, et al., 2000) e as de *D. nigra* apresentam 14% de lipídios.

## **5.2. Grau de umidade da semente e a umidade relativa de equilíbrio**

As umidades relativas de equilíbrio detectadas para as duas espécies são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Valores de atividade de água  $a_w$  e umidade de equilíbrio  $X_{eq}$ (Kg Kg<sup>-1</sup>) para *D. mollis* e *D. nigra*.

<i>Dimorphandra mollis</i>		<i>Dalbergia nigra</i>	
$a_w$	$X_{eq}$ (Kg.Kg <sup>-1</sup> )	$a_w$	$X_{eq}$ (Kg.Kg <sup>-1</sup> )
0,094	0,01626	0,08	0,025641
0,176	0,054852	0,082	0,028807
0,295	0,074114	0,185	0,048218
0,315	0,091703	0,226	0,055966
0,403	0,101322	0,378	0,076426
0,511	0,118568	0,537	0,104972
0,528	0,128668	0,713	0,153403
0,554	0,152074	0,717	0,166861
---	---	0,748	0,177856
---	---	0,807	0,210654
---	---	0,82	0,219512
---	---	0,868	0,226994

As constantes estimadas, o coeficiente de determinação e os módulos dos erros relativos médios para os modelos de isotermas de sorção são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6. Estimativas dos parâmetros dos modelos empíricos.

Modelo	Constantes, R <sup>2</sup> e Erro	<i>D. mollis</i>	<i>D. nigra</i>
BET	XM	0,763208789	0,053476322
	C	0,352199	11,8301
	N	1,11525	10,36147
	R <sup>2</sup>	0,97889	0,99775
	E%	13,69	3,48
BET LINEAR	XM	0,073296144	0,038233224
	C	5,941536	95,55844
	R <sup>2</sup>	0,97575	0,94132
	E%	16,91	18,65
GAB	K	0,002274	0,804359
	XM	1,239538899	0,077123244
	C	99,9881	6,196904
	R <sup>2</sup>	0,97887	0,99614
	E%	13,92	4,77
PELEG	K <sub>1</sub>	0,218926445	0,118354643
	n <sub>1</sub>	0,858137	0,560932
	K <sub>2</sub>	1,22x10 <sup>9</sup>	0,206092
	n <sub>2</sub>	42,07954	3,41972
	R <sup>2</sup>	0,98733	0,99735
	E%	13,52	3,81
OSWIN	A	0,125872474	0,101909757
	B	0,6039	0,472233
	R <sup>2</sup>	0,97411	0,99291
	E%	17,82	7,13

As curvas de dessorção para as duas espécies foram melhor adequadas para o modelo de quatro parâmetros de Peleg para *D. mollis* e para o modelo de três parâmetros de Bet para *D. nigra*. A avaliação do melhor ajuste, feita pelo valor do desvio relativo entre os dados experimentais e os valores

estimados, conforme pode ser observado na Tabela 6, apresentou os valores de erro relativo de 13,52% para *D. mollis* e 3,48% para *D. nigra*.

As comparações entre valores experimentais e previstos para as duas espécies, usando os modelos matemáticos de Bet e Peleg estão descritos nas Figuras 2 e 3, que representam a combinação de isotermas de absorção e desorção, dependendo se os valores foram obtidos abaixo ou acima dos graus de umidade iniciais (9,2% para *D. mollis* e 9,5% para *D. nigra*).

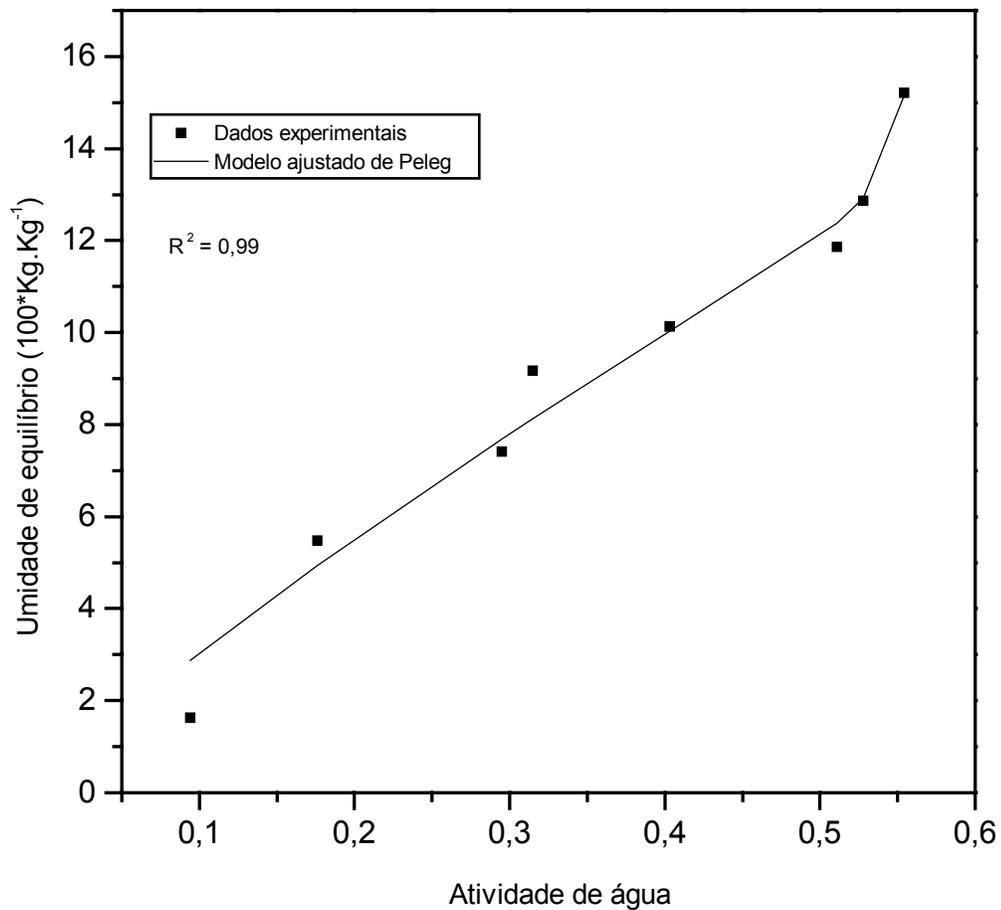


Figura 2 - Modelo de Peleg ajustado aos valores experimentais para *D. mollis*.

Segundo VERTUCCI e LEOPOLD (1987), as isotermas abrangem três regiões distintas: duas em extremo grau de umidade, onde a umidade aumenta rapidamente para um pequeno aumento na umidade relativa e uma região intermediária, onde o gradiente é lento. As três regiões correspondem aproximadamente às diferentes categorias de água ligada que ocorrem nos

tecidos: à baixo grau de umidade a água nas sementes é mantida por ligações muito fortes, enquanto que para umidades intermediárias e altas a água é mantida por ligações fracas e água multimolecular, respectivamente.

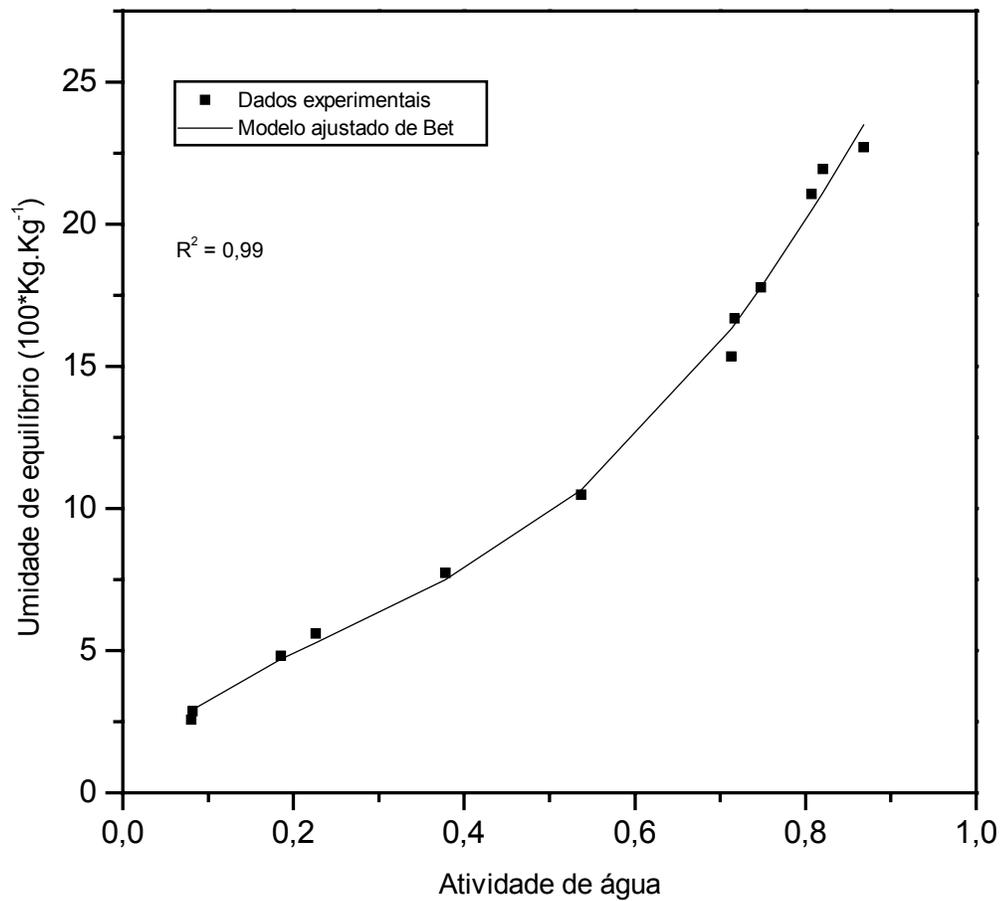


Figura 3 - Modelo de Bet ajustado aos valores experimentais para *D. nigra*

O ponto de inflexão da isoterma para *D. nigra* (ao redor de 2,9% de umidade), considerando-se a diferença entre o primeiro e o segundo tipo de

água ligada (baixo e intermediário graus de umidade), pode acarretar a descontinuidade da relação logarítmica inversa entre longevidade e grau de umidade. Assim, verificou-se que a longevidade das sementes aumentou com a redução do grau de umidade até que toda a água fracamente ligada tenha sido removida.

As sementes de *Dalbergia nigra* apresentaram graus de umidade de equilíbrio mais baixos do que as de *Dimorphandra mollis*, quando armazenadas em condições semelhantes (Figuras 2 e 3). Sementes ricas em óleo apresentam teores de umidade de equilíbrio mais baixos em relação as sementes amiláceas, quando expostas em condições semelhantes, pois não absorvem ou absorvem menos água, por serem hidrófobas (BROOKER, et al., 1992). Resultados semelhantes foram obtidos por BENEDETTI e JORGE (1987) para o amendoim (alto teor de lipídios), que apresentou uma menor umidade de equilíbrio do que o arroz, o milho, a soja e o trigo a uma mesma temperatura.

Houve efeito significativo ( $P < 0,01$ ) na interação entre grau de umidade/temperatura de armazenamento e período de armazenamento. Entretanto, as combinações de grau de umidade/temperatura no armazenamento não afetaram significativamente os valores de  $K_i$  (qualidade inicial das sementes). Para realização da análise estatística considerou-se a combinação entre grau de umidade e temperatura de armazenamento como um tratamento, totalizando 16 tratamentos para as temperaturas 40, 50 e 65°C, conforme mostram as Tabelas 7 e 8.

Tabela 7. Análise de variância para temperatura de armazenamento/grau de umidade e período de armazenamento para sementes de *D. mollis*.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Período de armazenamento em dias (D)	1	99,35	99,35	15,86**
Temperatura /Grau de umidade (TGU)	15	345,4	23,03	3,68n.s
TGUxD	15	6311	420,73	67,18**
Resíduo	98	613,75	6,26	
Total	129			

Tabela 8. Análise de variância para temperatura de armazenamento/grau de umidade e período de armazenamento para sementes de *D. nigra*.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F
Período de armazenamento em dias (D)	1	584,8	584,8	54,77**
Temperatura /Grau de umidade (TGU)	22	622,4	28,29	2,65n.s
TGUxD	22	13410	609,55	57,08**
Resíduo	128	1366,8	10,68	
Total	173	15984		

Os valores do ponto de origem das retas no eixo Y foram diferentes para as espécies, com os valores de  $K_i$  de 0,999 para a *D. mollis* e 1,798 para a *D. nigra* (Tabela 9).

Tabela 9. Valores de  $K_i$  (em probit) e porcentagem de germinação para *D. mollis* e *D. nigra*.

Espécie	$K_i$ (em probit)	Germinação (%)
<i>Dimorphandra mollis</i>	0,999	84,1
<i>Dalbergia nigra</i>	1,798	96,3

### 5.3. Curvas de sobrevivência para as duas espécies

As curvas de sobrevivência de sementes de *Dalbergia nigra* e *Dimorphandra mollis* à 40, 50 a 65°C são apresentadas nas Figuras 4, 5 e 6, mostrando os efeitos do grau de umidade e da temperatura na armazenabilidade da sementes. As equações de regressão linear para as curvas de sobrevivência à 40, 50 e 65°C para *D. mollis* e *D. nigra* encontram-se em anexo.

Os resultados revelam distribuição normal na longevidade das sementes para as duas espécies, e que, conseqüentemente, as curvas de sobrevivência obtidas foram sigmoidais cumulativas negativas. Os valores de germinação das sementes em porcentagem foram transformados em probit e plotados linearmente em relação ao período de armazenamento das sementes. As curvas de sobrevivência para as duas espécies apresentaram o mesmo comportamento. ELLIS (1984) demonstrou que as curvas de sobrevivência das sementes apresentaram o mesmo formato, diferindo entre si apenas em relação ao tempo de deterioração controlada, mas apresentando todas um mesmo desvio padrão e, logicamente, diferentes viabilidades médias.

Nas Figuras 4, 5 e 6 observa-se que, independente da temperatura de armazenamento, o aumento da umidade das sementes acarretou uma redução de sua longevidade, mais pronunciada nas umidades mais elevadas (17,4% e 18,5% para *D. nigra* e 11,4% e 13,2% para *D. mollis*), em associação com as temperaturas mais elevadas. Verifica-se também que o aumento da

umidade deslocou todas as curvas de sobrevivência para a esquerda, ficando deste modo evidenciado o enorme efeito deste parâmetro na longevidade dessas sementes.

Foram observadas diferenças entre as duas espécies, nas relações entre umidade e longevidade, sendo que a *D. nigra* apresentou uma maior sensibilidade à umidade do que a *D. mollis*. TOMPSETT (1986), trabalhando com duas espécies arbóreas, verificou que a longevidade das sementes de *Ulmus carpinifolia* foi significativamente mais sensível à umidade do que a de *Terminalia brassii*; entretanto, não observou diferenças significativas na comparação que realizou entre os valores de temperaturas constantes.

Dentro do intervalo de 1,6% a 17,4% de umidade para as duas espécies foi constatado que a longevidade aumentou de maneira previsível, quando este parâmetro foi reduzido. O mesmo ocorreu com a temperatura, que ao ser reduzida aumentou a longevidade das sementes.

Para as sementes de *D. nigra* com 9,5% de umidade e armazenadas à 40°C foram necessários 40,62 dias para a germinação cair de um probit; quando armazenadas à 65°C este valor reduziu-se para 0,1 dia (2 horas e 40 minutos); já para as sementes de *D. mollis* com umidade de 9,2% e armazenadas à 40°C foram necessários 527,7 dias para a germinação cair de um probit; entretanto, quando armazenadas à 65°C esse valor reduziu-se para apenas 2,72 dias (Figuras 4 e 6).

Analisando a Figura 4, nota-se uma inversão no comportamento padrão entre longevidade e grau de umidade para a espécie *D. nigra* entre os graus de umidade 17,4% e 18,5%, na qual os valores de germinação foram maiores para o grau de umidade de 18,5%. Tal comportamento pode ser explicado pelo mecanismo de “turnover”, no qual pode ocorrer um reparo das injúrias causadas nas membranas celulares, compensando o processo de deterioração natural das sementes (VILLERS, 1974). Com o aumento da temperatura para 50°C (Figura 5), o efeito da inversão de tal comportamento observado na Figura 4 torna-se menos evidente. TOMPSETT (1986) verificou este mesmo comportamento para as sementes de *Ulmus carpinifolia* com umidade entre 22 e 41%.

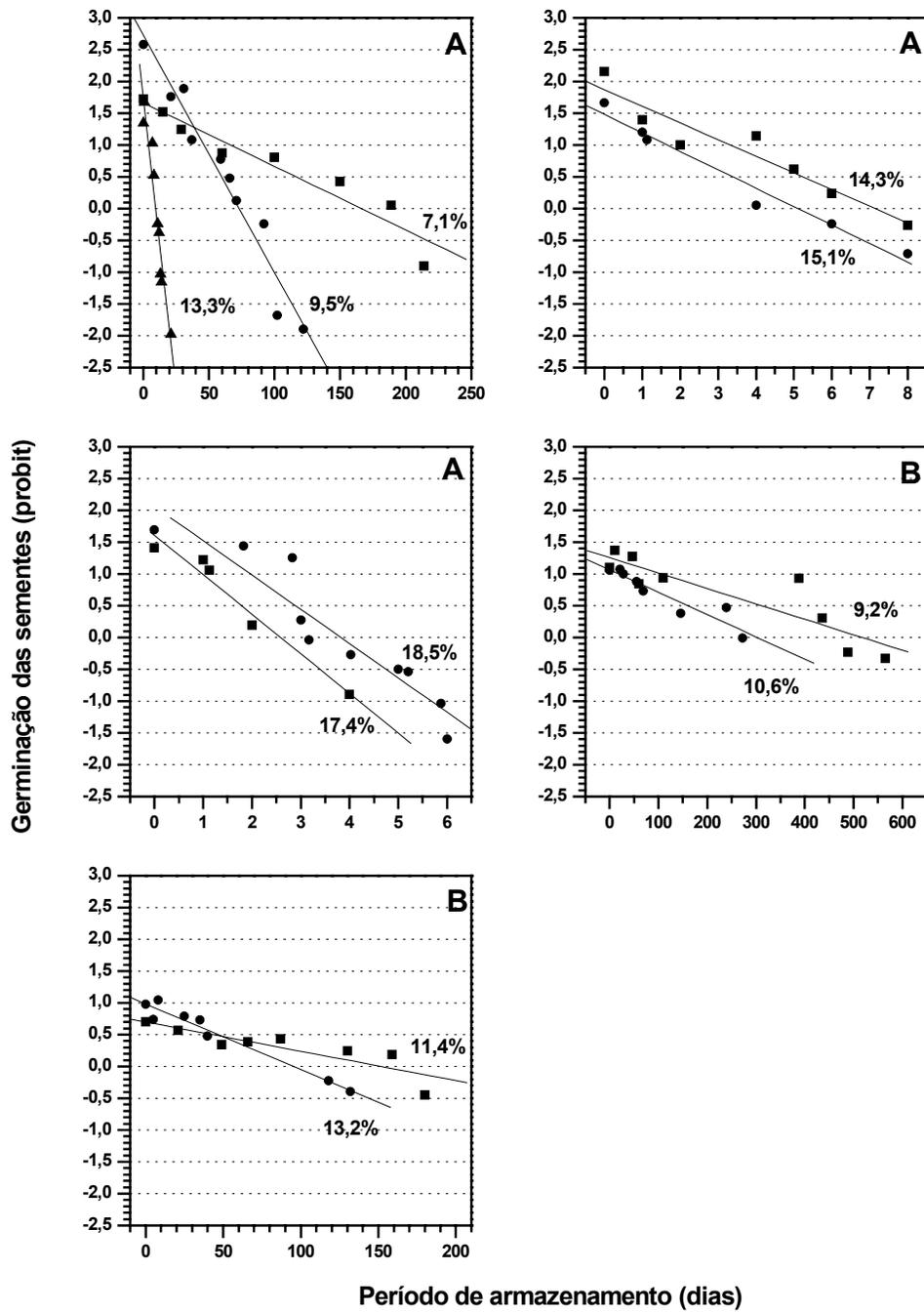


Figura 4 - Curvas de sobrevivência de sementes (probit) à 40°C para *Dalbergia nigra* (A) e *Dimorphandra mollis* (B).

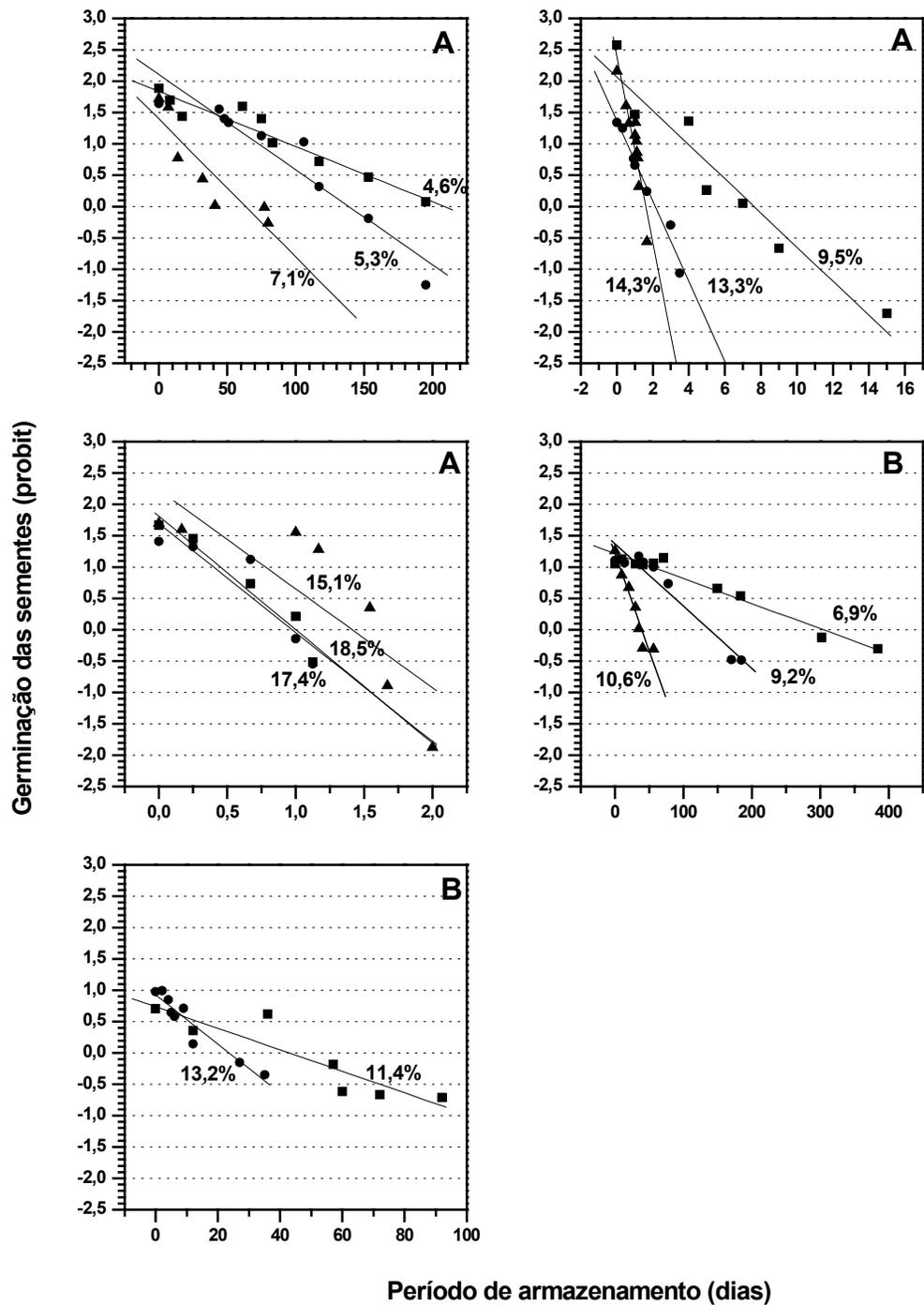


Figura 5 - Curvas de sobrevivência de sementes (probit) à 50°C para *Dalbergia nigra* (A) e *Dimorphandra mollis* (B).

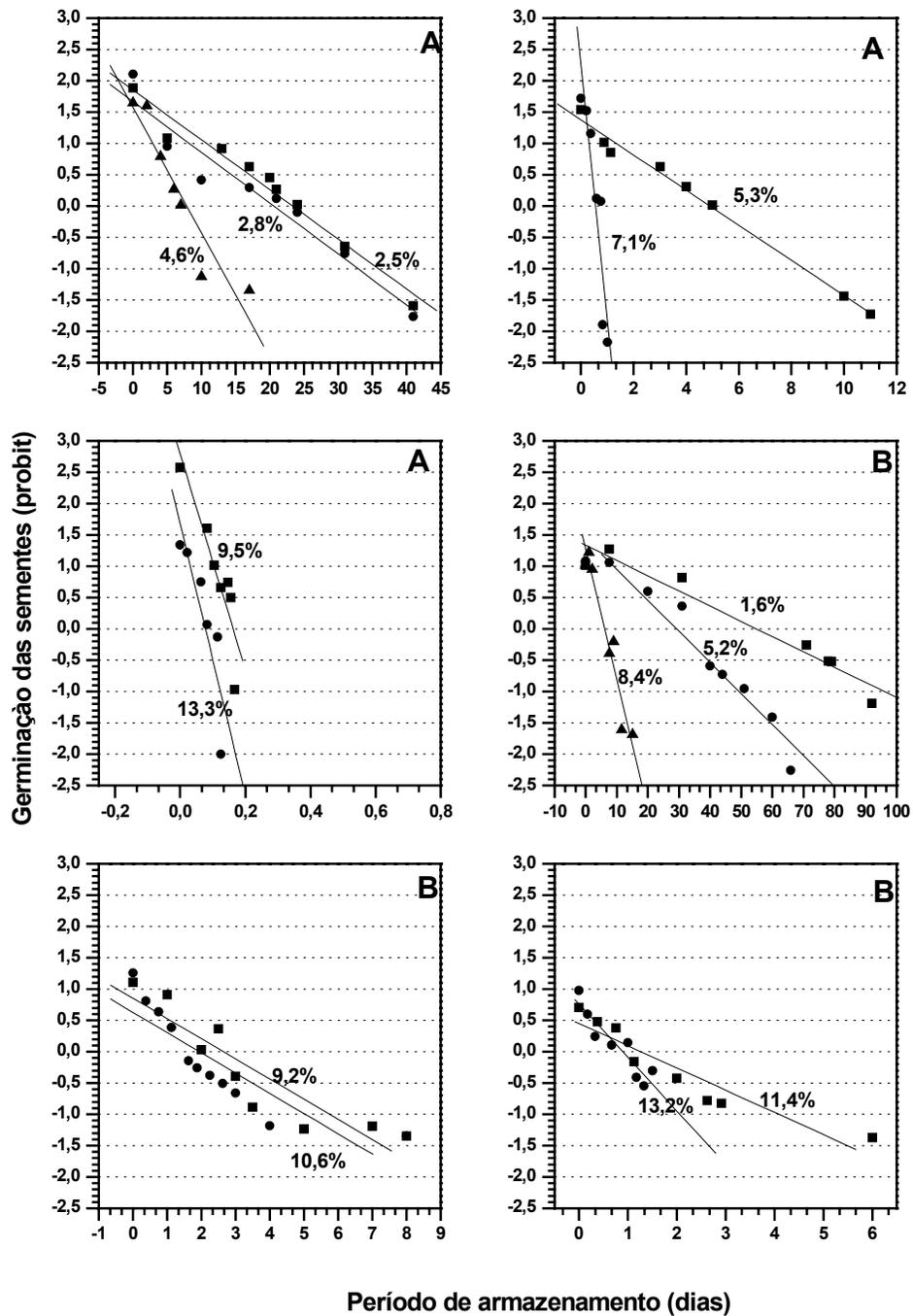


Figura 6 - Curvas de sobrevivência de sementes (probit) à 65°C para *Dalbergia nigra* (A) e *Dimorphandra mollis* (B).

A Tabela 10 mostra o grau de umidade das sementes (%) e a freqüência da distribuição logarítmica da mortalidade das sementes no tempo (sigma) para *D. mollis* e *D. nigra* em armazenamento hermético à 40, 50 e 65°C. As sementes de *D. nigra* com umidade de 18,5% e armazenadas à 40 e 50°C, necessitaram 2,09 e 0,81 dias (log 0,32; -0,09) para que a germinação caísse um probit, respectivamente; para 17,4% à 40 e 50°C, esses valores foram 1,45 e 0,52 dias (log 0,16; -0,28), respectivamente.

Tabela 10. Grau de umidade das sementes (%) e a freqüência da distribuição logarítmica da mortalidade das sementes no tempo (sigma) para *D. mollis* e *D. nigra* em armazenamento hermético à 40, 50 e 65°C, após direcionar todas as curvas de sobrevivência para o mesmo ponto de origem ( $K_i$ ).

Grau de umidade (%)	Sigma (log)					
	<i>Dimorphandra mollis</i>			<i>Dalbergia nigra</i>		
	40°C	50°C	65°C	40°C	50°C	65°C
1,6			1,71			
2,5						1,12
2,8						1,07
4,6					2,06	0,63
5,2			1,43			
5,3					1,89	0,47
6,9		2,49				
7,1				1,97	1,55	-0,49
8,4			0,75			
9,2	2,72	2,14	0,44			
9,5				1,61	0,63	-1,00
10,6	2,50	1,59	0,31			
11,4	2,16	1,68	0,24			
13,2	1,99	1,38	-0,03			
13,3				0,73	0,09	-1,30
14,3				0,60	-0,03	
15,1				0,46	-0,26	
17,4				0,16	-0,28	
18,5				0,32	-0,09	

As sementes de espécies pioneiras possuem maior longevidade natural e podem ter sua viabilidade conservada por um longo período de armazenamento. Dentro deste grupo, destacam-se as sementes com dormência causada por tegumento impermeável, como as de *Mimosa scrabella*, que possuem maior armazenabilidade que as sementes pioneiras fotoblásticas positivas como *Trema micrantha* (KAGEYAMA e VIANA, 1989).

O efeito da umidade e da temperatura na longevidade das sementes tem sido objetivo constante de vários pesquisadores, como ELLIS et al. (1990b), que detectaram uma resposta significativa entre o efeito da umidade na longevidade em oito espécies vegetais e concluíram que o efeito relativo do potencial de água na semente foi o mesmo para elas e que, provavelmente, ocorra o mesmo efeito em outras espécies.

Existe um consenso de que a umidade é o fator mais importante na longevidade das sementes, como salientou HARRINGTON (1963), que estabeleceu que a cada redução de 1% na umidade ou de 5,6°C na temperatura dobra a longevidade das sementes. Segundo ELLIS e ROBERTS (1980); ELLIS, et al. (1982, 1988 e 1990b), para diversas espécies há uma relação logarítmica negativa entre a longevidade das sementes e o grau de umidade e, analisando-se a equação de longevidade proposta, verificou-se que a relação com a temperatura é na forma quadrática.

Trabalhando com duas espécies florestais, TOMPSETT (1986) verificou que aumentando o teor de água em sementes armazenadas em

temperatura constante, ocorria uma diminuição na longevidade prevista pela equação de ELLIS e ROBERTS (1980), na faixa de 3 a 19% para *Ulmus carpinifolia* e de 5 a 14% para *Terminalia brassii*, em todas as temperaturas usadas no experimento.

#### 5.4. Constantes de viabilidade

A variância residual para a curva de sobrevivência nas diferentes temperaturas de armazenamento foram analisadas para dar um melhor ajuste para a equação de viabilidade. Para a espécie *D. nigra* a variância residual diminui significativamente após a remoção dos resultados para os graus de umidades inferiores (2,5 e 2,8%) à 65°C; no entanto, à 40 e 50°C o melhor ajuste foi obtido após a remoção dos dados do maior valor de grau de umidade (18,5% para ambas temperaturas). Já para a espécie *D. mollis* o melhor ajuste ocorreu com a remoção do menor grau de umidade (1,6%), à 65°C.

A constante  $K$  ( $K=K_E-C_{Ht}-C_Qt^2$ ) fornece uma média simplificada da equação de viabilidade quando somente uma temperatura é considerada (ELLIS, et al., 1986). A constante obtida define a equação à 40, 50 e 65°C, que para *D. nigra* é:  $K= 5,886; 4,867; 2,777$  e  $C_W = 4,536; 4,164; 3,660$  respectivamente. Neste estudo foi calculado o limite inferior de umidade para a aplicação da equação de viabilidade para a espécie *D. nigra*, que foi de 2,9%, em equilíbrio higroscópico à 8,15% de umidade relativa.

O limite inferior de aplicação da equação de longevidade fornece uma orientação prática para a secagem das sementes antes do armazenamento. Este limite varia entre espécies ortodoxas (ELLIS, 1991). Por exemplo, de 2,0% para o amendoim (ELLIS et al., 1990) e 6,2% para a pêra (ELLIS, et al., 1989).

Para a espécie *D. mollis* as constantes obtidas definem a equação à 40, 50 e 65°C, a saber:  $K=7,426$ ; 5,955; 2,317 e  $C_W=4,881$ ; 4,097; 1,893, respectivamente. Neste estudo não foi detectado o limite inferior para a aplicação da equação de viabilidade para a espécie, porque os valores mais baixos de umidade foram insuficientes.

A Tabela 11 mostra os valores calculados para as quatro constantes de viabilidade  $K_E$ ,  $C_W$ ,  $C_Q$  e  $C_H$  obtidos para as espécies *D. nigra* e *D. mollis*. Essas constantes podem ser empregadas para a previsão da longevidade das sementes durante o armazenamento e permitem um prognóstico seguro para qualquer lote homogêneo de sementes, dentro de uma grande faixa de condições de armazenamento, como foi observado por TOMPSETT (1989).

Tabela 11. Valores das constantes de viabilidade  $K_E$ ,  $C_W$ ,  $C_Q$  e  $C_H$  determinadas para sementes de *D. nigra* e *D. mollis*.

Espécie	Constantes de viabilidade			
	$K_E$	$C_W$	$C_Q$	$C_H$
<i>Dalbergia nigra</i>	5,199	-4,524	-0,001641	0,08175
<i>Dimorphandra mollis</i>	6,282	-3,838	-0,001316	0,05405

As constantes  $K_E$  e  $C_W$  estimadas neste trabalho para *D. nigra* são 5,199 e 4,524, respectivamente, diferentes das constantes estimadas para *D. mollis* (6,282 e 3,838). As constantes de viabilidade que refletem a sensibilidade da longevidade à temperatura,  $C_H$  e  $C_Q$  para as duas espécies foram 0,08175 e 0,001641 para a *D. nigra* e 0,05405 e 0,001316 para a *D. mollis*.

Existem diferenças entre espécies no efeito relativo da umidade ou seja, os valores de  $C_W$  variam entre as espécies, como foi constatado para as duas espécies em estudo. ELLIS (1984) observou que os valores de  $C_W$  estimados para as sementes de cereais foram em torno de 6,0, enquanto que para os de sementes oleaginosas foram menores, ou seja, entre 3,5 e 4,0 para sementes de cebola e soja, respectivamente. Isto indica que para se obter um mesmo acréscimo na longevidade, foi necessário secar as sementes de cebola e soja em níveis mais baixos do que as de cevada, por exemplo.

A longevidade das sementes de feijão-de-corda e grão-de-bico ( $C_W = 4,715$  e  $4,829$ ) foram mais sensíveis à umidade do que as sementes de soja ( $C_W = 3,979$ ), onde o valores da constante de viabilidade  $C_W$  foram estatisticamente diferentes entre as espécies ( $P < 0,05$ ), sendo maior para feijão-de-corda e grão-de-bico do que para a soja (ELLIS, et al., 1982). O valor de  $C_W$  para *D. nigra* está próximo dos valores de feijão-de-corda e grão-de-bico e o de *D. mollis* da soja, conforme observa-se na Tabela 11.

As equações de viabilidade estimadas para a longevidade de sementes de *D. nigra* e *D. mollis* são:

$$v = Ki - p/10^{5,199-4,524 \cdot \log m - 0,08175t - 0,001641t^2} \quad D. \text{ nigra}$$

$$v = Ki - p/10^{6,282-3,838 \cdot \log m - 0,05405t - 0,001316t^2} \quad D. \text{ mollis}$$

MEDEIROS (1997), utilizando os valores estimados de  $C_w = 3,76$  e  $K_E = 7,55$  na equação de viabilidade, com a temperatura de  $-20^\circ\text{C}$  e o grau de umidade das sementes após alcançado o equilíbrio higroscópico na câmara de secagem a  $15^\circ\text{C}$  e 15% UR, verificou que o tempo previsto para a viabilidade das sementes de *Astronium urundeuva* cair de um probit seria de 1.167 anos.

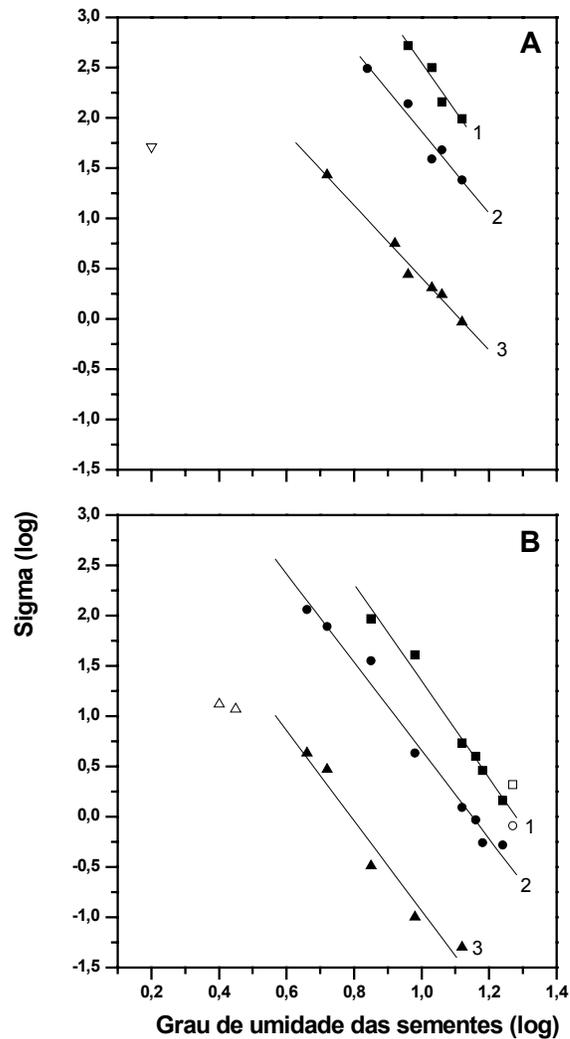


Figura 7 - Relação logarítmica entre o grau de umidade (% base úmida) e o desvio padrão da distribuição de frequência das sementes mortas no tempo (sigma) para *Dimorphandra mollis* (A) e *Dalbergia nigra* (B) em armazenamento hermético à 40, 50 e 65°C (1,2,3 respectivamente). As linhas sólidas representam a regressão linear para cada temperatura de armazenamento. Os símbolos abertos representam as curvas removidas para dar melhor ajuste na equação de viabilidade.

A Figura 7 mostra a relação logarítmica entre o grau de umidade das sementes e o desvio padrão da frequência de distribuição das sementes mortas no tempo ( $\sigma$ ) à 40, 50, 65°C para as duas espécies em estudo. Não houve interação significativa entre o logaritmo do grau de umidade das sementes e a temperatura de armazenamento ( $F=1,289$  e  $0,33$ , não significativos à  $P<0,01$ ) para *D. mollis* e *D. nigra*, conforme Tabelas 12 e 13.

Tabela 12. Análise de variância de todos os sigmas para sementes de para *Dimorphandra mollis* após análise estatística e adequações.

Fonte	G.L	SQ	QM	F
Log do grau de umidade (LGU)	1	0,4555	0,4555	49,517**
Temperatura (T)	2	11,04	5,52	600,078**
LGU*T	2	0,02371	0,011855	1,289 n.s
Resíduo	9	0,08279	0,0091988	
Total	14	11,602		

Tabela 13. Análise de variância de todos os sigmas para sementes de para *Dalbergia nigra* após análise estatística e adequações.

Fonte	G.L	SQ	QM	F
Log do grau de umidade (LGU)	1	4,984	4,984	229,34**
Temperatura (T)	2	12,02	6,01	276,55**
LGU*T	2	0,01421	0,00711	0,33 n.s
Resíduo	13	0,28252	0,0217	
Total	18	17,305		

As equações de regressão linear para cada temperatura para *D. mollis* e *D. nigra*, que foram utilizadas na Figura 7 encontram-se em anexos.

A partir da obtenção das constantes de viabilidade das duas espécies arbóreas para aplicação da equação de viabilidade de ELLIS e

ROBERTS, 1980, à uma temperatura de armazenamento de -20°C e grau de umidade das sementes de 2,9% (base úmida), espera-se que as sementes de *D. mollis* necessitarão de 316 anos e as de *D. nigra* 34 anos para cair um probit em sua germinação.

## 6. CONCLUSÕES

- Dois diferentes grupos de constantes foram obtidos para prever a longevidade de sementes de *Dalbergia nigra* e *Dimorphandra mollis*, a saber:  $K_E= 5,199$  e  $6,282$ ;  $C_W= 4,524$  e  $3,838$ ;  $C_H= 0,08175$  e  $0,05405$ ;  $C_Q= 0,001641$  e  $0,001316$ , respectivamente;
- O limite inferior para aplicação da equação para *D. nigra* a  $65^\circ\text{C}$  é de 2,9% de grau de umidade;
- As sementes de *D. mollis* mostraram maior armazenabilidade do que as de *D. nigra*;
- Para as duas espécies foi observada uma relação inversa entre o teor de água e a longevidade das sementes;
- As duas espécies apresentaram comportamento ortodoxo no armazenamento.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS - ASAE. **Moisture Relationship of Grains**. St. Joseph, 1991 b, p.363-7. (ASAE Data, D245.4)

ANDRADE, A.C.S. Aspectos fisiológicos em sementes recalcitrantes de grumixama (*Eugenia brasiliensis* Lam.). **Informativo ABRATES**, Brasília, v.5, n.2, p.173, ago. 1995.

AQUALAB. **Analisador de atividade de água Decagon**. Brasil: ABRASEQ, 1997. 21p. (Manual, 01).

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official Methods of Analysis**, W. Washington. 1995.

BAKER, C.J.; NELDER, J.A. **The GLIM system**. Release 3. Oxford: Numerical Algorithms Group. 1978.

BENEDETTI, B.C.; JORGE, J.T. Curvas de umidade de equilíbrio de vários grãos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.7, n.2, p.172-188, 1987.

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

BONNER, F.T. Storage of seeds: potential and limitations for germoplasm conservation. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.35, n.1, p.35-43, 1990.

BONNER, F.T. **Storage principles for tropical tree seed**. REUNION SOBRE PROBLEMAS EN SEMILLAS FLORESTALES TROPICALES. Quintana-Roo, México, Oct. 1980, México. INIF, (1): 213-33, 1981.

BORGES, E.E.L.; BORGES, R.C.G. Modificações fisiológicas em sementes osmocondicionadas de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All). **Revista Árvore**, Viçosa, v.20, n.2, p.147-154, 1996.

BRANDÃO, M.; CARVALHO, P.G.S. **Guia ilustrado de plantas do cerrado**. Belo Horizonte: CEMIG, 1992. 78p.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília. 365p. 1992.

BRASIL. Portaria n.006/92-N, de 15 de janeiro de 1992. **Lista Oficial de Espécies de Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Jan. 1992.

BRITO, M.C.W. **Cerrado: bases para conservação e uso sustentável das áreas de cerrado do Estado de São Paulo**. Série PROBIO/SP. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 1997. 113p.

BROOKER, D.B., BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. Grain equilibrium moisture content. In: **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York. 1992. p.67-86.

BUCKERIDGE, M.S.; DIETRICH, S.M.C. Galactomannan from Brazilian native legume seeds. **Revista Brasileira de Botânica**, v.13, n.2, p.109-112, 1990.

CARNEIRO, J.G.A.; AGUIAR, I.B. Armazenamento de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes Florestais Tropicais**. Brasília. ABRATES, 1993. 350p.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes, ciência, tecnologia e produção**. 3. Ed. Campinas, Fundação Cargill, 1988. 424p.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília: EMBRAPA - SPI, 1994. 640p.

CASTRO, Y.G.P.; KRUG, P.H. **Experiência sobre germinação e conservação de sementes de *Inga edulis*, espécie usada no sombreamento de cafeeiros**. São Paulo, Secretaria da Agricultura, Serviço Florestal de São Paulo, 1950. 13p. (Mimeografado).

CAVALCANTI-MATA, M.E.R.M. **Secagem a nível de produtor**. In: SIMPÓSIO ARMAZENAMENTO DE GRÃOS E SEMENTES NAS PROPRIEDADES RURAIS. Campina Grande: UFPB, 1997. 291p.

CHIN, H.F. **Recalcitrant seeds**. Malaysia: University Pertanian Malaysia, 1989. 17p. (Extension Bulletin, 288).

CHIN, H.F.; ROBERTS, E.H. **Recalcitrant crop seeds**. Kuala Lumpur, Malaysia: Tropical Press, 1980.

CHINNAN, M.S.; BEAUCHAT, L.R. Sorption isotherms of whole cowpeas and flours. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, London**, v.18, p.83-8, 1985.

CHUNG, D.S.; PFOST, H.B. Adsorption and desorption of water vapour by cereal grains and their products. **Transactions of the ASAE**, St Joseph, v.10, n.4, p.149-57, 1967.

DELOUCHE, J.C. Environmental effects on seed development and seed quality. **Horticultural Science**, v.15, p.775-780, 1980.

DESAI, B.B.; KOTTECHA, P.M.; SALUNKHE, D.K. **Seeds handbook: Biology, Production, Processing and Storage**. New York: Basel, 1997. 627p.

DICKIE, J.B.; ELLIS, R.H.; KRAAK, H.L. RYDER, K.; TOMPSETT, P.B. Temperature and seed storage longevity. **Annals of Botany**, London, v.65, p.197-204, 1990.

DICKIE, J.B.; SMITH, R.D. Observations on the survival of seeds of *Agathis* sp. stored at low moisture contents and temperature. **Seed Science Research**, London, v.5, p.5-14, 1995.

ELLIS, R.H. The meaning of viability. In: DICKIE, J.B.; LININGTON, S.H.; WILLIAMS, J.T. (Eds). **Seed management techniques for genebanks**, Rome: International Board for Plant Genetic resources, p146-178. 1984.

ELLIS, R.H. The longevity of seeds. **Horticultural Science**, v.26, n.9, p.1119-1125, 1991.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. Logarithmic relationship between moisture content and longevity in sesame seeds. **Annals of Botany**, London, v.57, p.499-503, 1986.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. A low-moisture-content limit to logarithmic relations between seed moisture content and longevity. **Annals of Botany**, London, v.61, p.405-408, 1988.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. A comparison of the low-moisture-content limit to the logarithmic relation between seed moisture and longevity in twelve species. **Annals of Botany**, London, v.63, p.601-611, 1989.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. An intermediate category of seed storage behaviour? I Coffee. **Journal of Experimental Botany**, London, v.41, n.230, p.1167-1174, 1990a.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H. Effect of storage temperature and moisture on the germination of papaya seeds. **Seed Science Research**, Wallingford, v.1, p.69-72, 1991.

ELLIS, R.H.; HONG, T.D.; ROBERTS, E.H.; TAO, K.L. Low moisture content limits to relations between seed longevity and moisture. **Annals of Botany**, London, v.65, p.493-504, 1990b.

ELLIS, R.H.; OSEI-BONSU, K.; ROBERTS, E.H. The influence of genotype, temperature and moisture on seed longevity in chickpea, cowpea and soybean. **Annals of Botany**, London, v.50, p.69-82, 1982.

ELLIS, R.H.; ROBERTS, E.H. Improved equations for the prediction of seed longevity. **Annals of Botany**, London, v.4, n.45, p.13-30, 1980.

FAO. **Ex situ storage of seeds, pollen and in vitro cultures of perennial woody plant species**. Rome: FAO, 1993. 83p. (FAO Forestry Paper, n.113).

FIGUEIREDO, N.; BORGES, E.E.L. **Osmocondicionamento de sementes de jacarandá-da-bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.))**. In: ENCONTRO REGIONAL DE BOTÂNICOS, 16, 1994, Viçosa. p.13.

FLOREZE, R. Equação para o teor de umidade de equilíbrio estático para produtos biológicos. **Revista de Tecnologia e Ciência**, v.3, p.9-11, 1989.

GOMES, L.J. **Extrativismo e comercialização da fava d'anta (*Dimorphandra* sp.): um estudo de caso na região de cerrado de Minas Gerais**. Lavras, 1998. p.158. Tese (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras.

GOMES, R.P.; COUTO, L.; BORGES, E.E.L.; LADEIRA, J.L. Jacarandá-da-bahia - *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. Allem. **Cerrado**, Brasília, v.8, n.32, p.4-6, 1976.

GUIMARÃES, R.M. **Fisiologia de sementes**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1999. 129p. (Curso de Pós-graduação "Latu Sensu" Especialização a Distância: Produção e Tecnologia de Sementes).

HALL, C.W. **Drying and storage of agricultural crops**. Westport, The AVI Publishing, 1980. 382p.

HALSEY, G. Physical adsorption on uniform surfaces. **Journal of Chemical Physics**, Woodbury, v.16, n.10, p.931-7, 1948.

HARRINGTON, J.F. Practical advice and instructions on seed storage. **Proceedings of the International Seed Testing Association**, Vollebakk, v.28, p.989-994, 1963.

HARRINGTON, J.F. Seed storage longevity. In: KOZLOWSKI, T.T. (Ed.). **Seed Biology**, New York: Academic Press, 1972. v.3, p.145-245.

HONG, T.D.; ELLIS, R.H. Interespecific variation in seed storage behaviour within two genera - *Coffea* and *Citrus*. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.23, p.165-81, 1995.

HONG, T.D.; ELLIS, R.H. **A protocol to determine seed storage behaviour**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 55p. (IPGRI. Technical Bulletin, 1).

HUNT, W.H.; PIXTON, S.W. Moisture - Its significance, behaviour and measurement. In: CHRISTENSEN, C.M. **Storage of cereal grains and their products**. Amer. Assoc. Cereal Chem. Incorporated, Minnesota, USA, 1974, pp.1-53.

ISTA, International Seed Testing Association. International rules for seed testing. **RULES 1985**. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.13, p.299-355 e 356-513, 1985.

JESUS, R.M; GARCIA, A.; TSUTSUMI, I. **Comportamento de doze espécies florestais da mata atlântica em povoamentos puros.** In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE ESSÊNCIAS NATIVAS, 2., 1992, São Paulo. *Anais.* São Paulo: Instituto Florestal, 1992. p.491-496. Publicado na Revista do Instituto Florestal, v.4, parte 2, edição especial, 1992.

KAGEYAMA, P.Y.; MARQUEZ, F.C.M. Comportamento de sementes de curta longevidade armazenadas com diferentes graus de umidade iniciais: gênero: *Tabebuia*. In: **Tropical Seed Problems**, 1980.

KAGEYAMA, P.Y.; VIANA, V.M. Tecnologia de sementes e grupos ecológicos de espécies arbóreas tropicais. Piracicaba: ESALQ/USP, 1989. 19p. (trabalho apresentado no Simpósio Brasileiro Sobre Tecnologia de Sementes Florestais, 2., 1989, São Paulo).

KING, M.W.; ROBERTS, E.H. The imbibed storage of cocoa (*Theobroma cacao*) seeds. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.10, p.535-540, 1982.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes.** OEA: Washington, 1983. 174p.

LEOPOLD, A.C.; VERTUCCI, C.W. Moisture as a regulator of physiological reactions in seeds. In: STANWOOD, P.C.; McDONALD, M.B. **Seed Moisture.** Crop Science Society of America, Special Publication. 1989, p.1-67.

LOEWER, OJ., BRIDGES, T.C.; BUCKLIN, R.A. Principles of Drying. In: **On-Farm Drying and Storage Systems**. American Society of Agricultural Engineers. 1994. p.27-71.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.

MEDEIROS, A.C.S. **Comportamento fisiológico, conservação de germoplasma a longo prazo e previsão de longevidade de sementes de aroeira (*Astronium urundeuva* (Fr. All.) Engl.)**. Jaboticabal, 1997. 127p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".

MELLO, C.M.C.; EIRA, M.T.S. Conservação de sementes de jacarandá mimoso (*Jacaranda acutifolia* Humb e Bonpl.) - Bignoniaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.17, n.2, p.193-6, 1995.

MIYASAKI, J.M.; CÂNDIDO, J.F. Secagem de sementes de ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia* Vall /Don). **Seiva**, v.38, n.85, p.12-17, 1978.

MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plants and animals materials**. 2.ed. Amsterdam: Gordon and Breach Publishers, 1986. 841p.

NAUTIYAL, A.R.; PUROHIT, A.N. Seed viability in salt. III. Membrane disruption in ageing seeds of *Shorea robusta*. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.13, n.1, p.77-82, 1985.

NEUKOM, H. Galactomannans: properties and applications. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, v.2, n.2, p 41-45, 1989.

OLIVEIRA, L.M.Q. **Estudo comparativo do crescimento em *Dimorphandra mollis* Benth. e *Enterolobium contortiliquum* (Vell.) Morong**. Campinas, 1992. 221p. Tese (Doutorado em Biologia) - Universidade Estadual de Campinas.

PAMMENTER, N.W.; BERJAK, P. A review of recalcitrant seed physiology in relation to desiccation-tolerance mechanisms. **Seed Science Research**, Wallingford, v.9, n.1, p.13-37, mar.1999.

PANEGASSI, V.R. **Extração e caracterização química e físico-química do galactomanano de sementes de faveiro (*Dimorphandra mollis*)**. Campinas, 1998. 99p. Tese (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas.

PANEGASSI, V.R.; SERRA, G.E.; BUCKERIDGE, M.S. Potencial tecnológico do galactomanano de sementes de faveiro (*Dimorphandra mollis*) para uso na

indústria de alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.20, n.3, p set/dez.2000.

PARK, K.J.; NOGUEIRA, R.I. Modelos de ajuste de isotermas de sorção de alimentos. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.3, n.1, p.81-6, 1992.

PELEG, M. Assessment of a semi-empirical four parameter general model for sigmoid moisture sorption isotherms. **Journal of Food Processing Engineering**, Connecticut-USA, v.16, n.1, p.21-37, 1993.

PEREIRA, T.S.; ANDRADE, A.C.S.; COSTA, M.L.N. Resultados preliminares sobre o armazenamento e o efeito do dessecamento em sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Allem ex. Benth. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.1, n.4, p.89, set. 1991.

PIO-CORRÊA, M. **Dicionário de plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Brasília: IBDF, v.1, p.267, 1984.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. AGIPLAN, Brasília, 1985. 289p.

PUZZI, D. Características dos grãos armazenados. In: **Abastecimento e armazenagem de grãos**. Campinas, SP: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. p113-132.

QUICK, C.R. How long can seed remain alive? **Seeds: The Yearbook of Agriculture**. Washington: U.S. Department of Agriculture, 1961. 94p.

RAMOS, A.; ZANON, A. **Armazenamento de sementes de espécies florestais**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE TECNOLOGIA DE SEMENTES FLORESTAIS. Belo Horizonte, 1984. *Anais*, Belo Horizonte, 1985. p. 285-316.

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

RIZZINI, C.T.; MATTOS FILHO, A. Dados sobre algumas matas do Sul da Bahia. **Brasil Florestal**, Rio de Janeiro, v.5, n.17, p.38-41, 1974.

RIZZINI, C.T.; MATTOS-FILHO, A. Espécies vegetais em extinção. **Boletim FBCN**, Rio de Janeiro, v.21, p.99-103, 1986.

ROA, G.; ROSSI, S.J. Determinação experimental de curvas de teor de umidade de equilíbrio mediante a medição da umidade relativa de equilíbrio. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.2, n.2, p.17-22, 1977.

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

ROBERTS, E.H. **Viability of seeds**. London, Chapman and Hall Ltd., 1974. 448p.

ROBERTS, E.H.; KING, M.W.; ELLIS, R.H. Recalcitrant seeds: their recognition and storage. In: HOLDEN, J.H.W.; WILLIAMS, J.T. (Ed.). **Crop Genetic Resources: Conservation and Evaluation**, George Allen and Unwin, London. 1984. p.38-52.

RODRIGUES, N.R. **Desenvolvimento analítico e determinação da distribuição de pesos moleculares do galactomanano de sementes de *Dimorphandra mollis* por cromatografia de permeação em gel**. Campinas, 1997. 56p. Tese (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas.

SADER, R.; MEDEIROS, A.C.S. Efeito da desidratação, congelamento e frio na germinação de sementes de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara). **Informativo ABRATES**, Brasília, v.3, n.3, p.109. jul. 1993.

SALOMÃO, N.A.; MUNDIN, R.C. Efeito de diferentes graus de umidade na viabilidade de sementes de 11 espécies arbóreas durante a criopreservação. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.7 n.1/2, p.224, jul./ag. 1997a.

SALOMÃO, N.A.; MUNDIN, R.C. Resposta de sementes de gonçalo-alves (*Astronium fraxinifolium* Schott - Anacardiaceae), de diferentes procedências, ao

armazenamento por um ano a -196°C. **Informativo ABRATES**, Brasília, v.7, n.1/2, p.225, jul./ag. 1997b.

SANTOS, H.L.; FERREIRA, M.B.; D'ASSUMPÇÃO, W.R.C.; GAVILANES, M.L.; COUTO, E.S.; SANTOS, F.C. **Espécies arbóreas responsáveis por intoxicação em bovinos - I: *Dimorphandra mollis* Benth, *Dimorphandra wilsonii* Rizz.** In: REUNIÃO DA SOCIEDADE DE BOTÂNICA DE SÃO PAULO, VI, São Paulo, 1975. p.573-585.

SILVA, A.; FIGLIOLIA, M.B.; AGUIAR, I.B. Secagem, extração e beneficiamento de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes Florestais Tropicais**. Brasília. ABRATES, 1993. 350p.

SILVA, M.F. *Dimorphandra* (Caesalpiniaceae). **Flora neotropical**, New York: The York Botanical Garden, 1986. p.1-26.

SPERÂNDIO, J.P.; FONSECA, C.E.L. *Comportamento do jacarandá-da-bahia em plantios experimentais em Manaus, AM*. In: SIMPÓSIO TRÓPICO ÚMIDO, 1984, Manaus. **Anais**. Brasília: EMBRAPA, v.2. p.307-311, 1986.

STATISTICA for Windows 5.0. **Computer program manual**. Tulsa, OK: StatSoft Inc., 1995.

TOLEDO, F.F.; MARCOS-FILHO, J. **Manual de sementes; tecnologia da produção.** São Paulo: Ceres, 1977. 224p.

TOLEDO-FILHO, D.V.; PARENTE, P.R. Arborização urbana com essências nativas. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, São Paulo, v.42, p.19-31, 1988.

TOMASSINI, E.; MORS, W.B. *Dimorphandra mollis* Benth. e *D. gardneriana* Tull., novas e excepcionais fontes de rutina. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.38, p.321-323, 1966.

TOMPSETT, P.B. The influence of gaseous environment on the storage life of *Araucaria hunsteinii* seed. **Annals Botany**, London, v.52, n.2, p.229-237, Aug. 1983.

TOMPSETT, P.B. The effect of temperature and moisture content on the longevity of seed of *Ulmus carpinifolia* and *Terminalia brassii*. **Annals of Botany**, London, v.57, p. 875-83, 1986.

TOMPSETT, P.B. Predicting the storage life of orthodox tropical forest tree seeds. In: TURNBULL, J.W. (Ed.) **Tropical tree seed research.** Australian, 1989. P.93-8 (Aciar Proceedings, 28).

TREYBALL, R.B. **Drying. Mass Transfer Operations.** New York: McGraw-Hill, 1968. p.569-75.

USBERTI, R.; GOMES, R.B.G. Seed viability constants for groundnut. **Annals of Botany**, London, v.82, n.5, p.691-694, 1998.

VALENTINI, S.R.T. **Efeito da secagem de sementes de peroba-rosa (*Apidosperma polyneuron* M. Arg.).** Campinas, 1992. 70p. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas.

VAN DER BERG, C. Description of water activity of foods for engineering purposes by means of the GAB model of sorption. In: MCKENNA, B.M. (ed.). **Engineering and Food.** London: Elsevier Applied Science, 1984. v.1, p.311-21.

VERTUCCI, C.W., LEOPOLD, A C. Water binding in legume seeds. **Plant Physiology**, Rockville, v.85, n.85, p.224-231, 1987.

VILLERS, T.A Seed ageing: chromosom estabily and extended viability of seeds stored fully imbibed. **Plant Physiology**, Rockville, n.53, p.875-882, 1974.

WILSON, E.A. **A estratégia de conservação da biodiversidade.** Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, 1992. p.19-36.

XIARONG, H.; YUNLAN, Z.; CHENGLIAN, H.; MEI, T.; SHUPING, C. A comparison of methods for drying seeds: vacuum freeze-drier versus silica gel. **Seed Science Research**, Wallingford, v.8, supplement n.1, p.29-33, 1998.

ZPEVAK, F.A. **Efeitos do ácido abscísico, potencial hídrico, temperatura e tratamentos para quebra de dormência na germinação de sementes de *Dimorphandra mollis* Benth.** São Carlos. 1994. 96p. Tese (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal de São Carlos.

## **8. Anexos**

Informações complementares sobre os experimentos principais.

ANEXO 1. Equações de regressão linear para as curvas de sobrevivência à 40,  
50 e 65°C para *D. mollis* e *D. nigra*.

	T°C de armazenamento	Grau de umidade % (b.u)	Equação	R
	40	9,2	Y=1,25711-0,00243X	0,8885
	40	10,6	Y=1,06372-0,00352X	0,94025
	40	11,4	Y=0,70004-0,0046X	0,86636
	40	13,2	Y=0,98627-0,01033X	0,97904
	50	6,9	Y=1,21545-0,004X	0,97986
	50	9,2	Y=1,36916-0,00993X	0,96891
	50	10,6	Y=1,20487-0,03072X	0,96666
<i>D. mollis</i>	50	11,4	Y=0,73507-0,01714X	0,903
	50	13,2	Y=0,92407-0,03916X	0,95402
	65	1,6	Y=1,33488-0,02432X	0,97319
	65	5,2	Y=1,43967-0,04942X	0,94238
	65	8,4	Y=1,2602-0,20712X	0,96984
	65	9,2	Y=0,8525-0,32214X	0,91088
	65	10,6	Y=0,62707-0,32319X	0,87317
	65	11,4	Y=0,44956-0,35426X	0,93912
	65	13,2	Y=0,75548-0,84917X	0,92411
	40	7,1	Y=1,66591-0,01001X	0,95998
	40	9,5	Y=2,72998-0,03733X	0,97611
	40	13,3	Y=1,75138-0,18372X	0,96541
	40	14,3	Y=1,87094-0,26191X	0,95095
	40	15,1	Y=1,48156-0,29015X	0,98551
	40	17,4	Y=1,61053-0,62211X	0,97967
	40	18,5	Y=2,0627-0,53954X	0,94118
	50	4,6	Y=1,83858-0,00881X	0,96141
	50	5,3	Y=2,10525-0,01517X	0,9526
	50	7,1	Y=1,39582-0,022X	0,901
	50	9,5	Y=2,07112-0,2718X	0,96349
	50	13,3	Y=1,37408-0,64287X	0,98647
<i>D. nigra</i>	50	14,3	Y=2,4097-1,49112X	0,92014
	50	15,1	Y=1,81422-1,81219X	0,97203
	50	17,4	Y=1,69463-1,73864X	0,91735
	50	18,5	Y=2,22872-1,57781X	0,84233
	65	2,5	Y=1,85302-0,0794X	0,98451
	65	2,8	Y=1,66955-0,08116X	0,96888
	65	4,6	Y=1,57183-0,19939X	0,94348
	65	5,3	Y=1,37484-0,28011X	0,9949
	65	7,1	Y=2,26693-4,09413X	0,92949
	65	9,5	Y=2,79054-17,16621X	0,90664
	65	13,3	Y=2,67528-21,61072X	0,87764

ANEXO 2. Equações de regressão linear para melhor ajuste na equação de viabilidade à 40, 50 e 65°C para *D. mollis* e *D. nigra*.

<i>Dimorphandra mollis</i>		
40°C	$Y = 7,33904 - 4,79284X$	R= 0,96884
50°C	$Y = 5,95402 - 4,08984X$	R= 0,97493
65°C	$Y = 4,01954 - 3,61054X$	R= 0,99309
<i>Dalbergia nigra</i>		
40°C	$Y = 6,16807 - 4,82058X$	R= 0,99176
50°C	$Y = 5,04884 - 4,392X$	R= 0,99202
65°C	$Y = 3,54627 - 4,4853X$	R= 0,97799