



LEILA MARIA DE QUEIROZ OLIVEIRA

GERMINAÇÃO DAS SEMENTES DE  
Hancornia speciosa Gom. COM ÊNFASE NOS  
TEORES DE UMIDADE

Este exemplar corresponde à redação  
final da Tese defendida pela candidata  
Leila M. Q. Oliveira e aprovada pela  
Comissão julgadora.

CAMPINAS

1989

OL4g

10627/BC

25/04/89

LEILA MARIA DE QUEIROZ OLIVEIRA

GERMINAÇÃO DAS SEMENTES DE  
Hancornia speciosa Gom. COM ÊNFASE NOS  
TEORES DE UMIDADE

Tese apresentada ao Instituto  
de Biologia da Universidade  
Estadual de Campinas para a  
obtenção do título de Mestre  
em Ciências Biológicas na área  
de Biologia Vegetal.

Orientador: Dr. IVANY FERRAZ MARQUES VALIO

CAMPINAS

1989

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL

Aos meus pais ANTONIO ALAÔR e JORDITA (in memorian), pela dedicação, amor e carinho com que me encaminharam para a vida, minha

HOMENAGEM

Às minhas irmãs, LEDA (in memorian), aos meus sogros, sobrinhos, cunhados e demais parentes,

DEDICO

Ao meu esposo WANDO, pelo amor, apoio e estímulo constante em todos os momentos,

OFEREÇO

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Ivany Ferraz Marques Valio, o meu especial agradecimento pelos conhecimentos transmitidos, pela orientação segura, amiga e constante presença que permitiram a realização deste trabalho; pela dedicação, estímulo, apoio e interesse com que acompanhou a execução desta tese em todas as suas etapas; bem como pela confiança depositada, amizade sincera, nascida e fortalecida neste trabalho.

Aos professores e colegas de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, pelos ensinamentos, pela colaboração, amizade e incentivo.

Aos funcionários do Departamento de Fisiologia Vegetal, pela solicitude com que sempre nos atenderam e pelo convívio amigável.

Aos professores e funcionários do Centro Universitário de Três Lagoas (UFMS), pelo apoio, estímulo e amizade.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul pela concessão de afastamento que possibilitou a realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro.

À Sra. Anna Gagliardi, diretora técnica da biblioteca do Instituto de Biologia pelo auxílio nas normas de referências bibliográficas.

A todos os amigos que contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| i. LISTA DE FIGURAS .....                                    | iii |
| ii. LISTA DE TABELAS .....                                   | vi  |
| I. INTRODUÇÃO .....                                          | 01  |
| II. MATERIAL E MÉTODOS .....                                 | 26  |
| 1. MATERIAL .....                                            | 26  |
| 2. MÉTODOS .....                                             | 26  |
| 2.1. Preparação e armazenamento de sementes .....            | 26  |
| 2.2. Pesos de matérias fresca e seca das sementes ..         | 26  |
| 2.3. Teor de Umidade (TU) .....                              | 27  |
| 2.4. Curva de embebição .....                                | 27  |
| 2.5. Germinação de sementes .....                            | 28  |
| 2.5.1. Disponibilidade de oxigênio para as<br>sementes ..... | 29  |
| 2.5.2. Ação de pré-hidratação da semente .....               | 29  |
| 2.5.3. Variação dos teores de umidade das<br>sementes .....  | 29  |
| 2.6. Efluxo de eletrólitos e solutos orgânicos .....         | 30  |
| 2.7. Crescimento de plântulas .....                          | 30  |
| 2.8. Extrações e dosagens .....                              | 30  |
| 2.8.1. Carboidratos solúveis totais .....                    | 30  |
| 2.8.2. Proteínas solúveis .....                              | 31  |
| 2.8.3. Fósforo total .....                                   | 34  |
| 2.9. Análise estatística .....                               | 36  |

|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| III. RESULTADOS .....                                                                     | 37  |
| 1. Morfologia e desenvolvimento inicial da semente .....                                  | 37  |
| 2. Efeito de luz-escuro e temperaturas constantes .....                                   | 37  |
| 3. Efeito de temperaturas alternadas .....                                                | 41  |
| 4. Disponibilidade de O <sub>2</sub> para as sementes .....                               | 41  |
| 5. Efeito do armazenamento na germinação de sementes ..                                   | 44  |
| 6. Teor de umidade, desidratação e germinação .....                                       | 47  |
| 7. Embebição e germinação .....                                                           | 53  |
| 8. Efluxo de eletrólitos e solutos orgânicos .....                                        | 61  |
| 9. Embriões isolados .....                                                                | 65  |
| 10. Crescimento de plântulas .....                                                        | 65  |
| 11. Conteúdo de carboidratos solúveis totais, proteínas<br>solúveis e fósforo total ..... | 71  |
| IV. DISCUSSÃO .....                                                                       | 79  |
| V. RESUMO .....                                                                           | 100 |
| VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                      | 104 |

## LISTA DE FIGURAS

|            |                                                                                                                                                             |    |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.  | Morfologia da semente e desenvolvimento inicial da plântula de <u>H. speciosa</u> .....                                                                     | 38 |
| Figura 2.  | Germinação de sementes de <u>H. speciosa</u> sob luz contínua e temperaturas constantes .....                                                               | 39 |
| Figura 3.  | Germinação de sementes de <u>H. speciosa</u> sob escuro e temperaturas constantes .....                                                                     | 40 |
| Figura 4.  | Germinação de sementes de <u>H. speciosa</u> sob temperaturas alternadas e luz contínua .....                                                               | 42 |
| Figura 5.  | Germinação de sementes de <u>H. speciosa</u> em relação ao efeito do oxigênio, excesso de água e posição do hilo .....                                      | 43 |
| Figura 6.  | Efeito do armazenamento na germinação de sementes de <u>H. speciosa</u> .....                                                                               | 45 |
| Figura 7.  | Teor de umidade durante armazenamento de sementes de <u>H. speciosa</u> .....                                                                               | 46 |
| Figura 8.  | Germinação de sementes de <u>H. speciosa</u> armazenadas por 10, 11 e 13 semanas em saco plástico em geladeira .....                                        | 49 |
| Figura 9.  | Variação do teor de umidade de sementes de <u>H. speciosa</u> após desidratação em câmara com circulação de ar a 30°C .....                                 | 51 |
| Figura 10. | Germinação de sementes de <u>H. speciosa</u> a 30°C, com diferentes teores de umidade provenientes de câmara com circulação de ar e sem pré-embebição ..... | 52 |

|                                                                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 11. Germinação de sementes de <u>H. speciosa</u> com diferentes teores de umidade oriundas de ambiente com 50% de umidade relativa e com pré-embebição de 1 hora .                           | 54 |
| Figura 12. Germinação de sementes de <u>H. speciosa</u> armazenadas por 11 semanas em saco plástico em geladeira com diferentes teores de umidade provenientes de temperatura ambiente (30°C) ..... | 55 |
| Figura 13. Curva de embebição de sementes de <u>H. speciosa</u> mantidas em placas de Petri .....                                                                                                   | 56 |
| Figura 14. Embebição de sementes de <u>H. speciosa</u> mantidas em câmara úmida .....                                                                                                               | 58 |
| Figura 15. Germinação de sementes de <u>H. speciosa</u> após pré-hidratação de 120 horas em câmara úmida .....                                                                                      | 59 |
| Figura 16. Germinação de sementes de <u>H. speciosa</u> após pré-hidratação de 120 horas em placas de Petri .....                                                                                   | 60 |
| Figura 17. Efluxo de eletrólitos de sementes de <u>H. speciosa</u> ..                                                                                                                               | 62 |
| Figura 18. Efluxo de eletrólitos de embriões isolados de <u>H. speciosa</u> .....                                                                                                                   | 63 |
| Figura 19. Efluxo de solutos orgânicos de sementes e embriões isolados de <u>H. speciosa</u> após 60 minutos de embebição .....                                                                     | 64 |
| Figura 20. Efluxo de eletrólitos de sementes de <u>H. speciosa</u> recém-colhidas de frutos e em sementes armazenadas por 4 meses em saco plástico em geladeira .....                               | 66 |

|                                                                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 21. Efluxo de solutos orgânicos em sementes de <u>H. speciosa</u> recém-colhidas de frutos e em sementes armazenadas por 4 meses em saco plástico em geladeira .....               | 67 |
| Figura 22. Peso de matéria fresca das partes da semente de <u>H. speciosa</u> durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula .....                                            | 69 |
| Figura 23. Peso de matéria seca das partes da semente de <u>H. speciosa</u> durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula .....                                              | 70 |
| Figura 24. Pesos de matérias fresca e seca das sementes de <u>H. speciosa</u> durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula .....                                            | 72 |
| Figura 25. Conteúdo de carboidratos solúveis totais, em diferentes partes da semente de <u>H. speciosa</u> durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula.                    | 73 |
| Figura 26. Conteúdo de proteínas solúveis, em diferentes partes da semente de <u>H. speciosa</u> durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula .....                         | 75 |
| Figura 27. Conteúdo de fósforo total, em diferentes partes da semente de <u>H. speciosa</u> durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula .....                              | 76 |
| Figura 28. Conteúdo de carboidratos solúveis totais, proteínas solúveis e fósforo total da semente de <u>H. speciosa</u> durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula ..... | 78 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1. Peso de matéria fresca, peso de matéria seca e teor de umidade das sementes de <u>H. speciosa</u> recém-colhidas e após 1 semana de armazenagem ..... | 48 |
| Tabela 2. Peso de matéria fresca, peso de matéria seca e teor de umidade das sementes de <u>H. speciosa</u> .....                                               | 50 |
| Tabela 3. Sobrevivência de embriões isolados de <u>H. speciosa</u> após 16 dias de germinação .....                                                             | 68 |

## INTRODUÇÃO

O cerrado é considerado o principal tipo de vegetação do Brasil Central, no qual a flora se apresenta segundo um gradiente de biomassa (EITEN, 1971; GOODLAND, 1971a; FERRI, 1977; COUTINHO, 1978a). As condições climáticas variam nos cerrados (FERRI, 1977) e o clima não parece ter relação consistente com a ocorrência dos cerrados, os quais condicionam os seus microclimas (CAMARGO, 1971). A distribuição da vegetação é regulada pelo solo mais do que por qualquer outro fator ecológico (ALVIM & ARAÚJO, 1952). As diferenças de regime hídrico e térmico, dentro de certos limites, não implicam em modificações sensíveis na fisionomia da vegetação do cerrado (REIS, 1971).

Um fator que parece ser antigo no ecossistema do cerrado, que ocorre em geral durante a estação seca, é a queimada (COUTINHO, 1978b), que na maioria dos casos, não parece ser de causas naturais mas sim uma perturbação introduzida pelo homem (EITEN, 1972; COUTINHO, 1982). As consequências imediatas das queimadas são de duas categorias: morfológicas, com tortuosidade de ramos, e biológicas, com aparecimento rápido de folhas novas e flores (WARMING, 1908). O fogo pode ajudar a manter o cerrado em um dado local (RACHID-EDWARDS, 1956; EITEN, 1972; FERRI, 1977); originar um cerrado ou afetar uma vegetação de cerrado já existente (WARMING, 1908; EITEN, 1972). As queimadas exercem uma ação promotora na floração de várias espécies dos cerrados (WARMING, 1908; Coutinho, 1976 apud COUTINHO, 1982) e parecem favorecer a

abertura de frutos e infrutescências do estrato herbáceo-subarbustivo (COUTINHO, 1977).

A vegetação do cerrado é constituída por grupos: o das plantas permanentes, de raízes profundas, o das espécies efêmeras, de raízes superficiais e o das gramíneas, que podem ser permanentes ou efêmeras, embora todas vegetem apenas no verão (FERRI, 1977). Plantas permanentes apresentam maior crescimento de raiz em relação à parte aérea (FERRI, 1978; POGGIANI, 1971) e os estômatos, na maioria das espécies, permanecem abertos o dia todo e, em vários casos, mesmo à noite (RAWITSCHER *et al.*, 1943; FERRI, 1944). A vegetação dos cerrados é limitada pelas condições oligotróficas dos solos (BEIGUELMAN, 1962; FERRI, 1963, 1977; ARENS, 1971; RANZANI, 1971; GOODLAND, 1971b), pela toxicidade do alumínio (GOODLAND, 1971b; FERRI, 1977; COUTINHO, 1978a, 1982) e ou manganês, e pelo fogo (COUTINHO, 1978a, 1982).

A flora do cerrado, principalmente suas árvores e arbustos, tem a aparência de vegetação que vive em ambientes onde a água é escassa: encontram-se árvores e arbustos com ramos retorcidos e tortuosos, cascas grossas, folhas coriáceas, brilhantes, revestidas por uma espessa camada de pêlos em uma ou ambas as faces (FERRI, 1977). Entre as espécies dos cerrados encontra-se a Hancornia speciosa Gom. (mangaba), que pertence à família Apocynaceae. A mangaba, também conhecida como mangaíba ou tembiucatu é uma arvoreta latescente com 5-7 metros de altura, suberosa, com folhas opostas, elípticas, oblongas ou elíptico-lanceoladas, glabras; as flores são brancas, tubulosas; os frutos são ba-

gas globosas, com muitas sementes ovóides, achatadas, que possuem hilo ventral e ficam aderidas à polpa (MUELLER, 1860). A mangaba, espécie de interesse econômico, nativa dos cerrados da região Centro-Oeste, encontra-se também nas regiões Sudeste, Norte e Nordeste do Brasil (LEDOUX, 1968; FERREIRA, 1973).

Segundo WARMING (1908) os frutos da mangaba, devido ao seu gosto, merecem o primeiro prêmio entre a maioria das frutas. Estes são utilizados no consumo natural, na forma de sucos, sorvetes, doces secos, compotas e ainda para a fabricação de vinhos e vinagre (FERREIRA, 1973, 1980; CORRÊA, 1984). Os frutos apresentam alto valor nutritivo, com teor de proteína variando de 1,3 a 3,0%, superior ao da maioria das espécies frutíferas (PARENTE et al., 1985), podendo ser introduzida nos pomares (FERREIRA, 1973, 1980). A fruta é de digestão fácil e rápida, sendo indicada para pessoas doentes e convalescentes (FONSECA, 1954; FERREIRA, 1973). A mangabeira possui outras utilidades: sua madeira embora não tenha muito valor econômico, é utilizada como lenha; seu látex foi explorado como substituto da borracha, porém de qualidade inferior, e é empregado no combate à tuberculose pelo uso interno e no tratamento de úlceras rebeldes pelo uso externo (Cruz, 1965 apud FERREIRA, 1973).

Existem poucos trabalhos a respeito da mangaba (FONSECA, 1954; TAVARES, 1960; LEDOUX, 1968; FERREIRA, 1973, 1980; CORRÊA, 1984; PARENTE et al., 1985; PARENTE & MACHADO, 1986). Sementes após terem sido retiradas do fruto e semeadas em canteiros comuns, germinam entre o 30º e 38º dia, apresentando no 60º dia

um porte de 10 cm (FERREIRA, 1973).

Uma influência da remoção dos resíduos da polpa e do retardamento da semeadura foi observada sobre a porcentagem de sementes germinadas. Quando não se removem os resíduos da polpa, ocorre diminuição da porcentagem de sementes germinadas. O plantio das sementes deverá ser feito imediatamente após a retirada das sementes do fruto, ou até 48 horas depois, uma vez que o poder germinativo cai rapidamente do 4º ao 8º dia depois de retiradas as sementes dos frutos. Com seis dias de retardamento da semeadura, a germinação cai a menos de 45% (TAVARES, 1960). Sementes submetidas a lavagem delicada e cuidadosa para remoção da polpa aderente foram postas com hilo para cima em solo sílico-húmido úmido, germinando num prazo mínimo de 5 dias (LEDOUX, 1968).

Frutos verdolengos, de tamanhos maiores, amadurecem mais rapidamente e apresentam teores mais elevados de sólidos solúveis, lipídios, vitamina C, cinzas e maior relação de sólidos solúveis/acidez (PARENTE et al., 1985). Estes frutos, quando amadurecem, apresentam valor qualitativo melhor que o dos frutos amadurecidos na planta (FONSECA, 1954), os quais apresentam características semelhantes às dos frutos verdolengos de tamanho menor (PARENTE et al., 1985).

Sementes de frutos maduros de Hancornia pubescens apresentam germinação elevada, em torno de 86%, ao passo que as sementes provenientes de frutos verdolengos possuem um percentual de germinação variando de 82 a 44%, com média de 60%. O poder germinativo das sementes se mantém acima de 50%, mesmo para os

frutos amadurecidos aos 27 dias após a colheita (PARENTE & MACHADO, 1986).

Além das informações acima, pouco se sabe a respeito dos aspectos botânicos, fisiológicos e fenológicos desta espécie.

Não existem muitos trabalhos sobre a germinação de sementes das espécies dos cerrados. Em revisão do assunto, FELIPPE & SILVA (1984) descrevem trabalhos esparsos sobre diferentes aspectos da germinação.

Quanto ao efeito da luz na germinação de sementes das espécies já estudadas do cerrado, a maioria é indiferente à luz, como é o caso de Stryphnodendron barbadetimam a 26°C (BARRADAS & HANDRO, 1974), Dalbergia violacea (ARASAKI & FELIPPE, 1987) e Magonia pubescens a 25°C (JOLY *et al.*, 1980). Embriões isolados de Andira humilis são indiferentes à luz em temperaturas de 20 a 38°C (HANDRO, 1969). Aquênios de Porophyllum lanceolatum são fotoblásticos positivos a 25°C, porém choques de temperatura elevada (34 a 42°C) promovem germinação de aquênios mantidos no escuro a 25°C (FELIPPE *et al.*, 1971). Sementes de Dalbergia violacea são fotoblásticas positivas a 40°C (ARASAKI & FELIPPE, 1987). São fotoblásticas negativas as sementes de Zeyera digitalis a 25°C (JOLY & FELIPPE, 1978, 1979a) e as sementes de Dalbergia violacea a 15 e 30°C (ARASAKI & FELIPPE, 1987).

Sementes de cerrado apresentam variações quanto ao efeito da temperatura. De um modo geral, nas espécies já estudadas a germinação ocorre de 10 a 45°C (FELIPPE & SILVA, 1984). Es-

ta faixa de temperatura caracteriza sementes de plantas tropicais (LANG, 1965). HANDRO (1969) estudando a germinação de diásporos intactos de Andira humilis em canteiro, obteve 40% de germinação, que levou de 7 a 10 meses. Com embriões isolados, o autor verificou germinação de 20 a 44°C, com faixa ótima entre 35 e 40°C onde a germinação atinge valores ao redor de 90%. RIZZINI (1971) também obteve germinação de embriões isolados na faixa de 85 - 100%.

Em sementes recém coletadas, após 14 dias de experimentação, a 25°C, em condições naturais de luz, a germinação de Bombax tomentosum atingiu 92,2%, a de Bombax martianum 91%, a de Astronium fraxinifolium 80%, a de Pterodum pubescens 66%, a de Piptadenia falcata 55,5%, a de Astronium urundeuva foi de 35,5%, a de Kielmeyera coriacea 62,5% e a de Qualea grandiflora 10%, porém, em sementes armazenadas por seis meses, a germinação foi de 60% para Qualea grandiflora, sugerindo quebra de dormência, e de apenas 7% para Kielmeyera coriacea, sugerindo perda de viabilidade (MELO et al., 1979).

As sementes de Stryphnodendron barbadetiman germinam de 15 a 40°C, sendo a faixa ótima no geral entre 26 e 34°C (BARRADAS & HANDRO, 1974). Nas temperaturas de 40 e 45°C, Zeyhera digitalis não germina e apresenta em 25 e 30°C elevada germinação (JOLY & FELIPPE, 1979a). Dalbergia violacea germina de 10 a 40°C (ARASAKI & FELIPPE, 1987), faixa de temperatura semelhante para outras espécies do cerrado como Rapanea guianensis de 10 a 35°C (JOLY & FELIPPE, 1979b), Magonia pubescens de 10 a 40°C (SALGADO-LABOURIAU, 1973; JOLY et al., 1980) ou muito estreita, como em

Kielmeyera coriacea de 15 a 35°C (DIONELLO, 1978) e Zornia reticulata de 30 a 35°C (FELIPPE, 1984).

O estudo de temperaturas alternadas em Magonia pubescens com uma temperatura fixa de 25°C em cada par de 12 horas e a outra variando de 5 até 45°C, mostrou que apenas no ciclo de 25-45°C a germinação foi baixa (JOLY *et al.*, 1980).

RIZZINI (1976) relacionou temperatura alta e fogo. Aplicando choque de temperatura de 100°C durante 10 minutos verificou que Bowdichia major e Magonia pubescens foram as mais beneficiadas, apresentando 78 a 100% de germinação, respectivamente. Algumas espécies não tiveram a germinação afetada: Bombax tomentosum, Brosimum gaudichaudii, Eugenia dysenterica, Hymenaea stigonocarpa, Qualea grandiflora. No entanto, o choque de 100°C por 10 minutos já reduziu ou inibiu a germinação da maioria das espécies testadas: Aegeophila lhotzskyana, Alibertia sessilis, Astronium fraxinifolium, A. urundeuva, Bowdichia virgilioides, Copaifera langsdorfii, Cabralea polytricha, Cassia nummulariaefolia, Connarus suberosus, Curatella americana, Erythroxylum tortuosum, Kielmeyera coriacea, K. rubriflora, Luehea speciosa, Mimosa laticifera, Piptadenia peregrina, Plathymenia reticulata, Salacia crassiflora, Sweetia dasycarpa e Thieleodoxa lanceolata. Aplicando ou não choque de temperatura de 100°C, não obteve germinação nas espécies: Annona crassiflora, Davilla rugosa, Dimorphandra mollis, Eugenia aurata, Hancornia speciosa, Pterodon pubescens, Stryphnodendron barbadetimam, Symplocos lanceolata e Xylopia grandiflora.

RIZZINI (1976) submetendo as sementes de Stryphnodendron barbadetimam a choque de 80°C por 10 minutos, obteve 10% de germinação. Sementes desta espécie quando submetidas continuamente a 42°C, não germinaram (BARRADAS & HANDRO, 1974). Sementes de Magonia pubescens germinam bem após choque de 100°C por 10 minutos (RIZZINI, 1976), embora temperatura constante de 41°C seja letal para esta semente, quando embebida e intacta (SALGADO-LABOURIAU, 1973). Em um grande número de espécies, choque rápido de temperatura alta não afeta a germinação, porém temperatura alta por um período prolongado causa efeitos deletérios à semente (FELIPPE & SILVA, 1984).

Em relação ao efeito do tegumento na germinação da semente, HANDRO (1969) verificou que a germinação dos diásporos de Andira humilis intactos foi de 40% e levou de 7 a 10 meses, ao passo que a "germinação" dos embriões nus alcançou 90% em 10 dias. A escarificação aumenta a germinação em sementes de Enterolobium contortisiliquum (BORGES et al., 1980), e de Stryphnodendron barbadetimam (BARRADAS & HANDRO, 1974).

Quanto à longevidade de sementes de plantas dos cerrados, existem poucos trabalhos. O poder germinativo de sementes de H. speciosa cai rapidamente do 4º ao 8º dia depois de retiradas as sementes dos frutos (TAVARES, 1960). Sementes de H. speciosa provenientes de frutos amadurecidos aos 27 dias após a colheita apresentam poder germinativo acima de 50% (PARENTE & MACHADO, 1986).

A viabilidade dos diásporos de Andira humilis (HANDRO, 1969) e de Dipteryx alata (MELHEM, 1975) é mantida de três a quatro anos; de Rapanea guianensis é mantida durante um ano pelo menos (JOLY & FELIPPE, 1978, 1979b); de Zeyera digitalis cai para 37%, 50 dias após a colheita e com 125 dias de armazenamento não mais germinam (JOLY & FELIPPE, 1978, 1979a). Em Eugenia dysenterica, a viabilidade diminui rapidamente com o armazenamento (RIZZINI, 1970), e em Kielmeyera coriacea é perdida após seis meses de armazenamento em saco de pano à temperatura ambiente, pois a germinação alcançou apenas 7%. Entretanto, DIONELLO (1978) verificou que o armazenamento não afeta a viabilidade de sementes de Kielmeyera coriacea pelo menos até 16 meses de estocagem, ao manter sementes em dessecador com cloreto de cálcio anidro à temperatura ambiente, em saco de papel a 10°C, em saco de papel a 20°C e em saco de pano à temperatura ambiente.

Germinação é o processo que começa com a absorção de água pela semente (embebição) e termina com o início do alongamento do eixo embrionário (BEWLEY & BLACK, 1985). Morfologicamente e para testes de qualidade da semente e propagação de plantas, a definição deve incluir a produção de uma plântula normal (HARTMANN & KESTER, 1968).

Muitas sementes mostram um modelo trifásico de absorção de água, quando colocadas em placa de Petri com água destilada sob condições ótimas de germinação. Na fase 1 ou embebição, a absorção inicial de água é uma consequência das forças matriciais

das paredes celulares e do conteúdo celular da semente. A fase 2 é o período de latência de absorção de água, estabelecendo-se um equilíbrio à medida que o potencial matricial aumenta tanto quanto o potencial osmótico. Durante esta fase ocorrem os principais eventos metabólicos, preparando o embrião para a germinação. A fase 3 é caracterizada pela protrusão da radícula. Nesta fase, o aumento na absorção de água é inicialmente associado com a diminuição do potencial hídrico, devido a alterações desconhecidas relacionadas com a germinação. Posteriormente, esse aumento na absorção de água é associado com a diminuição do potencial osmótico, devido à produção de substâncias osmoticamente ativas de baixos pesos moleculares, resultantes das hidrólises das reservas após a germinação (BEWLEY & BLACK, 1983, 1985).

Dentre as condições exigidas para a germinação estão: suprimento adequado de água, composição de gases e temperatura convenientes, assim como luz para certas espécies. A exigência para estas condições varia de acordo com a espécie e variedade e é determinada tanto pelas condições que prevalecem durante a formação da semente como por fatores hereditários (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1982).

A embebição é um processo físico que está relacionado com propriedades dos colóides e depende da composição da semente, da permeabilidade do tegumento ou fruto à água e da disponibilidade de água no estado líquido ou gasoso. Ela independe da viabilidade da semente, ocorrendo igualmente em sementes vivas ou mortas. Durante a embebição as moléculas de água causam solvatação

das partículas coloidais, além de ocupar os espaços capilares livres e os espaços intermoleculares do colóide. A hidratação do colóide resulta numa pressão de embebição, causando a ruptura do tegumento e permitindo o crescimento do embrião (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1982).

Assim que se inicia a entrada de água na semente, há uma liberação de gases adsorvidos nos colóides e uma rápida liberação para o meio circundante de solutos tais como açúcares, ácidos orgânicos, íons, aminoácidos e proteínas. Em condições de campo, estes solutos podem estimular o crescimento de fungos e bactérias no solo, que invadirão a semente, deteriorando-a. Algumas sementes entretanto, por exemplo soja, também liberam das paredes celulares certos inibidores (proteínas e lectinas) no início da embebição, e estas podem funcionar como agentes de proteção contra invasão microbiana ou insetos (BEWLEY & BLACK, 1985).

Em sementes de ervilha com testa removida, os embriões quando embebidos apresentam uma imediata e rápida liberação de potássio e outros eletrólitos que foram detectados por um aumento na condutividade da água circundante (SIMON & RAJA HARUN, 1972). Semente de ervilha com tegumento intacto tem pouca ou nenhuma embebição, nas primeiras três horas. Entretanto, se a testa for removida, o embrião embebe rapidamente neste período. A testa pode então influenciar a quantidade de solutos liberados e regular a taxa de embebição (SIMON, 1984).

Sementes com tegumentos fendidos, escarificados ou removidos embebem mais rapidamente e liberam mais solutos do que

aquelas com tegumentos intactos (POWELL & MATTHEUS, 1978, 1979; BEWLEY & BLACK, 1983; SIMON, 1984) e podem ocasionar redução do crescimento da plântula, diminuição no peso seco da raiz e parte aérea e baixa degradação nos cotilédones (LARSON, 1968; POWELL & MATTHEUS, 1978; BEWLEY & BLACK, 1983). Provavelmente, o tegumento da semente normalmente restringe ou regula a entrada de água, agindo como barreira mecânica à difusão (VALIO, 1986) e na sua ausência, a velocidade aumentada da entrada de água na semente pode causar danos irreversíveis à membrana celular e liberar solutos de um grande número de células (BEWLEY & BLACK, 1983). Uma outra possibilidade proposta por SIMON (1974) seria de que as membranas não seriam rompidas pelo influxo de água mas, pelo contrário, seriam reorganizadas ou reparadas.

Sementes de feijão, ervilha e soja germinam muito pouco e mostram redução no crescimento ou vigor quando hidratadas sem suas testas. Nestas sementes, o tegumento tem importante papel de proteção durante embebição (TULLY *et al.*, 1981).

Sementes que são hidratadas total ou parcialmente em atmosferas saturadas antes de introduzidas em água, e sementes que não sofrem processo de secagem durante seus estádios finais de maturação, não liberam eletrólitos quando colocadas em água. Tais sementes não embebem uma vez que já estão hidratadas (SIMON & RAJA HARUN, 1972).

É claro que rápida liberação de solutos somente ocorre quando tecidos secos são colocados em água (SIMON & RAJA HARUN, 1972; SIMON, 1984). Esta liberação não é restrita apenas à embe-

bição de sementes secas pois também ocorre em musgos e líquens (SIMON, 1984).

O tempo para que ocorra embebição e perda de eletrólitos varia conforme a espécie da semente. Sementes menores, por exemplo de aipo, cenoura e alface, embebem rapidamente e perdem grandes quantidades de potássio num período curto. Por outro lado, sementes maiores, como girassol, ervilha, embebem vagarosamente e liberam solutos lentamente (SIMON & MATHAVAN, 1986). A liberação de eletrólitos e entrada de água ocorrem mais rapidamente nos primeiros minutos de embebição (SIMON & RAJA HARUN, 1982).

A quantidade de substâncias liberadas pela semente durante a embebição também é aumentada com a idade da semente. Portanto, a qualidade da semente pode ser avaliada pelo aumento na condutividade da água usada na embebição (VILLIERS, 1973). Sementes velhas apresentam menor germinação, maior liberação de eletrólitos e conteúdo mais baixo de ácidos graxos na fração lipídica polar, sugerindo relação entre deterioração de membrana celular e perda de viabilidade (PEARCE & SAMAD, 1980).

As condições sob as quais ocorre embebição parecem influenciar o crescimento posterior da plântula. Embebição a baixas temperaturas prejudicam a germinação e induzem injúrias no desenvolvimento da plântula (POLLOCK & TOOLE, 1966); causam um aumento na liberação de materiais orgânicos (aminoácidos e nucleotídeos com absorbância em 264nm). Estas observações indicam que as alterações em membranas devido ao resfriamento não são facilmente re-

versíveis (BEWLEY & BLACK, 1983). Embebição sob vapor de água reduz a sensibilidade a baixas temperaturas (POLLOCK, 1969). A injúria causada pela embebição em baixas temperaturas é uma consequência da taxa de absorção e pode ser controlada pelo tegumento (TULLY *et al.*, 1981). A sensibilidade em relação à embebição, em baixas temperaturas, também é uma indicação de vigor reduzido e menor tolerância a este estresse (STEWARTS & BEWLEY, 1981).

Embora as sementes sejam permeáveis à água, frequentemente os tegumentos são impermeáveis aos gases dióxido de carbono e oxigênio, ou ambos. Esta permeabilidade diferencial existe embora sejam pequenas as diferenças do diâmetro molecular dos gases envolvidos (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1982).

Quando o oxigênio tem que se difundir através de longa distância, a própria água pode agir como barreira. Muitas sementes não germinam quando estão totalmente imersas em água. Sementes de Phaseolus vulgaris têm sua germinação afetada, quando imersas por longos períodos, devido ao baixo suprimento de oxigênio (ORPHANDS & HEIDECKER, 1968). O excesso de água aumenta o caminho para a difusão de gases além de promover o desenvolvimento de diferentes microrganismos em torno do tegumento, os quais competem com o embrião pelo oxigênio disponível (HEYDECKER & CHE-TRAN, 1971).

Aparentemente a capacidade e a velocidade de germinação aumentam à medida que a semente avança em direção à maturidade (ADAMS & RINNE, 1981; OBENDORF *et al.*, 1980). Sementes com máximo peso de matéria seca apresentam o máximo poder germinativo, sendo

este estágio o ponto de maturidade fisiológica (HARRINGTON, 1972; OBENDORF et al., 1980). O embrião torna-se resistente à dessecação, e entra num período de dormência, no qual o conteúdo de água é reduzido de cerca de 80% para 10% (WALBOT et al., 1972). Entretanto, tem sido demonstrado que a desidratação não é um pré-requisito para a germinação, visto que embriões de algumas espécies e sementes destacados da planta de origem, ou com diferentes estádios de desenvolvimento, são capazes de germinar (WALBOT et al., 1972; OBENDORF et al., 1980; ONCKELEN et al., 1980; SANKHLA & CHAWAN, 1980; ADAMS & RINNE, 1981).

Para que ocorra a germinação, a semente deve ser viável, isto é, o embrião deve estar vivo e capaz de germinar; deve ser quiescente, de tal forma que ao ser exposta a condições ambientais apropriadas, ela irá germinar, e deve ser submetida a condições favoráveis de água, temperatura e oxigênio. Sementes viáveis que não germinam sob condições consideradas favoráveis à germinação são denominadas sementes dormentes, e podem ser induzidas à germinação através de tratamentos especiais (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1982). A indução ou quebra de dormência podem ocorrer através de fatores ambientais como luz, temperatura e capacidade de embebição da semente.

Sementes de diferentes espécies germinam em diferentes faixas de temperaturas, sendo que em temperaturas muito baixas ou muito altas normalmente não ocorre germinação. Na faixa de temperaturas em que uma semente germina, há geralmente uma temperatura ótima que é onde ocorre a maior porcentagem de germinação em me-

nor tempo, acima ou abaixo da qual a germinação é retardada (BEWLEY & BLACK, 1982; MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1982).

Durante a germinação e crescimento da plântula ocorre reversão no metabolismo em tecidos de reserva. Células que foram locais de síntese de carboidratos, lipídios e proteínas, durante a embriogênese tornam-se sítios de degradação e mobilização de reservas (BEWLEY & BLACK, 1983). Com a hidrólise das reservas, os produtos são translocados para o eixo embrionário. Substâncias hormonais regulam a síntese ou a liberação de enzimas necessárias à mobilização de reservas. Muitas evidências sugerem que a atividade hidrolítica está sob controle hormonal (YOUNG *et al.*, 1960; SCALA *et al.*, 1969; METIVIER & PAULILO, 1980; ONCKELEN *et al.*, 1980). Estudos com mobilização de reservas em sementes, que não de cereais, relacionam o papel do embrião com a hidrólise das reservas atuando no consumo destas reservas, mantendo as concentrações abaixo de um nível crítico (YOMO & VARNE, 1973; METIVIER & PAULILO, 1980), ou fornecendo hormônios que regulam a atividade hidrolítica.

Em dicotiledôneas, o volume de trabalhos sobre o controle da degradação das reservas é pequeno. No entanto, existem algumas indicações de que citocininas estariam envolvidas na hidrólise do amido (GEPSTAIN & ILAN, 1970; LOCKER & ILAN, 1975; METIVIER & PAULILO, 1980).

Fisiologicamente os hormônios podem estar relacionados com o desenvolvimento das sementes ou podem estar sendo acumulados para a sua subsequente participação no controle da germinação

e crescimento da plântula (BEWLEY & BLACK, 1983).

No geral, altos níveis de hormônios livres estão presentes nos estádios iniciais de desenvolvimento, ocorrendo uma queda natural durante a maturação, atingindo níveis muitas vezes não detectáveis em sementes maduras (DURLEY *et al.*, 1971; MORRIS, 1977; ONCKELEN, 1980). Como estes hormônios estão presentes durante o desenvolvimento e sementes adquirem a capacidade de germinar durante este período, é possível que a presença destas substâncias esteja relacionada com a aquisição do poder germinativo.

Muitos autores têm defendido o envolvimento de hormônios na germinação. Giberelinas, citocininas e ácido abscísico são substâncias conhecidas como capazes de controlar a dormência e, portanto, seus efeitos sobre o metabolismo durante a germinação têm sido estudados (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1982).

Outro fator importante para a germinação é a presença de luz. As sementes da maioria das plantas cultivadas germinam tanto no escuro como na luz. No entanto, muitas sementes apresentam dormência em relação à luz. Esta sensibilidade é denominada fotoblastismo e tem o envolvimento do pigmento fitocromo. Sementes com germinação promovida pela luz são denominadas fotoblásticas positivas e as que são inibidas pela luz são fotoblásticas negativas. Aquelas sementes cuja germinação não parece ser afetada pela luz são sementes facultativas ou indiferentes. As sementes fotoblásticas positivas germinam quando se estabelece no embrião um balanço entre a forma ativa do fitocromo (Fve) e a forma

inativa (Fv) através da ação combinada dos componentes vermelho e vermelho-extremo da luz branca (BEWLEY & BLACK, 1982). Estas sementes, quando secas, apresentam a maior parte do seu fitocromo na forma Fv, e, quando embebidas, a fotoconversão do Fv em Fve ocorre, desencadeando a germinação (KENDRICK, 1976). Segundo este autor, as sementes fotoblásticas negativas apresentam, ainda quando secas, uma quantidade de fitocromo na forma Fve acima do valor limiar para estimular a germinação, ou numa forma intermediária que possa ser convertida em Fve no escuro durante a embebição.

Muitos autores têm estabelecido que o teor de umidade da semente é um dos fatores de maior importância para sua longevidade (BARTON, 1961; LAW et al., 1971; HARRINGTON, 1972).

O efeito da temperatura em sementes dormentes é normalmente diferente em sementes secas ou úmidas (ROBERTS & SMITH, 1977). O termo semente seca é aplicado para sementes que contêm um teor de umidade em equilíbrio com a umidade relativa do ar (ROBERTS, 1972a). O armazenamento a seco pode afetar ou não a germinação da semente. Em algumas espécies, durante a estocagem, as sementes atingem conteúdos baixos de umidade que acarretam prejuízos, levando à perda de viabilidade (ELLIS & ROBERTS, 1980a). Em outras espécies, o armazenamento a seco promove a quebra de dormência.

Para a conservação de sementes deve-se considerar a composição de gases, pois o armazenamento em atmosfera controlada de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  ou em vácuo parcial, pode prolongar mais a vida da semente do que o armazenamento em ar. No entanto, quando o teor de umidade da semente e a temperatura são altos, uma atmosfera de  $\text{O}_2$  tende a acelerar a perda de viabilidade (BASS, 1973).

Sementes podem ser divididas em duas categorias de acordo com as características de viabilidade: ortodoxas e recalcitrantes (ROBERTS, 1973a).

Sementes ortodoxas são aquelas que podem secar ainda na planta de origem ou no ambiente até atingir conteúdo baixo de umidade, isto é, 5% ou menos sem sofrerem danos. Estas sementes mantêm sua viabilidade quando secas. Podem ser armazenadas por longos períodos em condição de baixo teor de umidade. Sua longevidade é aumentada pela diminuição na temperatura e teor de umidade da semente (ROBERTS, 1973a). A relação é tal que a longevidade aproximadamente dobra a cada diminuição de  $5,6^\circ\text{C}$  na temperatura de armazenagem e redução de 1% no teor de umidade (ELLIS & ROBERTS, 1980b).

É sugerido que sementes ortodoxas deveriam ser armazenadas em recipientes fechados a  $-18^\circ\text{C}$  ou menos e conteúdo de umidade de 5-7%. Nestas condições é esperado que a maioria das sementes ortodoxas não apresentem declínio na viabilidade por um século ou talvez período maior (ROBERTS & ELLIS, 1977). No entanto, a armazenagem de sementes ortodoxas com alto teor de umidade foi mostrada em experimentos com sementes de alface hidratadas

armazenadas a 30°C no escuro. Nestas condições, as sementes permanecem viáveis e dormentes por dois a três anos. No entanto, ao serem transferidas para temperatura baixa, ou expostas à luz, germinam (VILLIERS, 1974, 1975; VILLIERS & EDGCUMBE, 1975).

Entretanto, há um outro grupo de sementes que normalmente não secam na planta de origem, sendo dispersas numa certa condição de umidade e morrem se o conteúdo de umidade for reduzido abaixo de um valor crítico relativamente alto. Estas sementes que necessitam de um teor de umidade relativamente alto para manter viabilidade são denominadas recalcitrantes (ROBERTS, 1973a) ou não ortodoxas (BEWLEY & BLACK, 1985).

Mesmo que sementes recalcitrantes sejam mantidas numa condição de umidade elevada, sua longevidade é relativamente curta e varia de poucas semanas a poucos meses, dependendo da espécie. Sementes recalcitrantes são produzidas por algumas espécies aquáticas, muitas espécies de sementes grandes e provavelmente muitas frutas tropicais cultivadas (ROBERTS, 1975).

Dentre as espécies tropicais perenes, destacam-se muitas recalcitrantes economicamente importantes: cacau (Teobroma cacao L.), seringueira [Hevea braziliensis (Wild. ex Adr. Juss.) Muell. Arg.], abacate (Persea americana Miller), manga (Mangifera indica L.), rambutan (Nephelium lappaceum L.), café (Coffea arabica L.), coco (Cocos nucifera L.) etc (KING & ROBERTS, 1980a).

Métodos convencionais de armazenagem a seco são inadequados para manutenção de sementes recalcitrantes, e em certos

casos, armazenagem a baixa temperatura pode também ser prejudicial para a sobrevivência em particular de sementes de espécies tropicais (BEWLEY & BLACK, 1982). Injúrias de congelamento com formação de cristais de gelo ocorrem se sementes recalcitrantes forem armazenadas em temperaturas abaixo de  $0^{\circ}\text{C}$ . Neste aspecto, elas não diferem de sementes ortodoxas que são danificadas em temperaturas abaixo de  $0^{\circ}\text{C}$  quando apresentam umidade suficiente (ROBERTS, 1972a; KING & ROBERTS, 1980b). O teor de umidade onde ocorrem danos varia com a temperatura (ROBERTS, 1981).

Uma vez que sementes recalcitrantes têm que manter teor de umidade relativamente alto, usualmente acima de 20% (KING & ROBERTS, 1980a), para não sofrerem danos, não seria possível armazenagem destas sementes em temperaturas abaixo de  $0^{\circ}\text{C}$  a não ser se forem tratadas de maneira especial. Uma possibilidade seria o uso de protetores químicos a frio que reduziriam efeitos danosos produzidos pela concentração de solutos e formação de gelo (KING & ROBERTS, 1980b). No entanto, sementes recalcitrantes de algumas espécies tropicais sofrem injúrias de resfriamento quando são submetidas a temperaturas acima de  $0^{\circ}\text{C}$  (KING & ROBERTS, 1980a). Isto acontece, por exemplo, para cacau, manga, rambutan armazenadas em temperaturas de 10 a  $15^{\circ}\text{C}$  (ROBERTS & KING, 1980).

A secagem de sementes recalcitrantes resulta num declínio da viabilidade (ROBERTS, 1973a). A variação na suscetibilidade em relação à injúria de dessecação pode existir não somente entre espécies mas ocasionalmente pode ocorrer entre diferentes lotes de sementes da mesma cultivar (KING & ROBERTS, 1980a). Foi

sugerido que em sementes secas, danos sub-celulares ocorrem a uma taxa que é dependente da temperatura e conteúdo de umidade. Nesta condição de semente seca, o metabolismo não ocorre e assim os danos sub-celulares se acumulam até que as células se desorganizem, com perda de viabilidade das sementes. Se as sementes estiverem hidratadas, danos ocorrem mas não se acumulam, devido à presença de mecanismos de reparação ou reposição (VILLIERS, 1974, 1975).

Uma relação foi observada entre porcentagem de viabilidade e danos em cromossomos em sementes vivas. À medida que cai a viabilidade da semente, há um aumento correspondente na frequência de aberrações cromossômicas em sementes vivas (ROBERTS, 1973b). Danos em cromossomos e ribossomos são sintomáticos de degradação geral de ácidos nucleicos e danos em outras organelas são sintomas de degradação de membranas lipo-proteicas (ROBERTS, 1973c).

Armazenagem de sementes recalcitrantes por período longo somente é possível quando métodos são planejados para bloquear germinação ou crescimento, sem levar à desidratação excessiva ou riscos de injúria a resfriamento. Uma tentativa envolveria o uso de soluções de pressão osmótica desejada e outra consistiria em usar agentes de proteção ao frio para capacitar as sementes ou plântulas a resistir a temperaturas de armazenagem mais baixas (CORBINEAU & CÔME, 1988).

Sementes de cacau (Theobroma cacao) embebidas em polietilenoglicol mostraram 100% de germinação ao final de 25 semanas. Também foi verificado que há um nível crítico de dessecação de 17

a 20% onde ocorre redução na viabilidade (MUMFORD & BRETT, 1982).

Sementes de Telfairia occidentalis perdem viabilidade após secagem em ar por uma semana a 28-31°C e 70-80% de umidade relativa. O teor de umidade crítico abaixo do qual as sementes não se recuperam da desidratação está entre 40-60% (AKORODA, 1986).

Sementes de Araucaria cunninghamii podem secar até 7% de teor de umidade sem perder viabilidade, sendo classificadas como "ortodoxas", ao passo que sementes de A. hunsteinii mostram perda de viabilidade a partir de conteúdo de umidade relativamente alto (32%) e ausência de germinação com 14% de teor de umidade aproximadamente, sendo consideradas como "recalcitrantes" (TOMPSETT, 1982). Evidências indicam que em sementes de A. hunsteinii, suprimento de oxigênio é essencial, e o efeito de gases na longevidade de sementes hidratadas pode ser mediado por uma influência na taxa de respiração aeróbica (TOMPSETT, 1983).

Segundo ROBERTS & KING (1980) o tamanho das sementes pode ter importante significado ecológico e evolutivo: em geral, sementes recalcitrantes são grandes (por exemplo, coco, manga, abacate), enquanto sementes ortodoxas incluem uma ampla variação de tamanhos.

Sementes recalcitrantes são produzidas por dois tipos de plantas: aquelas que crescem em ambientes aquáticos, normalmente não secam, e por plantas perenes que adotam uma estratégia reprodutiva na qual elas produzem sementes a intervalos regulares que caem em ambientes relativamente úmidos, e nos quais a persis-

tência das espécies no tempo depende mais do hábito de crescimento perene da planta madura do que do estágio de repouso da unidade de dispersão. As sementes recalcitrantes que têm um período de viabilidade mais curto são restritas a áreas tropicais úmidas onde o ambiente suscetível ao crescimento da plântula é mais ou menos contínuo no decorrer do ano. Neste caso, as sementes apresentam pouca ou nenhuma dormência (ROBERTS & KING, 1980).

Como as espécies recalcitrantes, economicamente importantes, são perenes, frequentemente com uma considerável fase juvenil de desenvolvimento vegetativo, o período mínimo necessário de tempo de armazenagem da semente para conservação genética seria pelo menos de alguns anos. Com base neste critério, armazenagem satisfatória de sementes recalcitrantes não tem sido obtida. Isto porque, para que um método de armazenagem tenha algum valor de conservação genética, é necessário ser capaz de manter viabilidade por um período maior do que o período desde a semeadura até a produção de sementes, isto é, maior do que o intervalo mínimo de regeneração sexual da planta (ROBERTS & KING, 1980).

Um conjunto de fatores pode contribuir para a curta longevidade no armazenamento de sementes recalcitrantes: injúrias de dessecação, danos de resfriamento e problemas associados com a armazenagem de sementes com alto teor de umidade tais como contaminação microbiana e germinação durante armazenagem (KING & ROBERTS, 1980a). Entretanto, é também possível que alterações citológicas, genéticas e metabólicas (ROBERTS, 1972b, 1973b), e danos de macromoléculas (VILLIERS, 1973) associados com o declínio na

viabilidade de sementes ortodoxas armazenadas possam afetar a sobrevivência das sementes recalcitrantes (KING & ROBERTS, 1980a).

Como pode ser visto pelo exposto acima, os fatores que afetam a germinação e a viabilidade de uma semente são vários e ainda hoje não está muito claro como estes fatores atuam. Com este trabalho pretende-se fornecer dados sobre a germinação, manutenção da viabilidade das sementes de H. speciosa, e procurar entender os mecanismos de adaptação dessa espécie em condições naturais dos cerrados.

## MATERIAL E MÉTODOS

### 1. MATERIAL

Sementes provenientes de frutos de Hancornia speciosa Gom. coletados nos cerrados dos municípios de Itirapina (SP), Mogi-Guaçu (SP) e Três Lagoas (MS).

### 2. MÉTODOS

#### 2.1. Preparação e armazenamento de sementes

Para remoção da polpa aderente à semente foi utilizada solução de hipoclorito de sódio 50% ou serragem. Posteriormente, as sementes foram lavadas, espalhadas em papel de filtro para secagem rápida, estocadas em sacos plásticos e sacos de papel por cerca de 3 meses a 7°C e em condições ambientais de laboratório.

#### 2.2. Pesos de matérias fresca e seca das sementes

Sementes foram pesadas individualmente em uma balança analítica com sensibilidade de 1 mg para obtenção de peso de matéria fresca sendo, em seguida, colocadas para secar em uma estufa FANEM a 80°C por 24 horas. Após este período, os lotes de sementes foram pesados novamente para obtenção de peso de matéria

seca.

### 2.3. Teor de Umidade (TU)

Sementes foram pesadas, colocadas em placas de Petri com 9 cm de diâmetro, abertas, em câmara com circulação de ar a 30°C e, em laboratório com 50% de umidade relativa do ar, medida com psicrômetro de Assman. A umidade relativa do ar foi determinada por tabelas psicrométricas (SERRA & SEREBRENICK, 1938). Novas pesagens foram feitas periodicamente e as porcentagens dos teores de umidade das sementes foram calculadas através da fórmula:

$$\% \text{ de Teor de Umidade (TU)} = \frac{\text{MF} - \text{MS}}{\text{MF}} \times 100$$

MF = peso de matéria fresca

MS = peso de matéria seca

### 2.4. Curva de embebição

Sementes com hilo para cima e para baixo, assim como sementes com hilo para cima vedado com lanolina, foram pesadas, colocadas em placas de Petri de 9 cm de diâmetro contendo água (15 ml) de tal forma a manter a superfície superior da semente livre. Após diferentes períodos (de 1 hora inicialmente e poste-

riormente a cada 24 horas até completar 5 dias), as sementes foram retiradas cuidadosamente, secadas rapidamente em papel absorvente, pesadas e retornadas à placa com o nível de água completado. A embebição foi medida através da determinação do aumento de peso pela fórmula:

$$\% \text{ de Embebição (E)} = \frac{\text{Peso Final} - \text{Peso Inicial}}{\text{Peso Inicial}} \times 100$$

## 2.5. Germinação de sementes

No geral, 3 repetições de 10 sementes foram colocadas em placas de Petri, de 9 cm de diâmetro sobre duas folhas de papel de filtro umedecidas com água destilada (5 ml), mantidas em câmara de germinação FANEM a 25°C com iluminação contínua (320 uW.cm<sup>-2</sup>). O critério utilizado para se considerar uma semente germinada foi a protrusão da radícula (Figura 1.C).

O efeito de temperaturas constantes na germinação foi estudado na faixa de 15 a 40°C com iluminação contínua e escuro. Neste caso, as placas de Petri foram envoltas por saco plástico preto e a contagem diária das sementes germinadas foi realizada sob luz verde de segurança.

Os testes de temperaturas alternadas na germinação foram feitos em câmara de crescimento "Forma Scientific". As temperaturas alternadas foram 25 - 5, 25 - 10, 25 - 20, 25 - 25 e 25 - 30°C, sendo 12 horas cada num ciclo de 24 horas.

### 2.5.1. Disponibilidade de oxigênio para as sementes

Sementes com hilos para cima (Figura 1.B) e para baixo (Figura 1.A), foram colocadas para germinar em placas de Petri com papel de filtro e imersas em água (30 ml). Também sementes com hilo para cima com e sem lanolina no hilo foram colocadas para germinar em placas de Petri com papel de filtro umedecido.

### 2.5.2. Ação de pré-hidratação da semente

Sementes, após o período de embebição de 120 horas em laboratório, foram recolocadas em placas de Petri com papel de filtro umedecido, mantidas em câmara de germinação a 30°C com iluminação contínua. Além disso, sementes também foram colocadas em câmara úmida durante 120 horas. A cada 24 horas foi feita a retirada de sementes que foram recolocadas em placas de Petri para germinar.

### 2.5.3. Variação dos teores de umidade das sementes

Sementes com diferentes teores de umidade na faixa de 5-45%, provenientes de câmara com circulação de ar e de laboratório com 50% de umidade relativa, ficaram ou não imersas em água deionizada por 1 hora e após foram colocadas em placas de Petri para germinar.

## 2.6. Efluxo de eletrólitos e solutos orgânicos

Sementes e embriões isolados com diferentes teores de umidade foram colocados em béquer de 100 ml contendo 60 ml de água deionizada, sendo medido o efluxo de eletrólitos por diferentes períodos (SIMON & RAJA HARUN, 1972), em condutivímetro modelo C-701, marca ANALION e o efluxo de solutos orgânicos (POLLOK, 1969) em espectrofotômetro VARIAN a 264 nm.

## 2.7. Crescimento de plântulas

O crescimento das plântulas em diferentes períodos foi avaliado utilizando-se como parâmetros de crescimento pesos de matérias fresca e seca (item 2.2).

## 2.8. Extrações e dosagens

### 2.8.1. Carboidratos solúveis totais

A extração de carboidratos solúveis totais foi feita em metanol:clorofórmio:água (M.C.W.) na proporção de 12:5:3 (v/v), conforme BIELESKI & TURNER (1966), sendo utilizados em geral 10ml de solvente por grama de matéria fresca. As amostras foram trituradas em graal ou homogeneizadas em Virtis e Polytron PT 35, e a seguir foram centrifugadas em Centrífuga 215 FANEM por 5 minutos a 2500 rpm (129,5 g). O precipitado obtido foi utilizado para

posterior extração de proteínas e do sobrenadante foi retirada uma alíquota de 4 ml, à qual foram acrescentados 1,5 ml de água destilada e 1,0 ml de clorofórmio absoluto. Após centrifugação por 5 minutos a 2500 rpm para separação das fases, foi retirada a fase aquosa para dosagem de carboidratos solúveis totais e a fase orgânica foi descartada.

Para a quantificação de carboidratos solúveis totais utilizou-se o método da antrona (UMBREIT & BURRIS, 1964). Foram utilizadas soluções do padrão de dextrose na faixa de 0 a 100  $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ . O volume da amostra a ser dosada foi de 1 ml ao qual foram adicionados 2 ml de solução de antrona 0,2% em ácido sulfúrico 95%. A mistura foi rapidamente agitada e aquecida em banho-maria a 100°C por 3 minutos. Posteriormente, foi feita a leitura de absorbância em espectrofotômetro MICRONAL a 620 nm.

O esquema de extração e dosagem é mostrado na página 33.

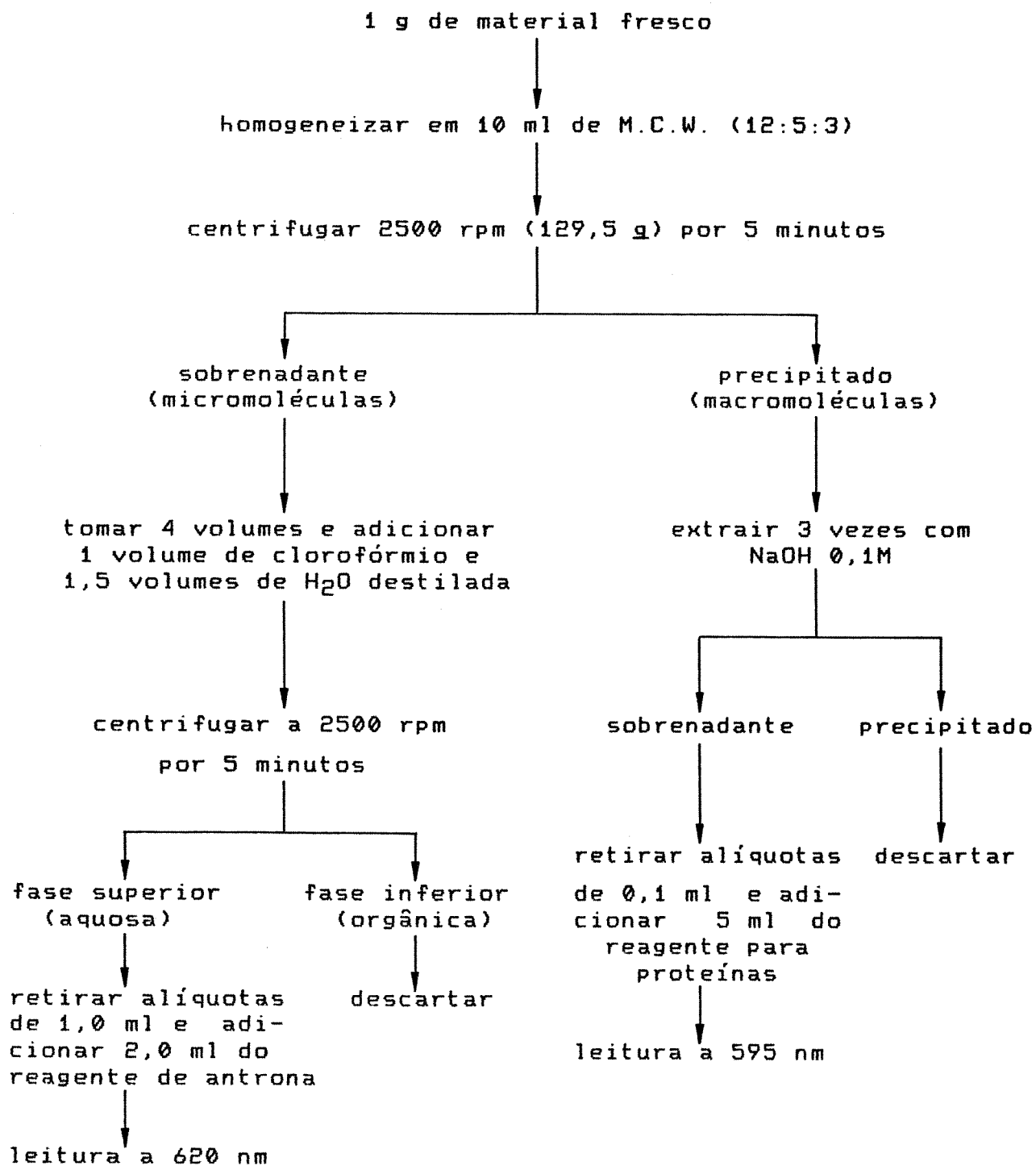
### 2.8.2. Proteínas solúveis

Para a extração de proteínas solúveis foi utilizado o precipitado citado anteriormente (item 2.8.1), o qual foi ressuspendido 3 vezes com NaOH 0,1M. Após centrifugação por 5 minutos a 2500 rpm, os sobrenadantes foram utilizados para dosagem de proteínas solúveis pelo método do "Dye Binding" (BRADFORD, 1976). Para a solução padrão utilizou-se albumina de soro bovino (B.S.A.) em concentrações na faixa de 0 a 100  $\mu\text{g}$ .

ml<sup>-1</sup>. As concentrações de B.S.A. foram obtidas diluindo-se a solução estoque com NaOH 0,1M. O volume das amostras dosadas foi de 0,1 ml ao qual eram adicionados 5 ml de solução de "Coomassie Brilliant Blue". Após agitação da mistura efetuou-se a leitura de absorbância das amostras a 595 nm em espectrofotômetro MICRONAL. A solução de "Coomassie Brilliant Blue" foi preparada adicionando-se 100 mg de corante "Coomassie Brilliant Blue G-250" a 50 ml de etanol 95% e 100 ml de ácido orto-fosfórico 85%, sendo o volume final completado para 1000 ml com água destilada.

O esquema da extração e dosagem é mostrado na página 33.

Diagrama esquemático da extração utilizada para carboidratos solúveis totais e proteínas solúveis:



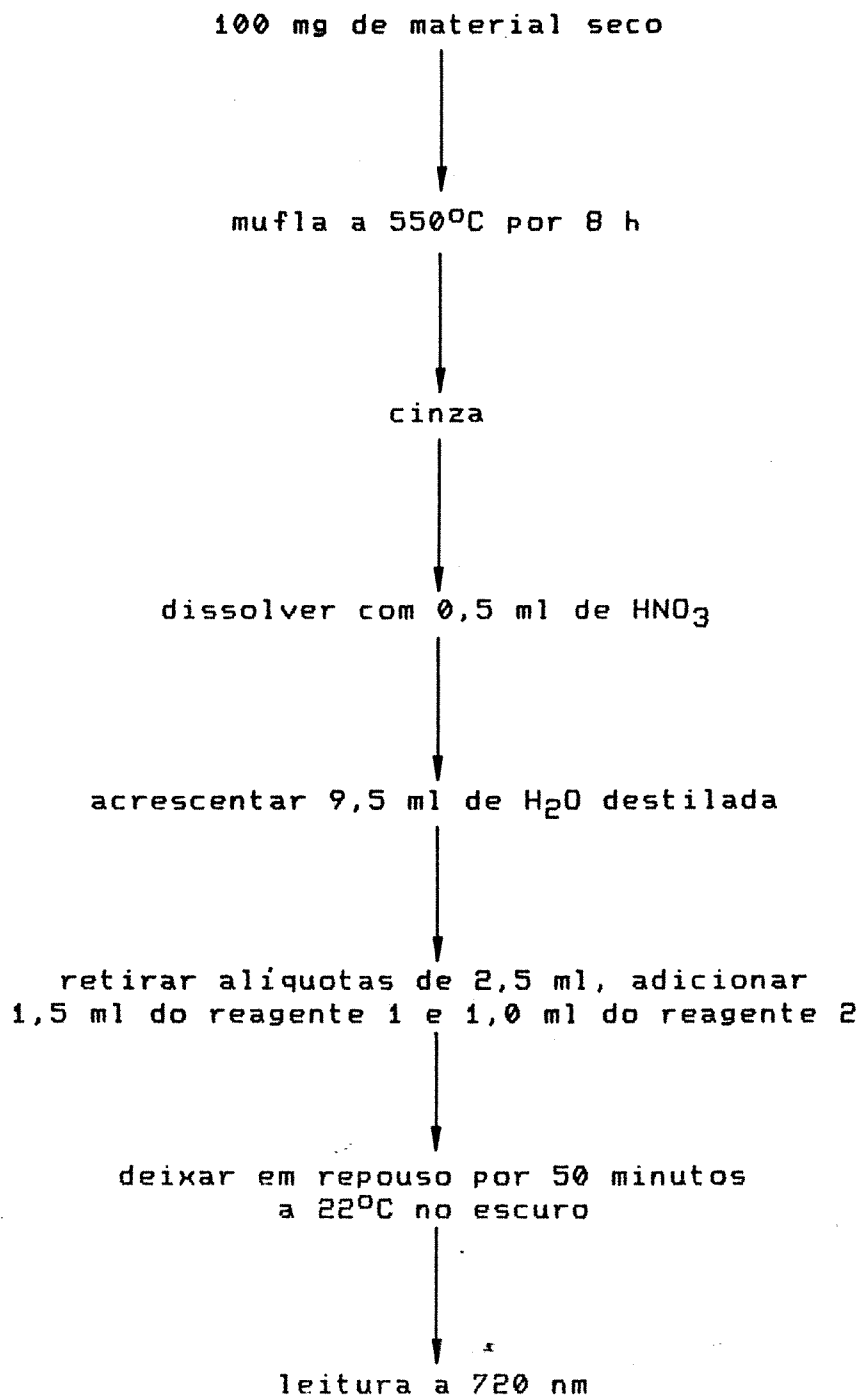
### 2.8.3. Fósforo total

A extração do fósforo total foi feita segundo GROENEVELD et al. (1987). As amostras foram colocadas em mufla a 550°C por 8 horas. As cinzas foram dissolvidas em 0,5 ml de ácido nítrico concentrado e diluídas com água destilada (9,5 ml).

O fósforo total foi determinado colorimetricamente segundo BERTRAM & VAN HERK (1955) apud LINDEMAN (1958). Para a solução padrão utilizou-se fosfato de potássio ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) em concentrações na faixa de 0 a 20  $\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$  através de diluições com água destilada. O volume das amostras dosadas foi de 2,5 ml ao qual foram adicionados 1,5 ml do reagente 1, e 1,0 ml do reagente 2. A mistura foi agitada permanecendo em repouso durante 50 minutos a 22°C no escuro com aparecimento de coloração azul. Posteriormente, foi feita a leitura de absorbância em espectrofotômetro MICRONAL a 720 nm. O reagente 1 foi preparado dissolvendo-se 441 mg de molibdato de amônio em 100 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1,6N. Para a preparação do reagente 2 utilizaram-se 50 mg de cloreto estanhoso ( $\text{SnCl}_2$ ) e 200 mg de sulfato de hidrazina que foram dissolvidos simultaneamente em 100 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,6 N com posterior filtração.

O esquema de extração e dosagem é mostrado na página 35.

Diagrama esquemático para extração de fósforo total:



## 2.9. Análise estatística

Quando necessário, os dados foram analisados estatisticamente através de análise de variância. Para isto, os dados de germinação, em porcentagem, foram convertidos em valores angulares ( $\text{ângulo} = \arcsen \sqrt{p}$ , onde "p" corresponde à proporção de sementes germinadas), determinando-se a diferença mínima significativa (DMS) pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade (SNEDECOR & COCHRAN, 1967). Nos gráficos, letras diferentes entre os tratamentos mostram diferenças significativas.

## RESULTADOS

### 1. Morfologia e desenvolvimento inicial da semente

A morfologia e os estádios de desenvolvimento iniciais da plântula, a partir da germinação da semente, podem ser vistos através da figura 1 (A-I).

### 2. Efeito de luz-escuro e temperaturas constantes

As sementes de H. speciosa são indiferentes à luz nas temperaturas de 15 a 35°C (figuras 2 e 3). A faixa ótima de germinação observada ocorre entre 20 e 30°C. A 35°C, a germinação foi mais baixa; a 40°C não ocorreu germinação, sendo esta temperatura de efeito letal (ao final do experimento, as sementes se encontravam em elevado estado de putrefação). A 15°C a germinação iniciou-se por volta do 15º dia, atingindo cerca de 90% somente com 27 dias após o início do tratamento. Em compensação, na faixa de 20-35°C, o início do processo ocorreu a partir do 5º dia e alcançou máximo de germinação no 12º dia.

Os resultados das figuras 2 e 3, mostram que existem diferenças significativas da germinação em função de temperaturas constantes.

Figura 1. Morfologia da semente e desenvolvimento inicial da plântula de H. speciosa.

- A - Semente com hilo para baixo - 0 dia
- B - Semente com hilo para cima - 0 dia
- C - Início da germinação - protrusão da radícula - 6 dias
- D - Aparecimento do hipocótilo - 8 dias
- E - Início de formação de raízes secundárias - 10 dias
- F - Espessamento do hipocótilo - 15 dias
- G - Maior espessamento do hipocótilo e maior desenvolvimento de raízes - 20 dias
- H - Aparecimento da plúmula e dos cotilédones - 30 dias
- I - Plântula com 45 dias

1 cm

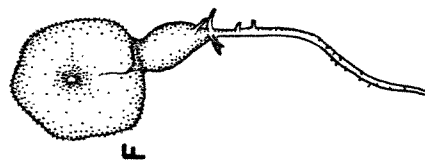
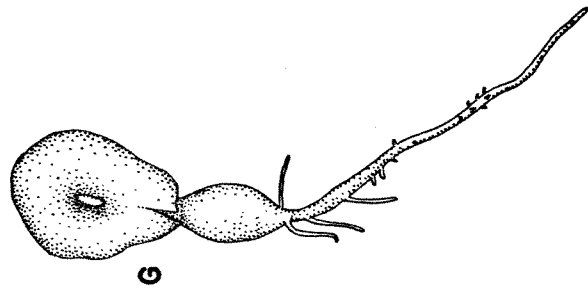
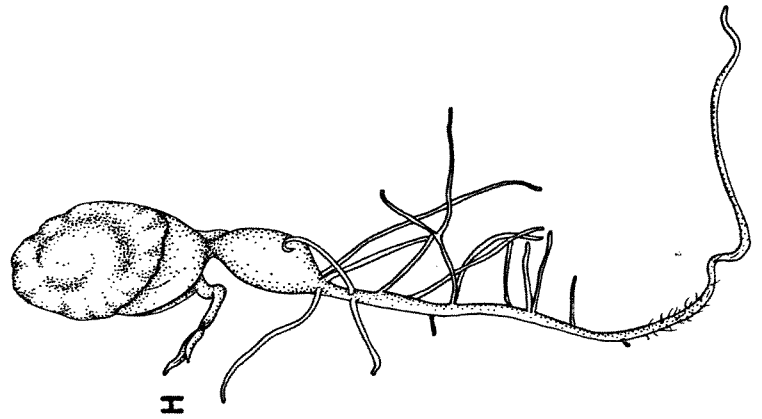
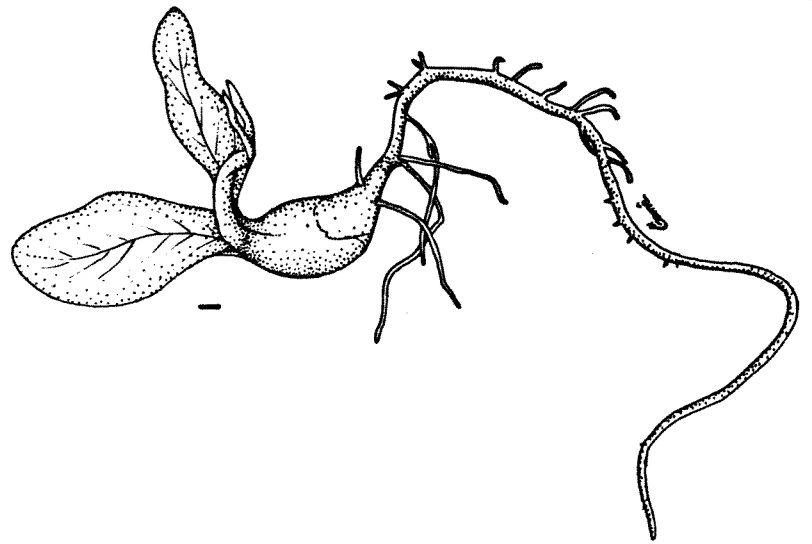
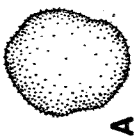
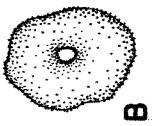
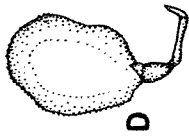
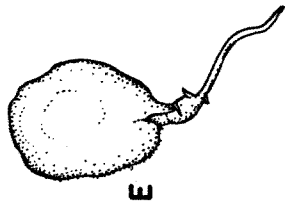


Figura 2. Germinação de sementes de H. speciosa sob luz contínua e temperaturas constantes (5 repetições de 10 sementes).

Δ - 15°C

◇ - 20°C

○ - 25°C

□ - 30°C

▲ - 35°C

▽ - 40°C

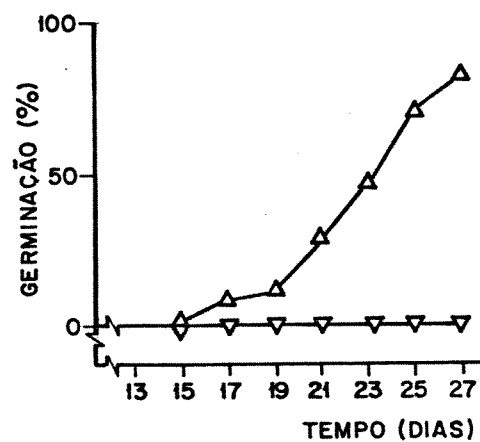
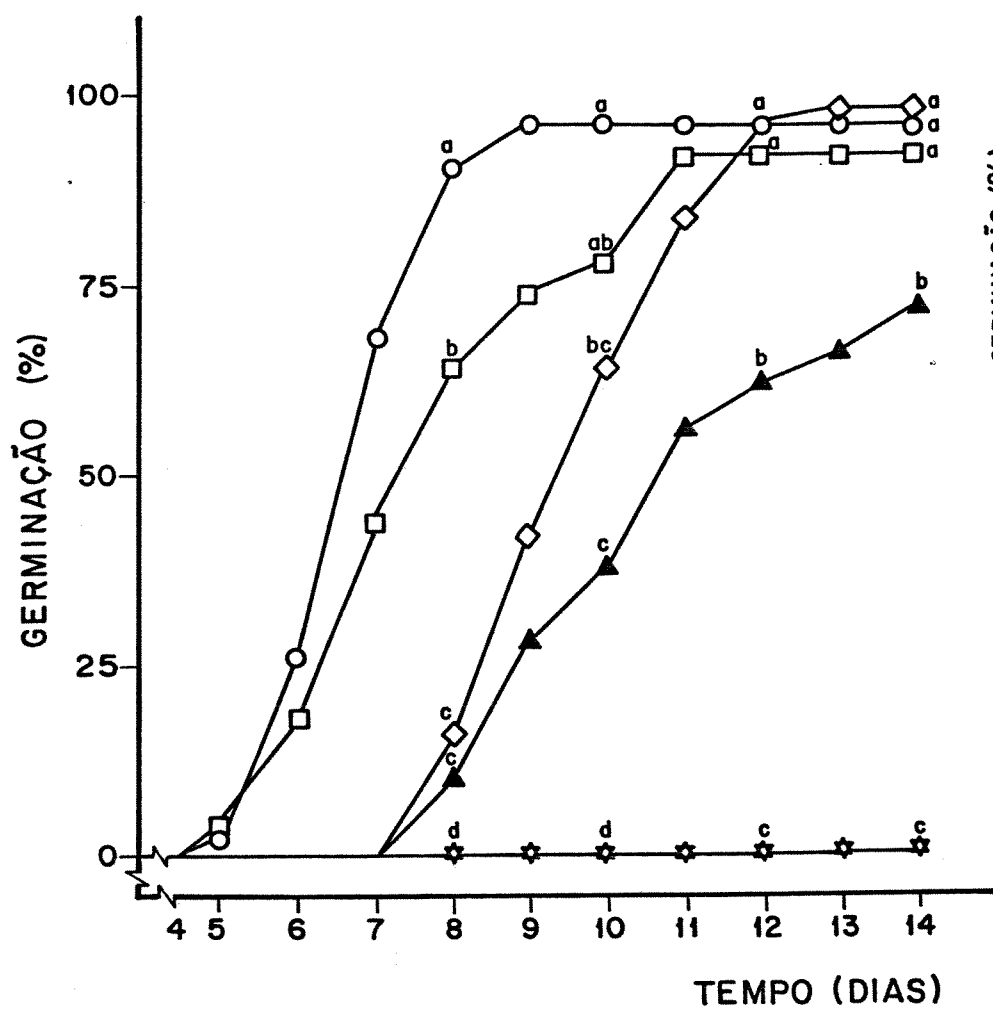


Figura 3. Germinação de sementes de H. speciosa sob escuro e temperaturas constantes (5 repetições de 10 sementes).

Δ - 15°C

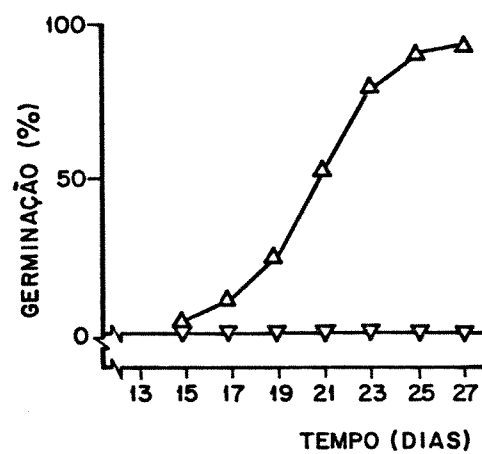
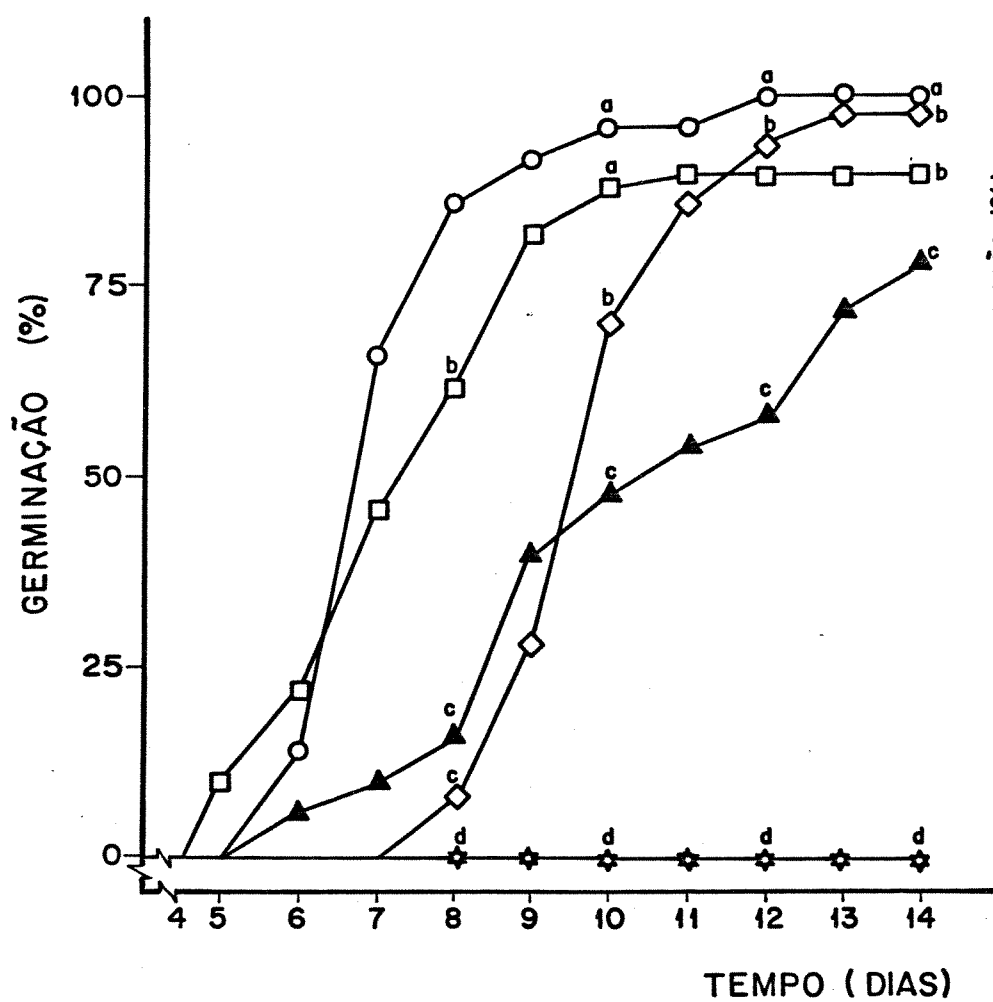
◇ - 20°C

○ - 25°C

□ - 30°C

▲ - 35°C

▽ - 40°C



### 3. Efeito de temperaturas alternadas

Em temperaturas alternadas, a germinação foi alta e semelhante nos pares 25-20 e 25-30°C; e nestes, semelhantes às temperaturas constantes de 20, 25 e 30°C (figura 4). A germinação foi mais baixa nos pares 25-5 e 25-10°C. As alternâncias 25-20 e 25-30°C foram tão efetivas como a faixa ótima de temperaturas constantes de 20 a 30°C (figuras 2 e 3).

A análise estatística realizada mostrou diferenças significativas ao nível de 5%.

### 4. Disponibilidade de O<sub>2</sub> para as sementes

Para determinar o efeito do oxigênio na germinação de sementes em excesso de água, sementes com hilo para cima e para baixo, foram colocadas em placas de Petri com 30 ml de água. Sementes com hilo para baixo apresentaram porcentagem de germinação maior (94%) em comparação àquelas com hilo para cima. No entanto, a análise estatística realizada mostrou que esta diferença não é significativa ao nível de 5% (figura 5).

Para elucidar se o hilo é a região por onde ocorre difusão de oxigênio, sementes com o hilo para cima, vedado ou não com lanolina, foram colocadas em placas de Petri com papel de filtro umedecido. Verifica-se pela figura 5, que a aplicação de lanolina no hilo não afetou a germinação. As diferenças entre estes tratamentos no decorrer do experimento não foram significati-

Figura 4. Germinação de sementes de H. speciosa sob temperaturas alternadas e luz contínua.

Δ - 25 - 5°C

◇ - 25 - 10°C

▽ - 25 - 20°C

○ - 25 - 25°C

□ - 25 - 30°C

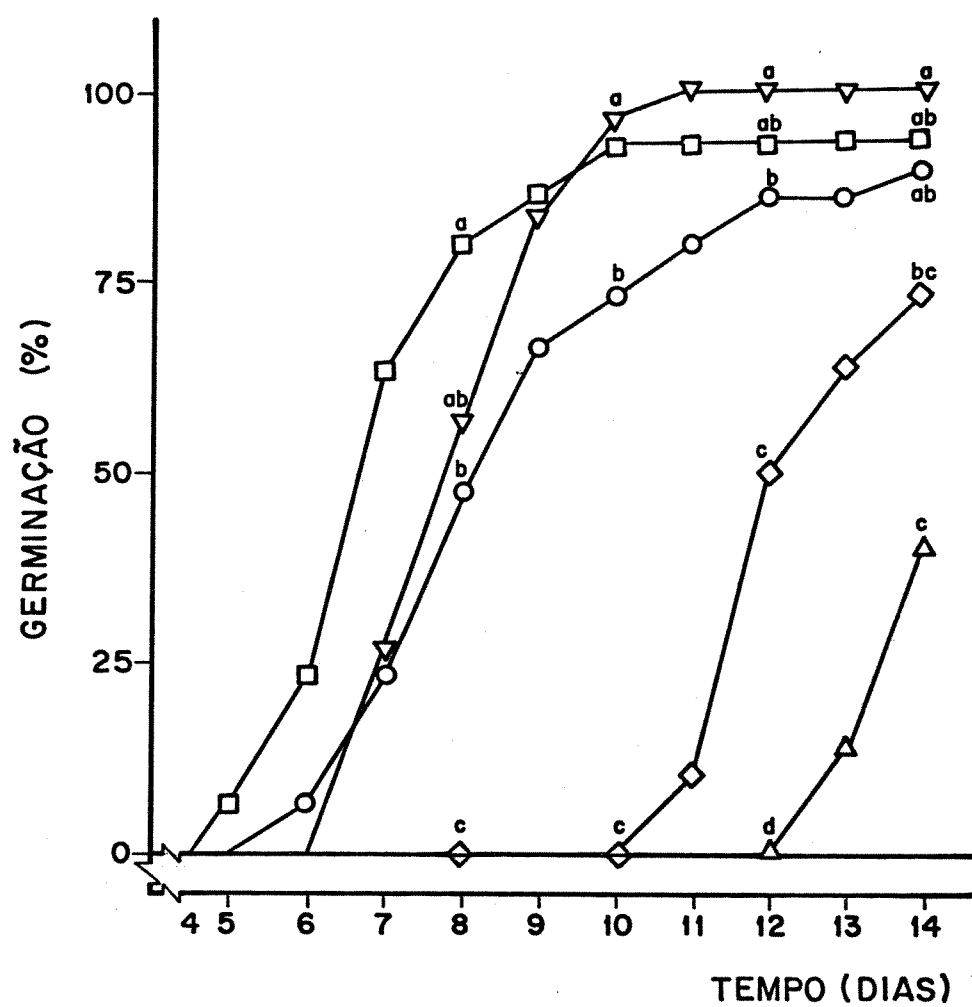
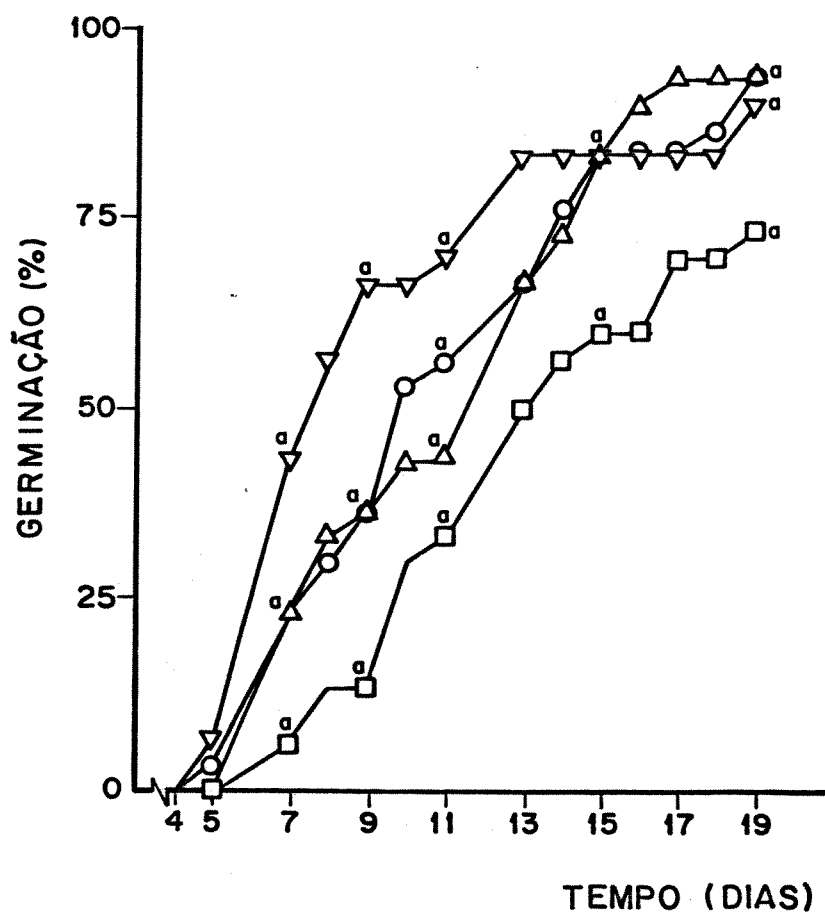


Figura 5. Germinação de sementes de H. speciosa em relação ao teor de oxigênio, excesso de água e posição do hilo.

- - hilo para cima com excesso de água
- - hilo para baixo com excesso de água
- △ - hilo para cima com lanolina
- ▽ - hilo para cima sem lanolina



vas estatisticamente.

Pelos resultados apresentados na figura 5, nota-se que as sementes se mostraram indiferentes ao teor do oxigênio, excesso de água e posição do hilo.

### 5. Efeito do armazenamento na germinação de sementes

Sementes foram armazenadas em sacos plásticos e sacos de papel a 7°C e em condições ambientais de laboratório por cerca de três meses. Sementes foram retiradas semanalmente e colocadas para germinar.

Comparando-se os dados das figuras 6 e 7, pode-se observar uma nítida relação entre teor de umidade e germinação das sementes. Sementes armazenadas em sacos plásticos em geladeira e temperatura ambiente apresentaram elevados teores de umidade e porcentagens de germinação. Em sementes armazenadas em sacos de papel mantidos em geladeira e temperatura ambiente, nota-se uma queda do teor de umidade e ausência de germinação já a partir da primeira semana de armazenamento. Também a perda do teor de umidade na geladeira foi menor nas duas primeiras semanas, acentuando-se a partir da terceira semana de estocagem. Mesmo assim, as sementes já se tornam inviáveis para a germinação na primeira semana. Por outro lado, as sementes armazenadas em saco de papel em temperatura ambiente já apresentam na primeira semana queda brusca do teor de umidade, ausência de germinação, perdem aproximadamente 60% do seu peso de matéria fresca, atingindo 10% de

Figura 6. Efeito do armazenamento na germinação de sementes de  
H. speciosa.

-  - saco plástico - geladeira
-  - saco plástico - ambiente

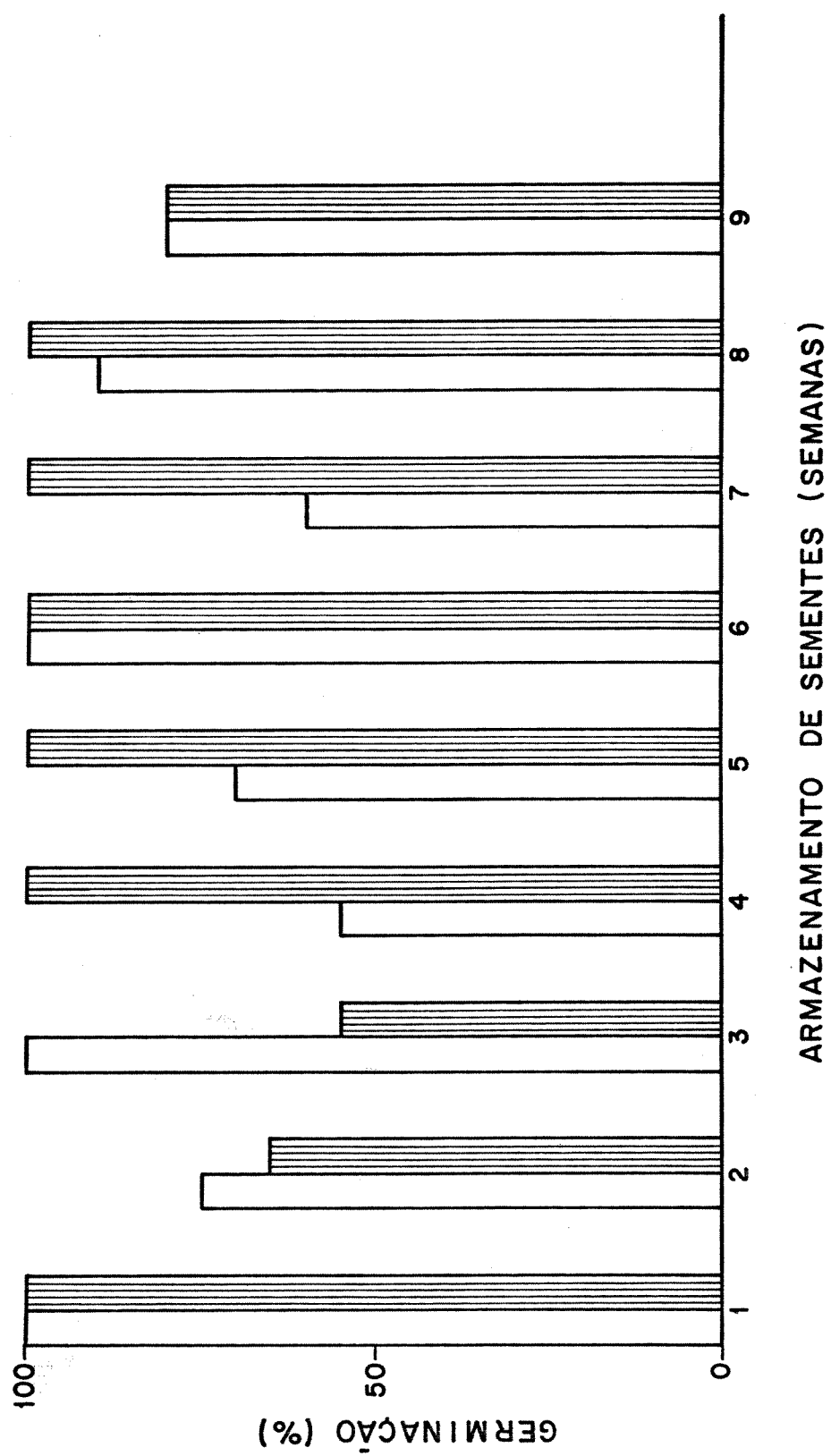
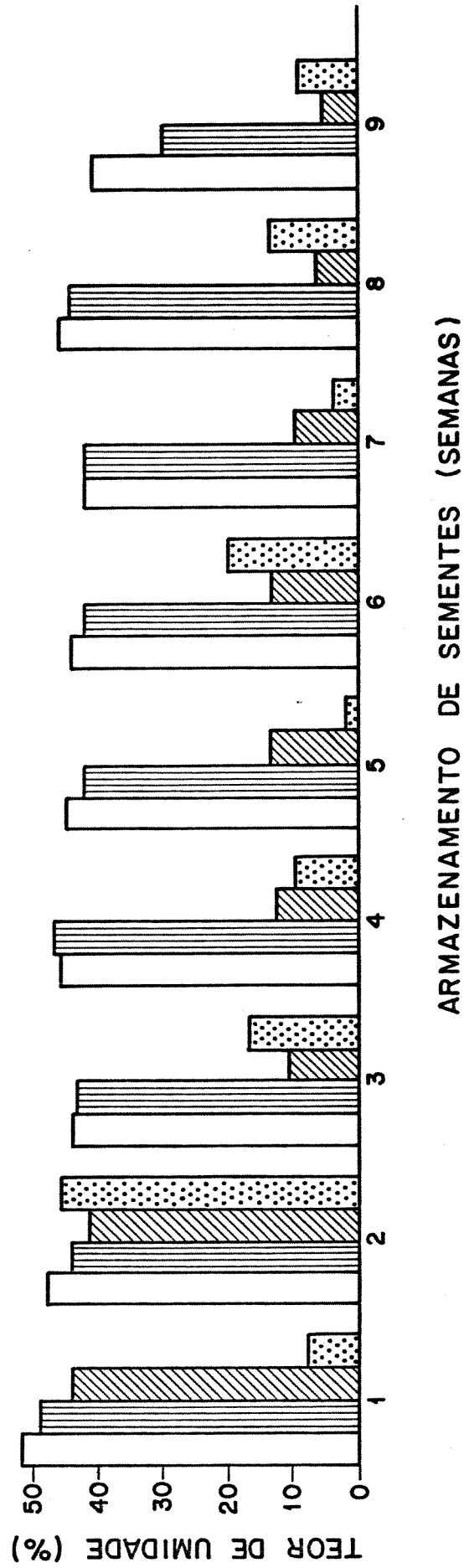


Figura 7. Teor de umidade durante armazenamento de sementes de  
H. speciosa.

-  - saco plástico - geladeira
-  - saco plástico - ambiente
-  - saco de papel - geladeira
-  - saco de papel - ambiente



teor de umidade (tabela 1).

Germinação de sementes armazenadas por 10, 11 e 13 semanas, em saco plástico em geladeira, pode ser vista na figura 8.

#### 6. Teor de umidade, desidratação e germinação

A tabela 2 mostra os valores de peso de matéria fresca, peso de matéria seca e teor de umidade das sementes.

A variação dos teores de umidade (TU) das sementes submetidas a desidratação, em câmara com circulação de ar a 30°C durante 120 horas, pode ser vista na figura 9. Observa-se que as sementes sofrem desidratação com o tempo, atingindo 5,7% de TU no final do experimento.

Sementes com diferentes teores de umidade, provenientes de câmara com circulação de ar a 30°C sem pré-embebição, apresentam variações em relação ao início da germinação (figura 10). Sementes com elevado teor de umidade (45%) iniciam germinação por volta do 7º dia, atingindo um máximo de germinação (94%) com 22 dias. A diminuição do teor de umidade retarda o início da germinação, o qual ocorre no 14º dia para sementes com 35 e 25% de TU, atingindo um máximo de germinação de 76 e 90% respectivamente, com 22 dias. Observa-se que sementes com 15% de TU apresentam apenas 6% de germinação que ocorreu somente no 22º dia, e aquelas com 5% de TU não germinaram. Os resultados da figura 10, mostram

Tabela 1. Peso de matéria fresca (MF), peso de matéria seca (MS) e teor de umidade (TU) das sementes de H. speciosa recém-colhidas (A) e após 1 semana de armazenagem (B).

|   | MF<br>(g/semente) | MS<br>(g/semente) | TU<br>(%) | MF<br>(%) |
|---|-------------------|-------------------|-----------|-----------|
| A | 0,325             | 0,172             | 47        | 100       |
| B | 0,192             | 0,172             | 10        | 59        |

Figura 8. Germinação de sementes de H. speciosa armazenadas por 10, 11 e 13 semanas em saco plástico em geladeira.

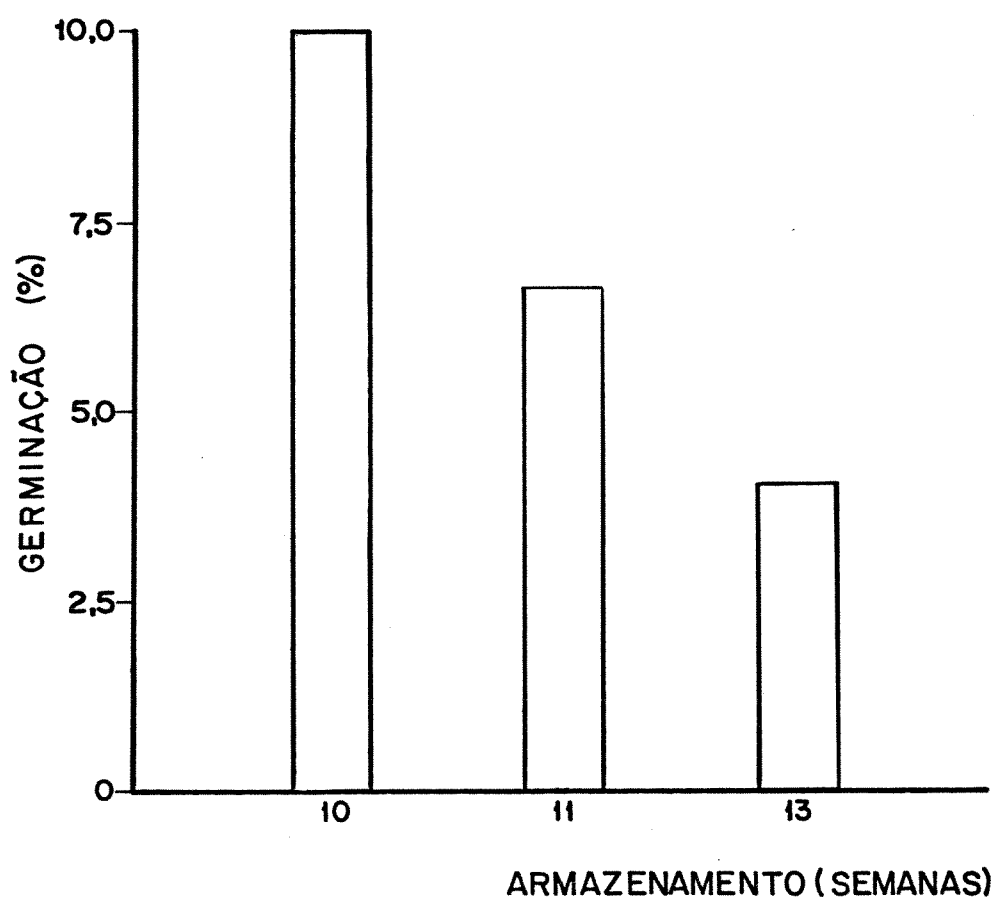


Tabela 2. Peso de matéria fresca (MF), peso de matéria seca (MS) e teor de umidade (TU) das sementes recém-colhidas de H. speciosa.

| MF<br>(g/semente) | MS<br>(g/semente)  | TU<br>(%)        |
|-------------------|--------------------|------------------|
| $0,292 \pm 0,006$ | $0,1571 \pm 0,004$ | $46,19 \pm 0,83$ |

Figura 9. Variação do teor de umidade de sementes de H. speciosa após desidratação em câmara com circulação de ar a 30°C.

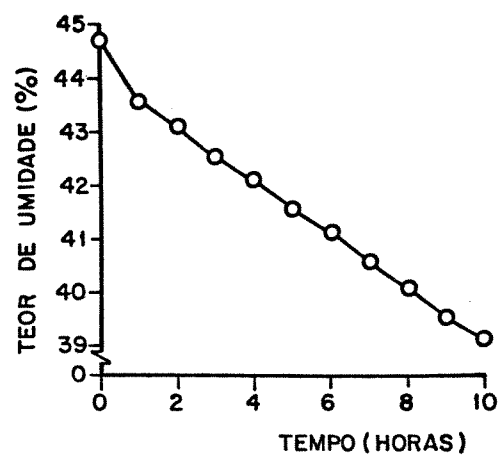
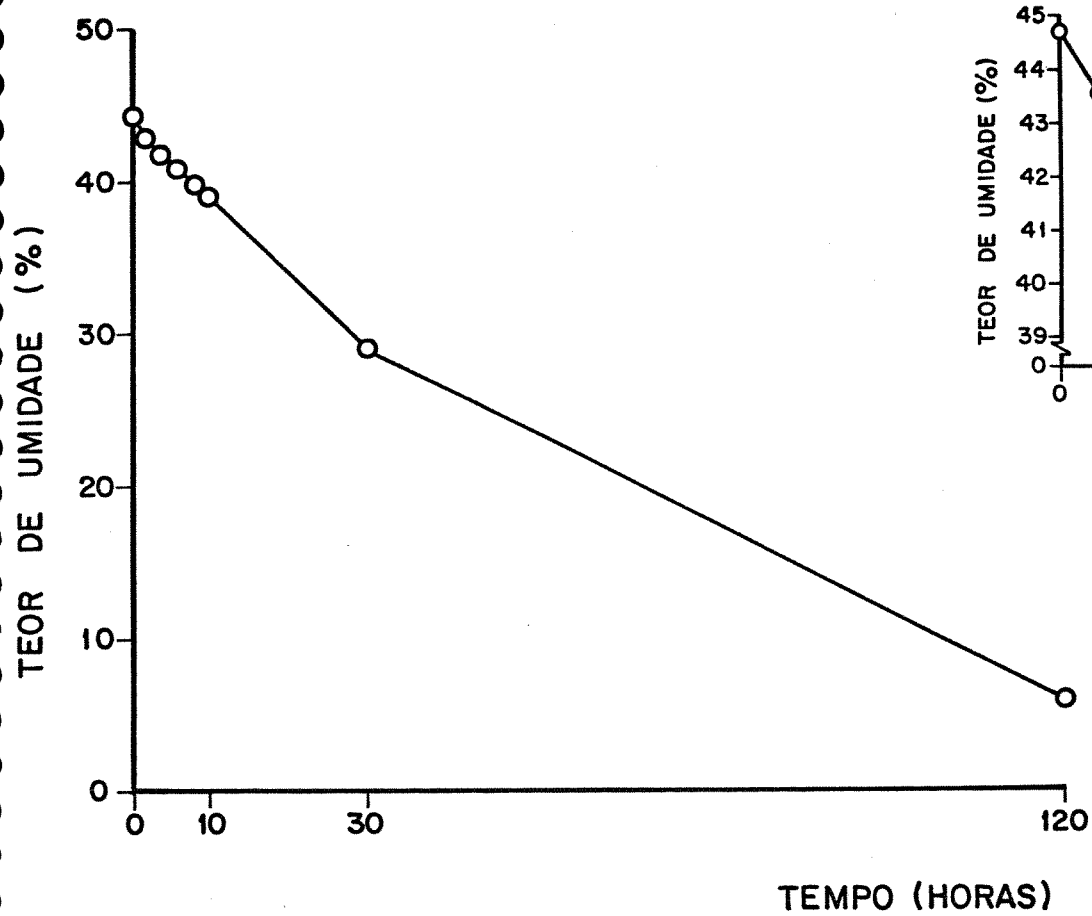


Figura 10. Germinação de sementes de H. speciosa a 30°C, com diferentes teores de umidade (TU) provenientes de câmara com circulação de ar e sem pré-embebição.

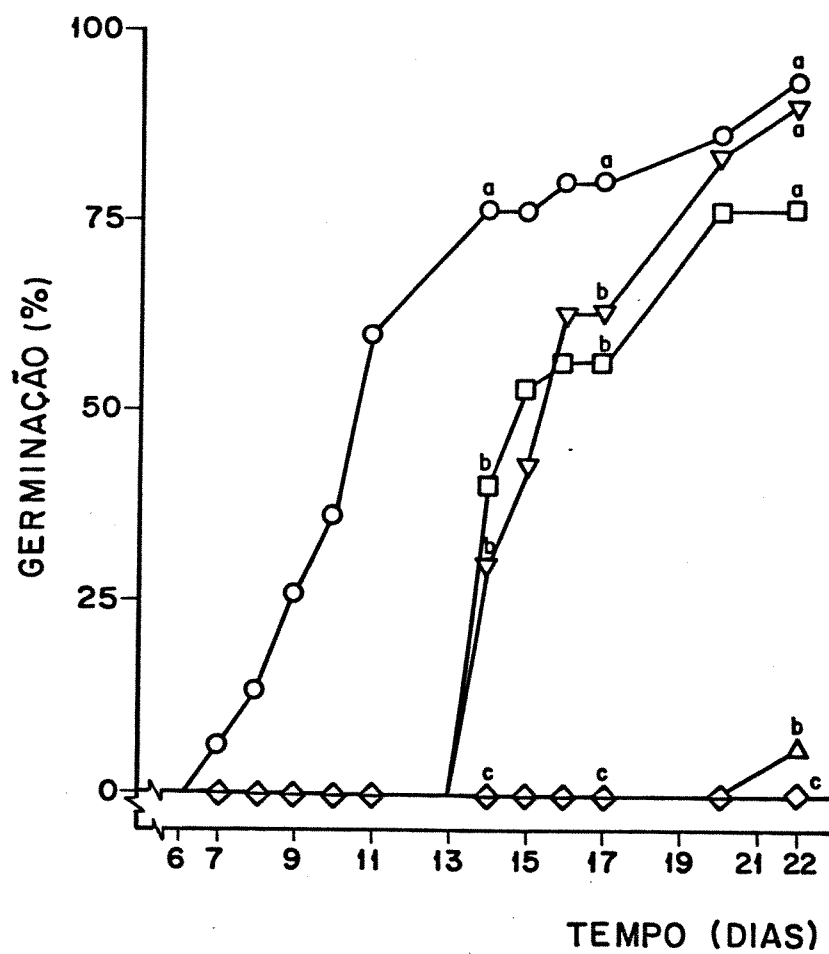
O - 45 % de TU

□ - 35 % de TU

▽ - 25 % de TU

△ - 15 % de TU

◇ - 5 % de TU



que existem diferenças significativas da germinação em função dos teores de umidade das sementes.

Em sementes com diferentes teores de umidade oriundas de ambiente com 50% de umidade relativa, e com pré-embebição de 1 hora, o início de germinação ocorre no 11º para sementes com 40, 30 e 20% de TU, as quais atingem no 16º dia um máximo de germinação de 96, 96 e 56% respectivamente (figura 11), não sendo estas diferenças significativas estatisticamente. Sementes com 10% de TU não germinaram, sendo as diferenças deste tratamento com os demais significativas. Já no 11º dia, as diferenças significativas encontradas foram para sementes com 40 e 30% de TU em relação às sementes com 20 e 10% de TU. Nota-se que a pré-embebição parece antecipar o início e final de germinação quando comparado com sementes sem pré-embebição.

Sementes armazenadas em saco plástico em geladeira por 11 semanas, apresentam teor de umidade elevado (45%) e queda brusca na germinação (6%). Estas sementes submetidas a desidratação, não germinaram com 20% e 10% de TU (figura 12).

## 7. Embebição e germinação

A embebição das sementes é mostrada na figura 13. A embebição foi feita durante as 120 horas do experimento independentemente da posição do hilo (para cima ou para baixo). Não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos.

Figura 11. Germinação de sementes de H. speciosa com diferentes teores de umidade (TU) oriundas de ambiente com 50% de umidade relativa e com pré-embebição de 1 hora.

O - 40 % de TU

□ - 30 % de TU

△ - 20 % de TU

▽ - 10 % de TU

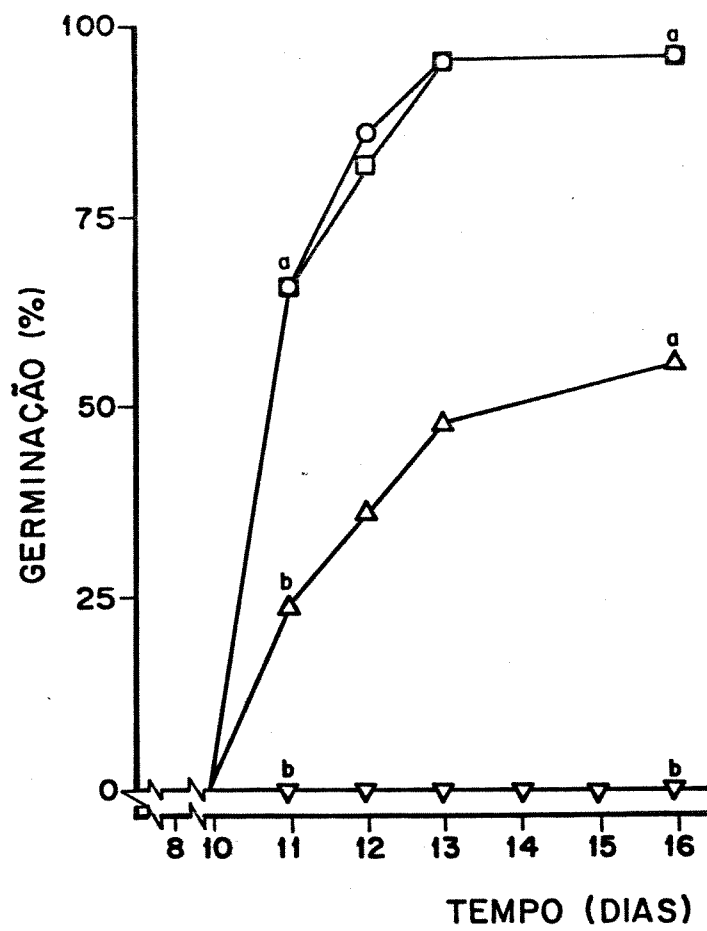


Figura 12. Germinação de sementes de H. speciosa armazenadas por 11 semanas em saco plástico em geladeira, com diferentes teores de umidade provenientes de temperatura ambiente (30°C).

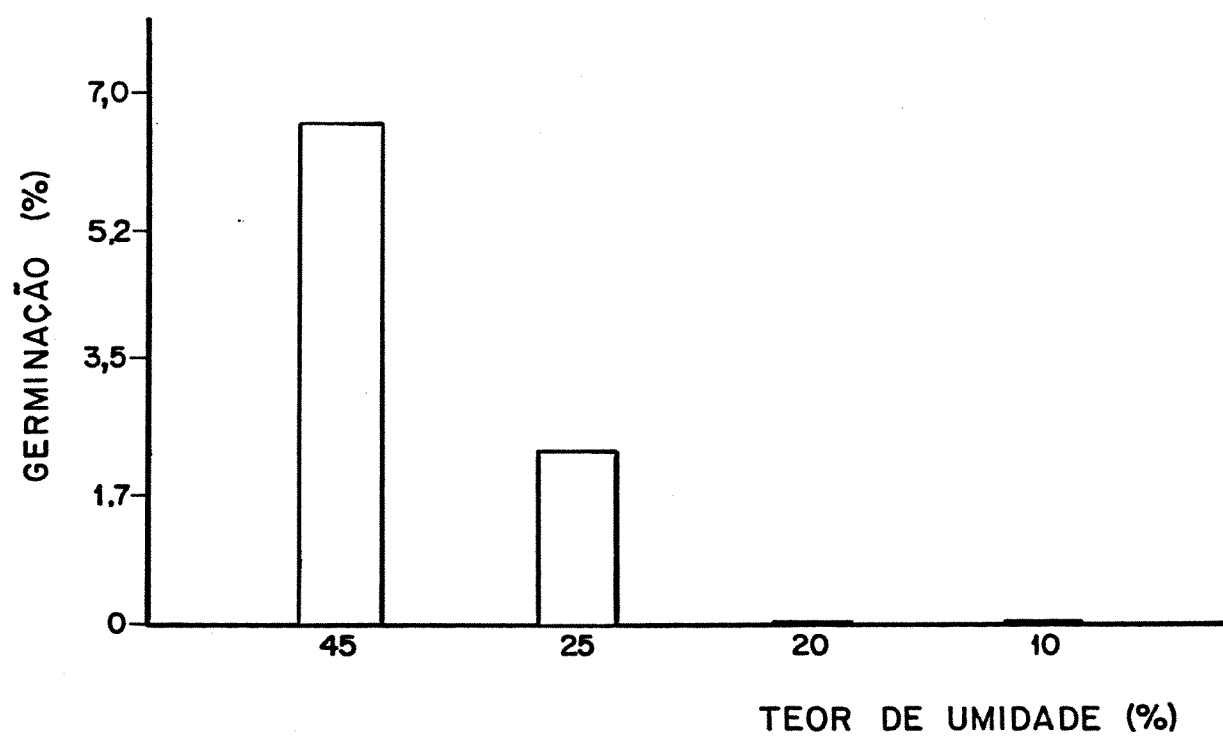
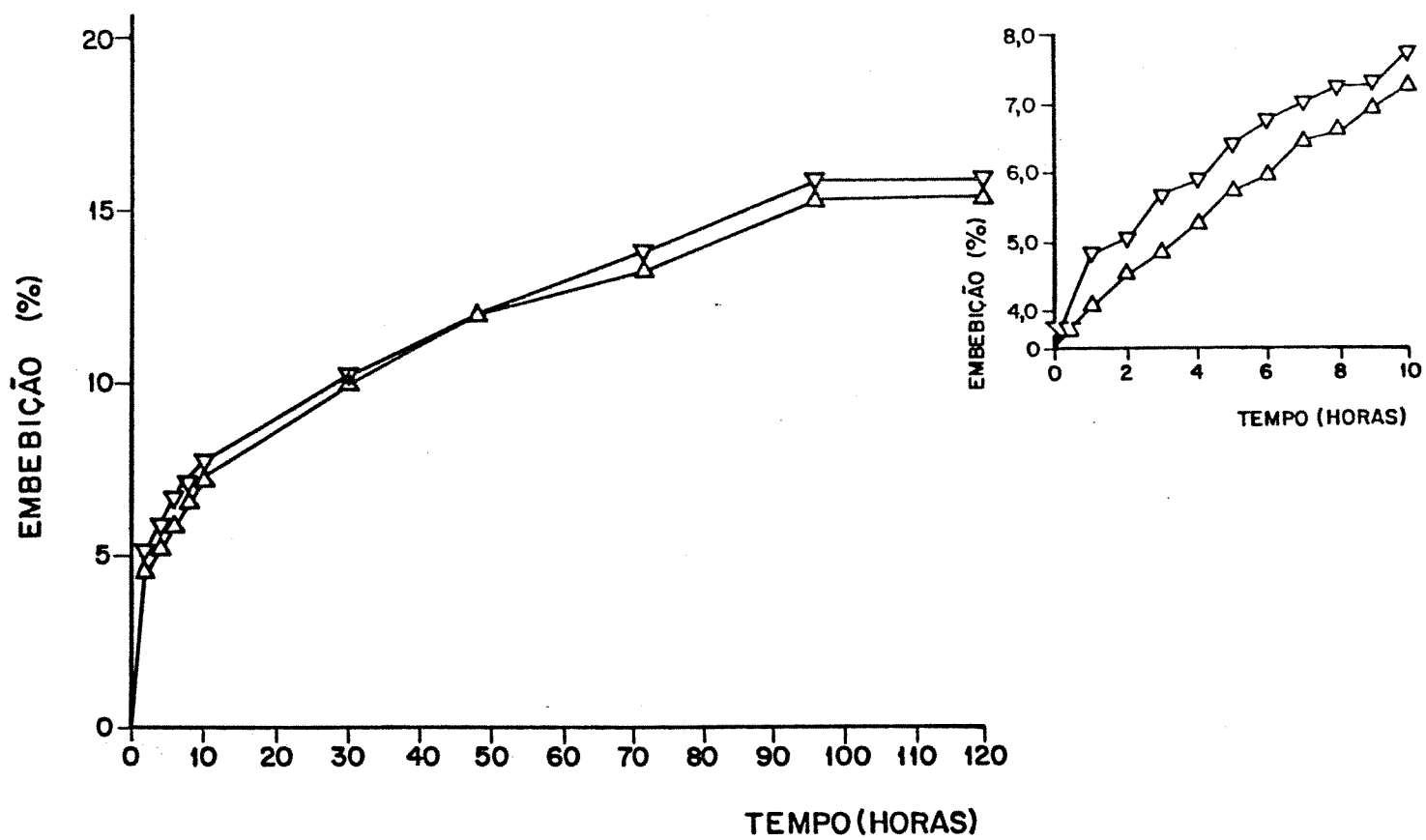


Figura 13. Curva de embebição de sementes de H. speciosa mantidas em placas de Petri.

▽ - hilo para baixo

△ - hilo para cima



Sementes quando postas em câmara úmida, inicialmente sofrem desidratação e posteriormente ocorre embebição lenta cerca de 72 horas (figura 14). Verificou-se diferença estatisticamente significativa na variação do peso das sementes entre os períodos de embebição de 48 e 120 horas.

Sementes hidratadas em câmara úmida, quando colocadas para germinar, apresentam no início do experimento maior germinação nos tratamentos com menor tempo de hidratação (figura 15). Com o passar dos dias, houve inversão de tal forma que os tratamentos com maior tempo de hidratação têm maior germinação. Diferenças estatisticamente significativas podem ser observadas no início e final do experimento, sendo que nos dias 10, 11, 12 e 13 as diferenças não foram significativas. No final do experimento, os tratamentos de 96 e 120 h apresentam o máximo de germinação que foi diferente dos outros tratamentos (diferença estatisticamente significativa).

Sementes embebidas em placas de Petri por 120 h, quando colocadas para germinar, apresentam 100, 80 e 70% de germinação, nos tratamentos hilo para baixo, hilo para cima vedado com lanolina e hilo para cima respectivamente (figura 16). Até o 14º dia não houve diferença significativa entre os tratamentos, somente a partir daí, ocorrem diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos.

Figura 14. Embebição de sementes de H. speciosa mantidas em câmara úmida.

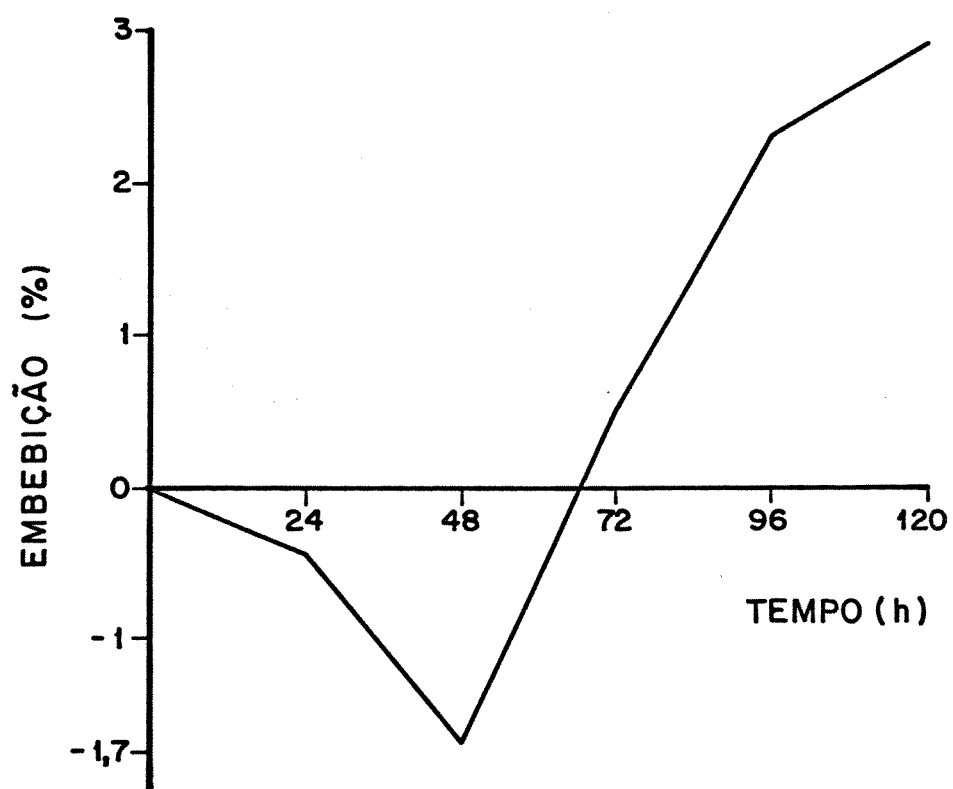


Figura 15. Germinação de sementes de H. speciosa após pré-hidratação de 120 horas em câmara úmida.

- O - 24 h de hidratação
- - 48 h de hidratação
- ◇ - 72 h de hidratação
- ▽ - 96 h de hidratação
- Δ - 120 h de hidratação

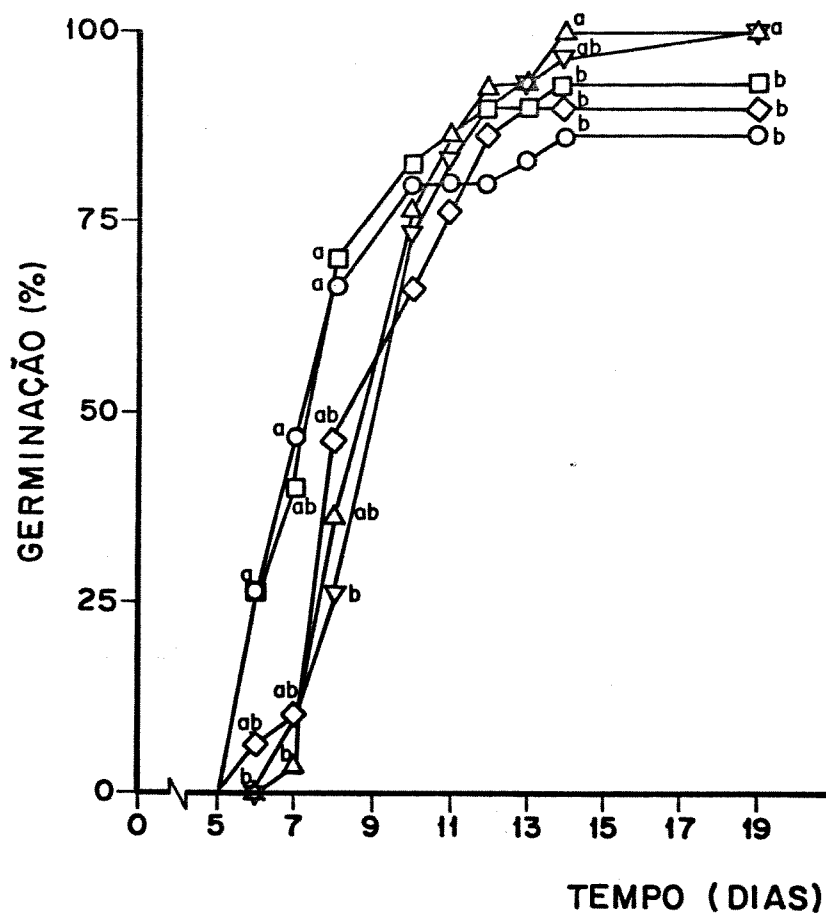
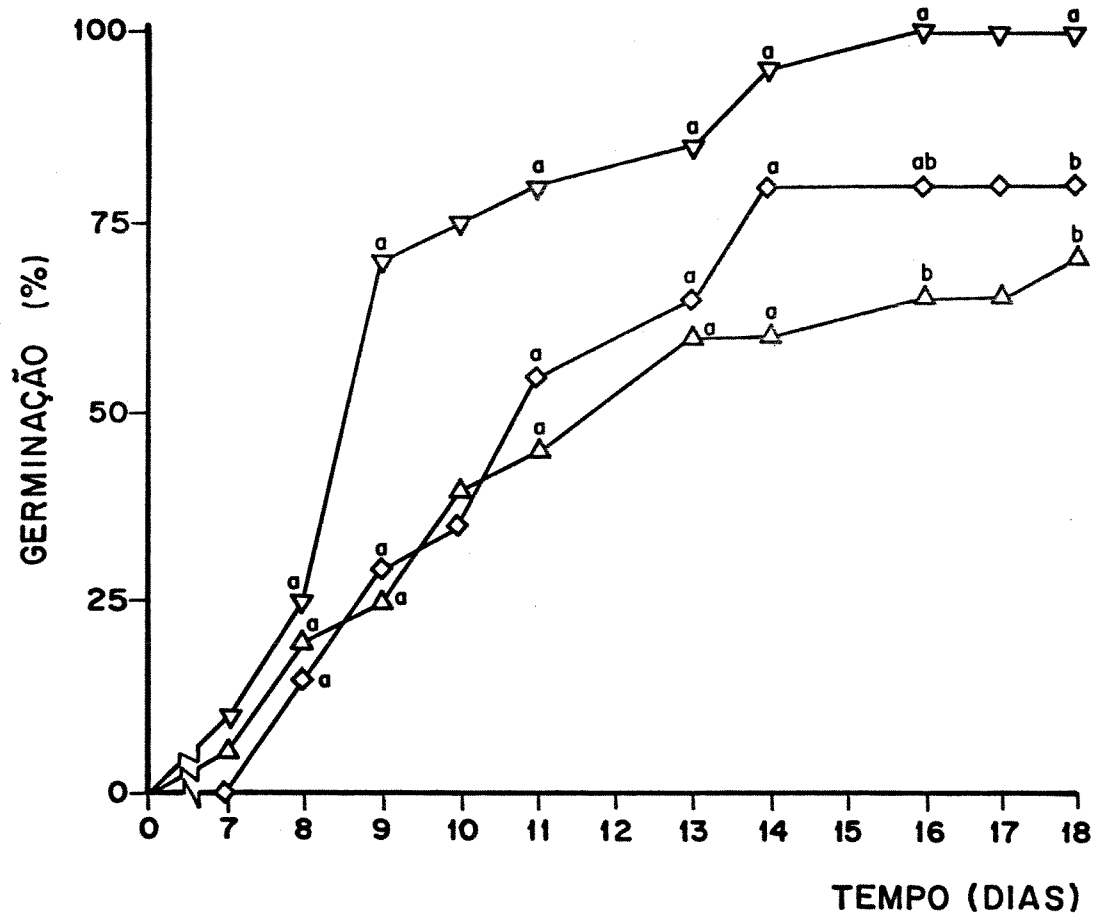


Figura 16. Germinação de sementes de H. speciosa após pré-hidratação de 120 horas em placas de Petri.

◇ - hilo para cima com lanolina

▽ - hilo para baixo

Δ - hilo para cima



## 8. Efluxo de eletrólitos e solutos orgânicos

Observando-se as figuras 17 e 18, verifica-se que o efluxo de eletrólitos, medido pela condutividade ( $\mu\text{S}$ ) é maior nas sementes e embriões isolados com menor teor de água. Pode-se observar pela figura 17 que a saída de eletrólitos das sementes é mais acentuada nos primeiros 5 minutos de embebição, e a partir daí, o efluxo ocorre mais lentamente, permanecendo quase estável até o final. Diferenças estatisticamente significativas foram observadas no decorrer do experimento.

O efluxo de eletrólitos a partir de embriões isolados (figura 18) é mais uniforme nos diferentes teores de umidade em comparação com a perda de eletrólitos a partir de sementes. A saída de eletrólitos de embriões isolados com 10% de TU é mais acentuada nos primeiros 15 minutos em relação aos embriões isolados com 20, 30 e 40% de TU.

Em relação ao efluxo de solutos orgânicos, verifica-se pela figura 19 que é também maior nas sementes e embriões com menor teor de água, sendo as diferenças no efluxo mais acentuadas em embriões isolados do que em sementes. As diferenças observadas neste experimento não foram significativas estatisticamente.

Figura 17. Efluxo de eletrólitos de sementes de H. speciosa.

O - 40% de TU

□ - 30% de TU

▽ - 20% de TU

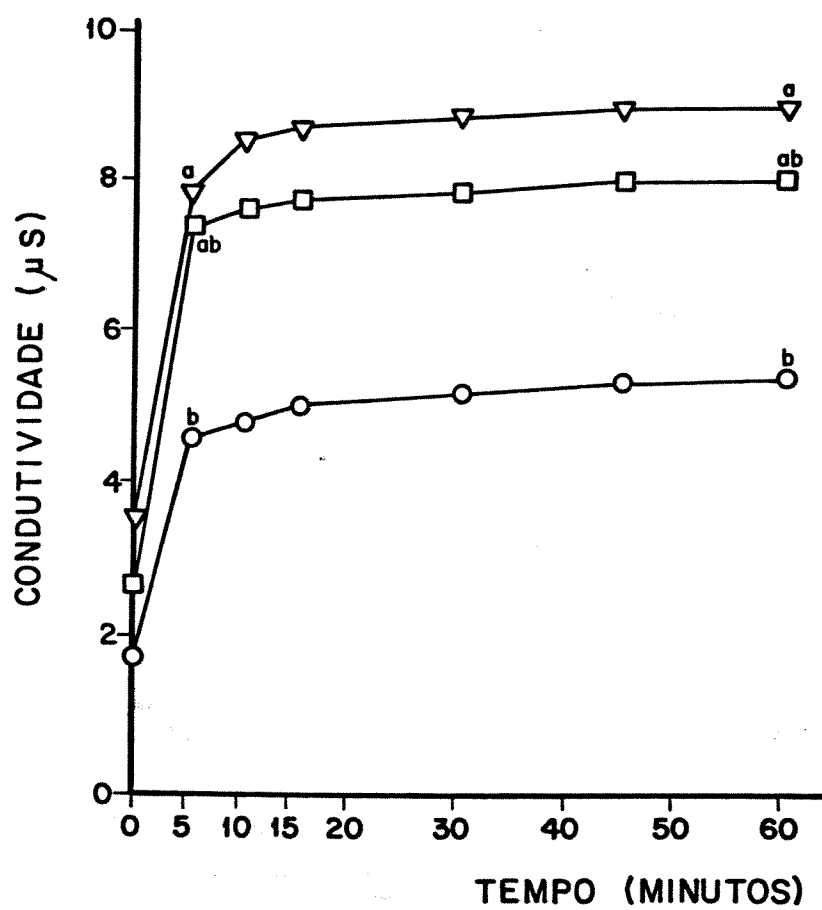


Figura 18. Efluxo de eletrólitos de embriões isolados de H.  
speciosa.

O - 40% de TU

□ - 30% de TU

▽ - 20% de TU

△ - 10% de TU

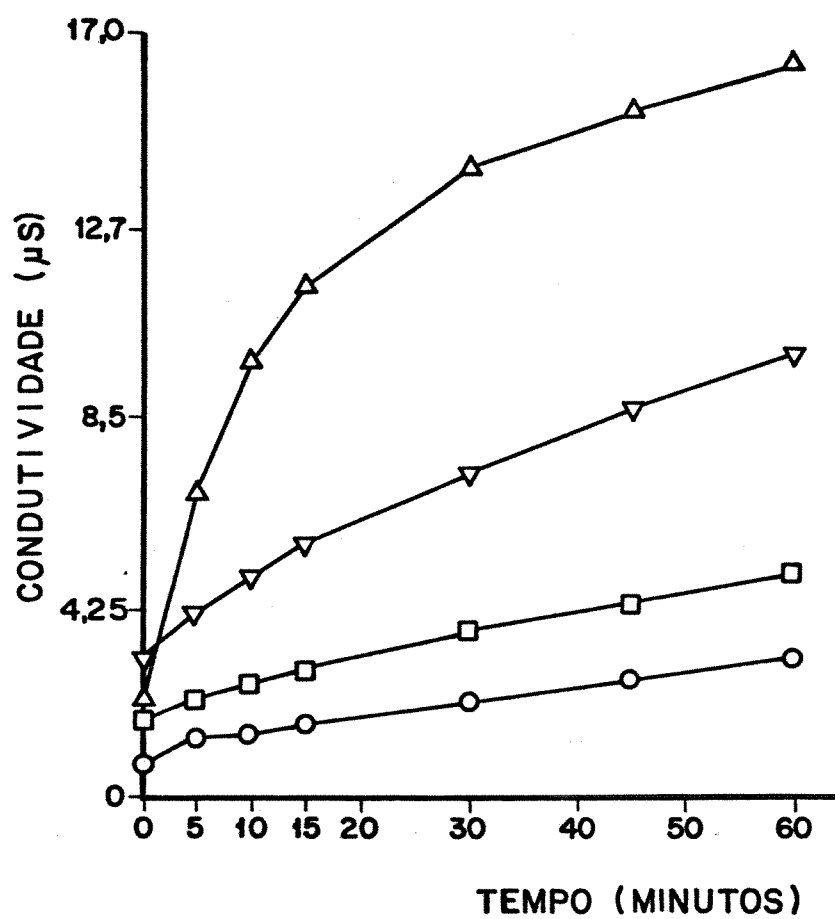
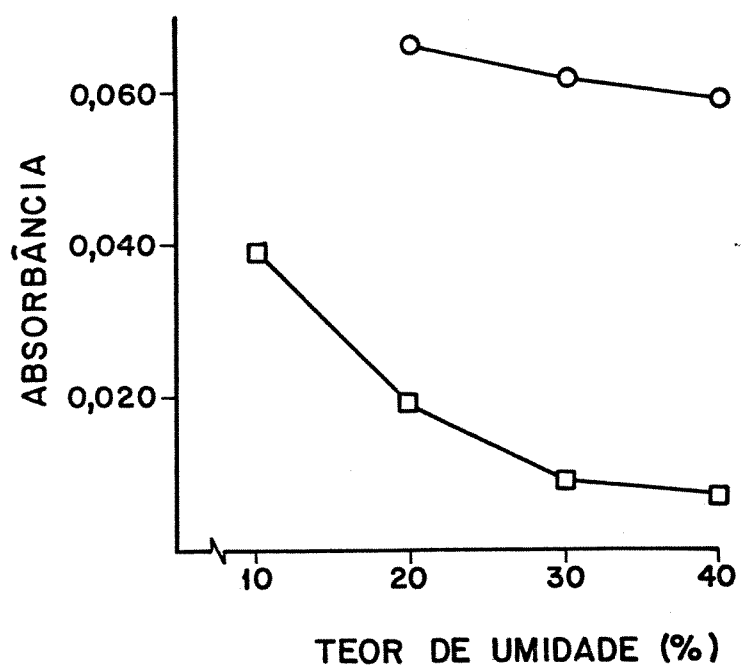


Figura 19. Efluxo de solutos orgânicos de sementes e embriões isolados de H. speciosa após 60 minutos de embebição.

○ - sementes

□ - embriões isolados



O efluxo de eletrólitos e solutos orgânicos também é maior para sementes armazenadas por 4 meses em saco plástico em geladeira em comparação com sementes recém-colhidas de frutos (figuras 20 e 21). O teor de umidade das sementes armazenadas por 4 meses é de 50% enquanto para sementes novas é próximo de 55%.

No geral, uma nítida relação inversa pode ser observada entre o teor de umidade e efluxo de eletrólitos e solutos orgânicos em sementes e embriões isolados.

#### 9. Embriões isolados

No caso de embriões isolados também existe correlação entre teor de umidade e sobrevivência. Quanto maior o teor de umidade, maior a porcentagem de sobrevivência dos embriões (tabela 3).

#### 10. Crescimento de plântulas

A variação de matéria fresca e matéria seca de sementes de H. speciosa durante a germinação pode ser vista através das figuras 22 e 23. Verifica-se que em sementes com 0 dia, toda a reserva de nutrientes encontra-se praticamente no endosperma. Os aumentos de pesos de matérias secas e frescas de cotilédones e eixos embrionários coincidem com as reduções de pesos de matérias secas e frescas de endospermas.

Figura 20. Efluxo de eletrólitos de sementes de H. speciosa recém-colhidas de frutos ( □ ) e em sementes armazenadas por 4 meses em saco plástico em geladeira ( O ).

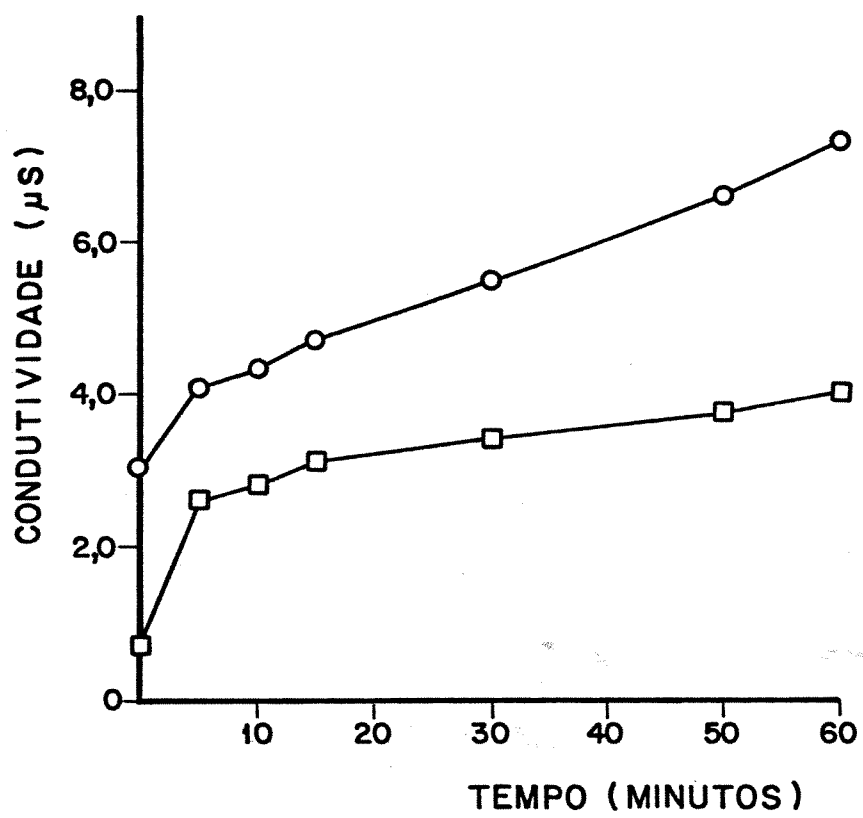


Figura 21. Efluxo de solutos orgânicos em sementes de H. speciosa recém-colhidas de frutos (A) e em sementes armazenadas por 4 meses em saco plástico em geladeira (B).

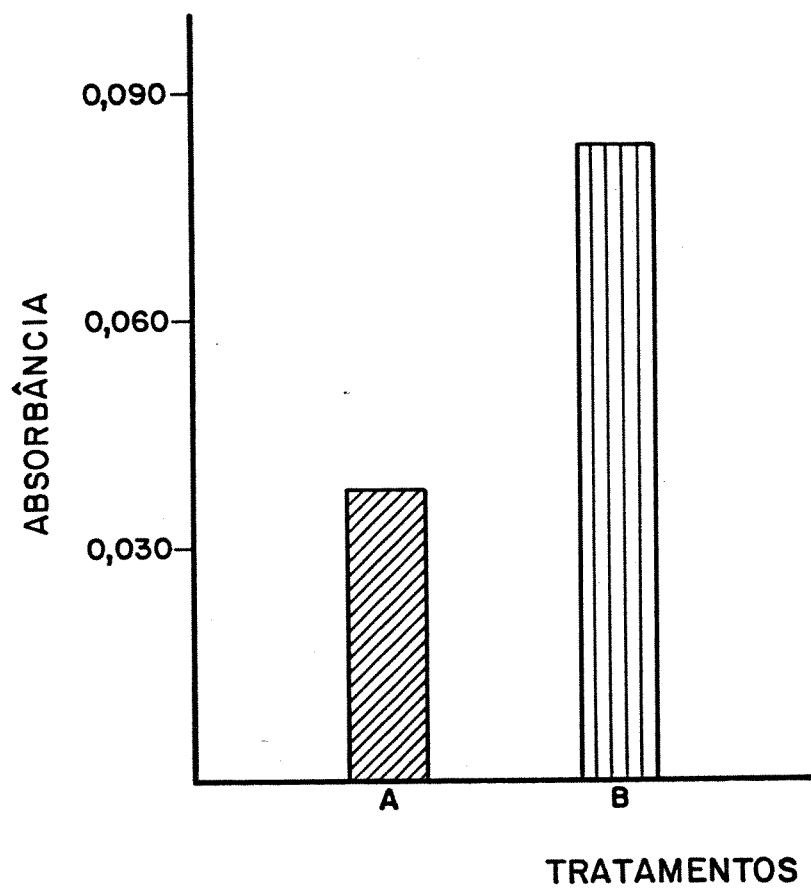


Tabela 3. Sobrevivência (%) de embriões isolados após 16 dias de germinação.

| Teor de umidade<br>das sementes (%) | Sobrevivência<br>(%) |
|-------------------------------------|----------------------|
| 40                                  | 80                   |
| 30                                  | 30                   |
| 20                                  | 0                    |
| 10                                  | 0                    |

Figura 22. Peso de matéria fresca das partes da semente de  
H. speciosa durante a germinação e desenvolvimento  
inicial da plântula.

O - eixo embrionário

▽ - cotilédones

□ - endosperma

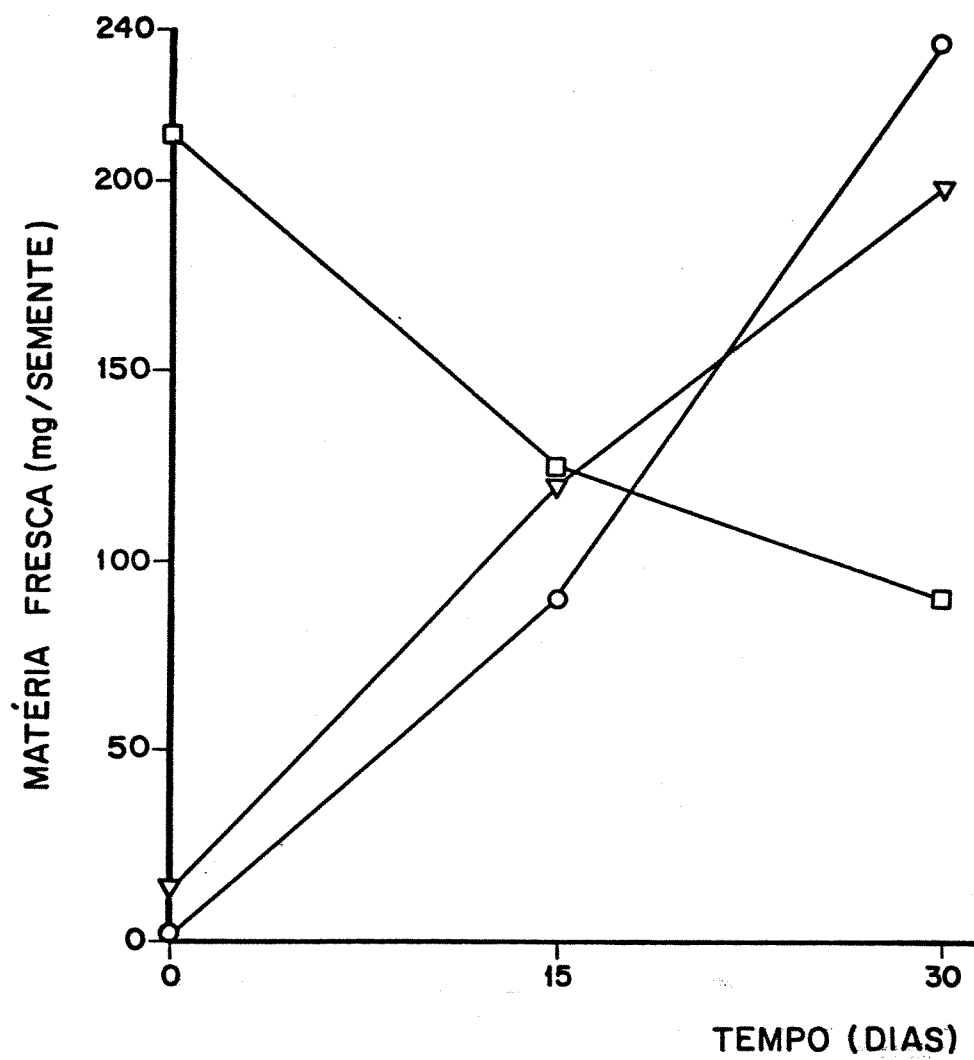
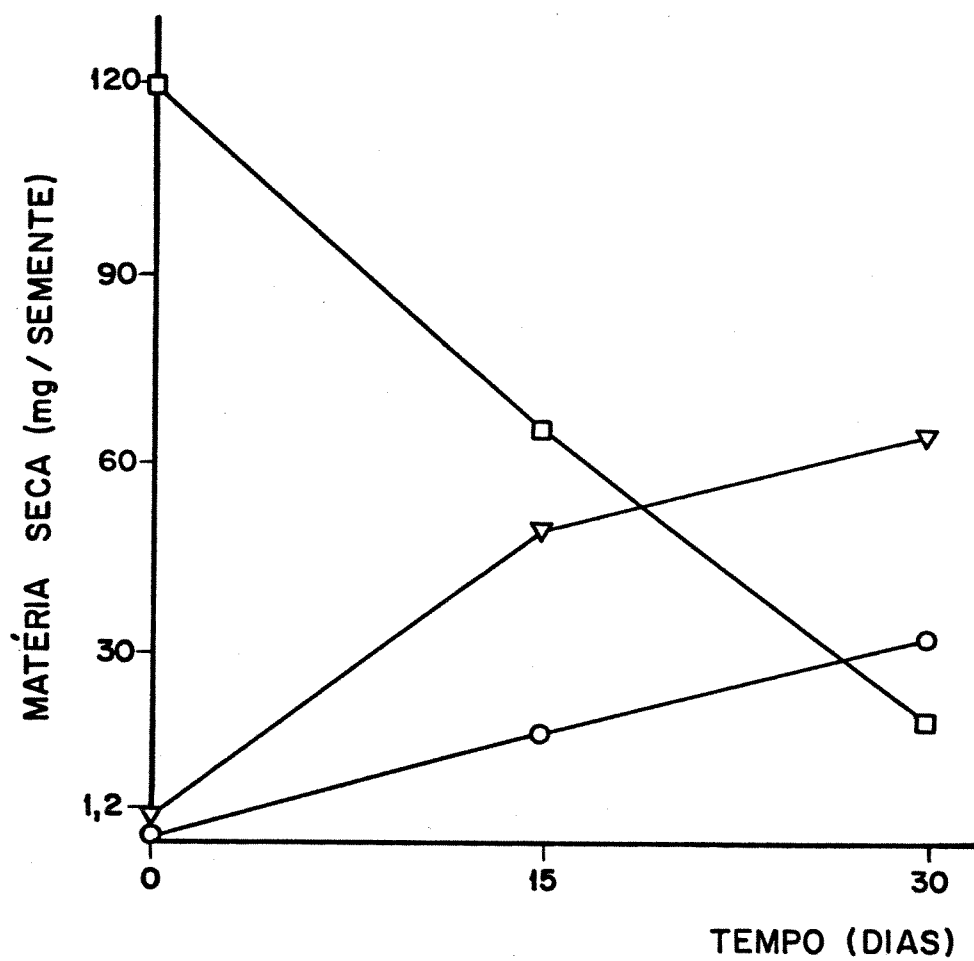


Figura 23. Peso de matéria seca das partes da semente de  
H. speciosa durante a germinação e desenvolvimento  
inicial da plântula.

O - eixo embrionário

▽ - cotilédones

□ - endosperma



Considerando-se a semente como um todo, verificam-se pela figura 24, as variações dos pesos de matérias fresca e seca da semente no decorrer da germinação.

#### 11. Conteúdo de carboidratos solúveis totais, proteínas solúveis e fósforo total

Os dados do conteúdo de carboidratos solúveis totais, proteínas solúveis e fósforo total são apresentados nas figuras 25, 26 e 27 respectivamente. A fim de verificar o efeito da translocação de nutrientes, considerou-se sementes com 0, 15 e 30 dias de germinação, assim como as diferentes partes da semente ou plântula: eixo embrionário, cotilédones e endosperma.

Uma relação inversa pode ser observada nos conteúdos de carboidratos solúveis totais, proteínas solúveis e fósforo total dos cotilédones e eixo embrionário em relação ao endosperma.

O conteúdo de carboidratos solúveis totais nos eixos embrionários e nos cotilédones aumenta de 0 a 30 dias de desenvolvimento da plântula, ocorrendo o inverso no endosperma, onde o conteúdo é maior no 0 dia, diminuindo seu teor em função do período de desenvolvimento (figura 25). Observa-se que a redução de carboidratos no endosperma coincide com os aumentos no eixo embrionário e cotilédones.

Figura 24. Pesos de matérias fresca e seca das sementes de  
H. speciosa durante a germinação e desenvolvimento  
inicial da plântula.

○ - peso de matéria fresca

□ - peso de matéria seca

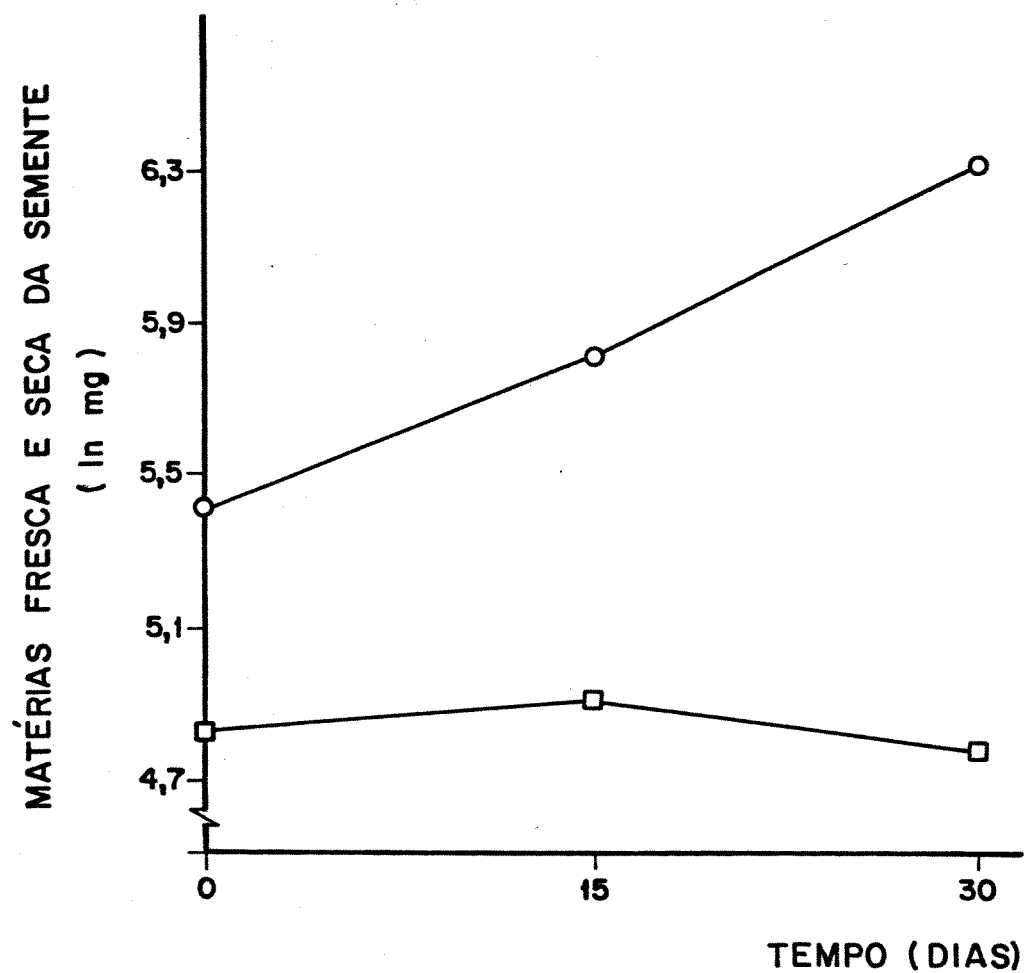
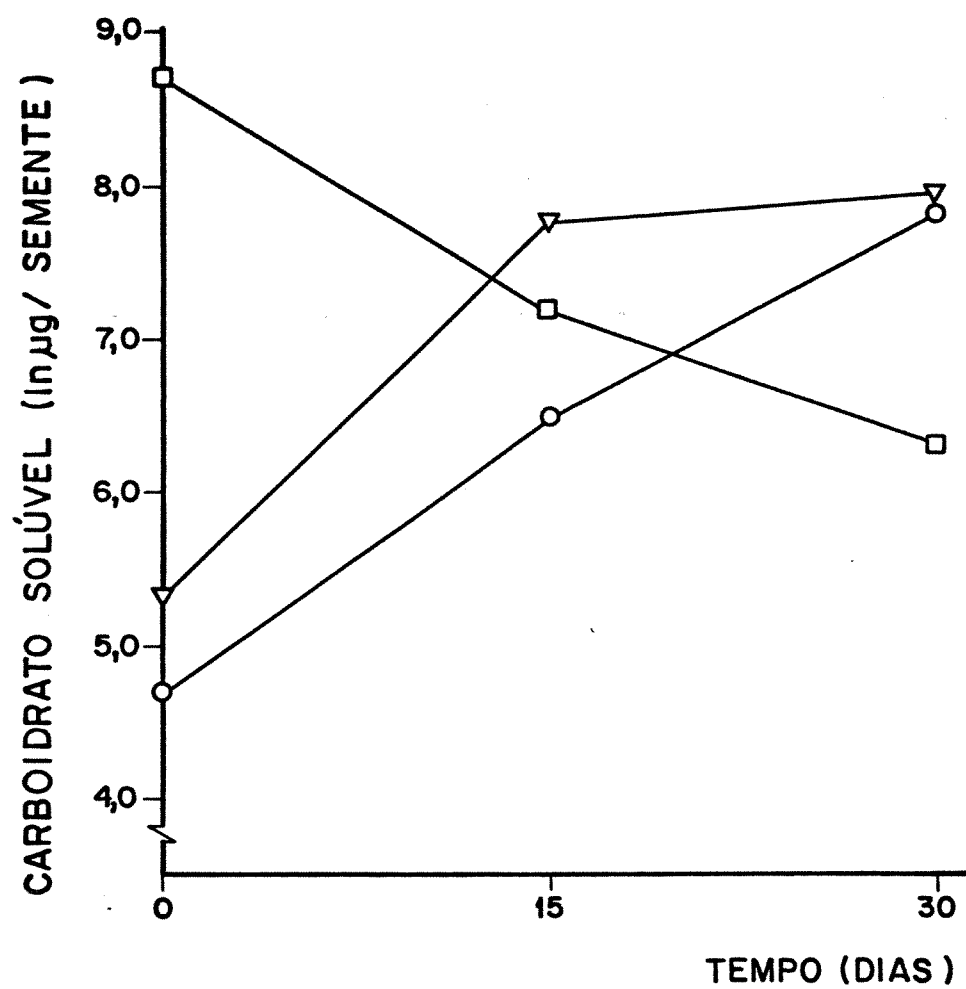


Figura 25. Conteúdo de carboidratos solúveis totais (ln ug/semente), em diferentes partes da semente de H. speciosa durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula.

O - eixo embrionário

▽ - cotilédones

□ - endosperma



Analisando a figura 26, verifica-se semelhança entre proteínas solúveis totais e o padrão visto para o conteúdo de carboidratos solúveis totais. No entanto, a redução de proteínas solúveis no endosperma foi mais acentuada entre 15 e 30 dias de germinação, ao passo que a redução de carboidratos solúveis totais no endosperma foi maior de 0 a 15 dias de germinação. O conteúdo de proteínas solúveis no eixo embrionário e cotilédones aumenta de 0 a 30 dias de desenvolvimento da plântula, à medida que o conteúdo diminui no endosperma. Portanto, os aumentos de proteínas solúveis no eixo embrionário e cotilédones coincidem com o declínio no endosperma.

Observando-se os resultados obtidos pela figura 27, nota-se que o conteúdo de fósforo total no eixo embrionário e nos cotilédones aumenta com 15 e 30 dias de desenvolvimento da plântula, ocorrendo o inverso no endosperma, onde o conteúdo é maior no 0 dia, decrescendo seu teor durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula. Nota-se que o declínio de fósforo no endosperma coincide com os aumentos no eixo embrionário e cotilédones. No tempo zero, toda a reserva de fósforo da semente encontra-se praticamente no endosperma, uma vez que não foi detectada sua presença no eixo embrionário e cotilédones pelo método de quantificação usado. Após 30 dias, o fósforo já se encontra na sua maior parte nos cotilédones e em menor quantidade no eixo embrionário.

Figura 26. Conteúdo de proteínas solúveis (ln ug/semente), em diferentes partes da semente de H. speciosa durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula.

○ - eixo embrionário

▽ - cotilédones

□ - endosperma

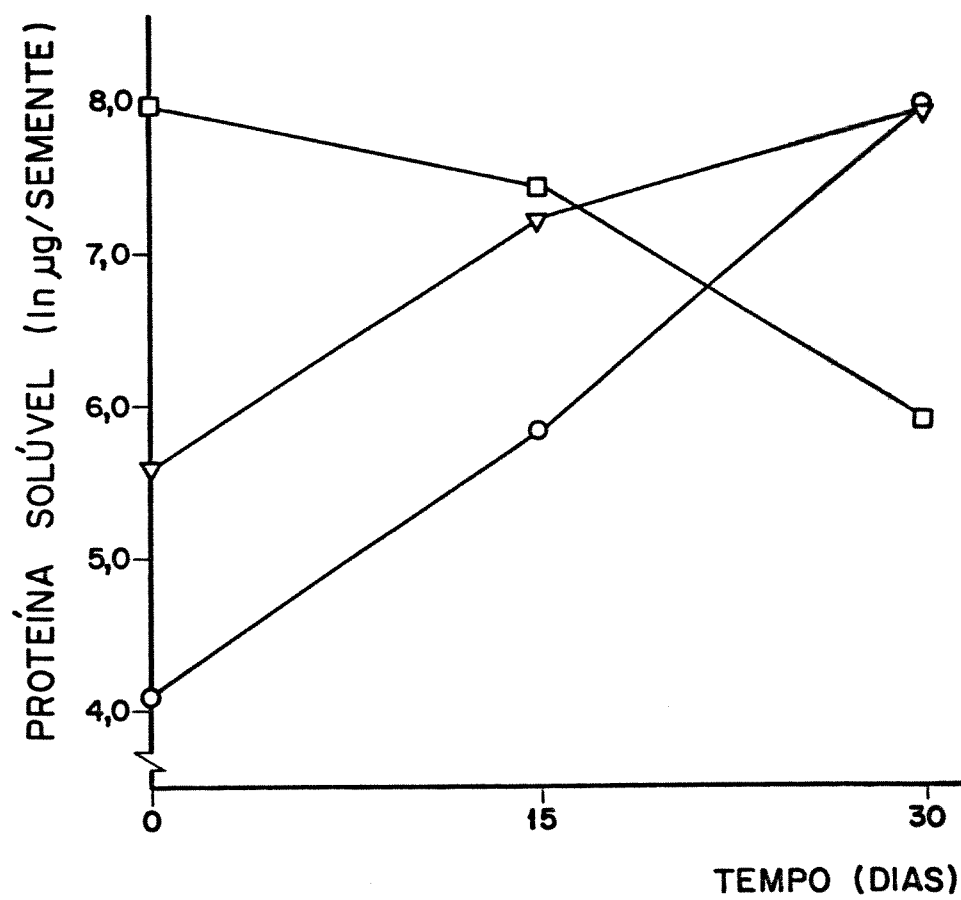
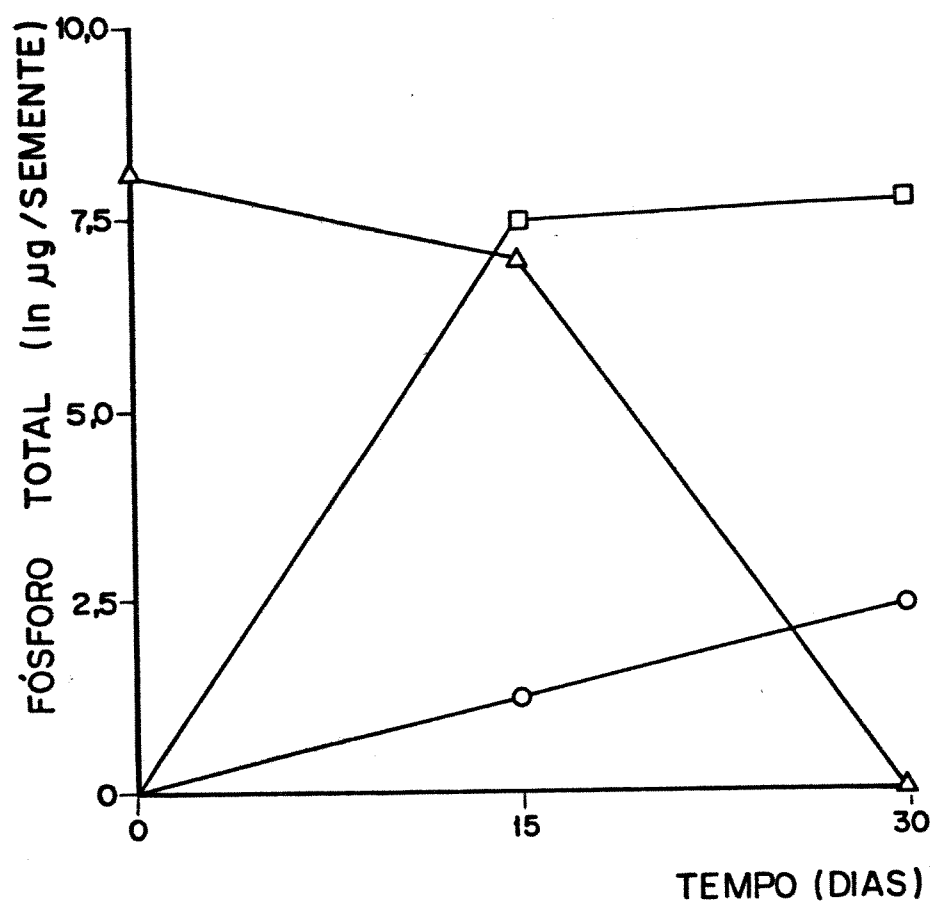


Figura 27. Conteúdo de fósforo total (ln ug/semente), em diferentes partes da semente de H. speciosa durante a germinação e desenvolvimento inicial da plântula

○ - eixo embrionário

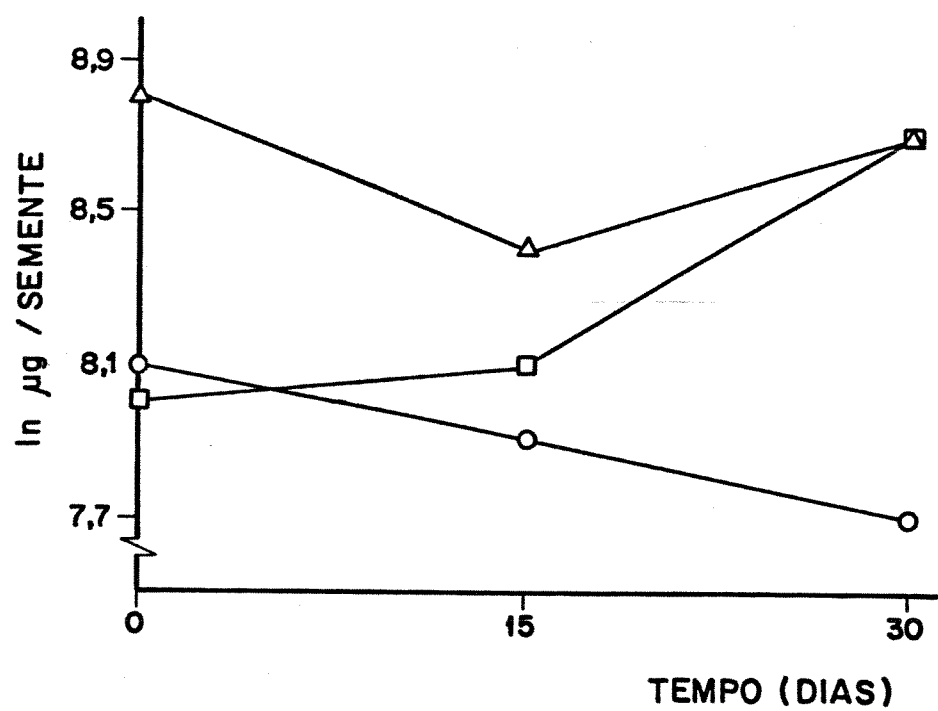
□ - cotilédones

△ - endosperma



A figura 28 mostra os conteúdos de carboidratos solúveis totais, proteínas solúveis e fósforo total por semente ou plântula. Verifica-se que o nível de carboidratos diminui nos primeiros 15 dias e aumenta posteriormente. Uma relação inversa pode ser observada quanto aos níveis de proteínas solúveis e fósforo total. Este diminuiu no decorrer da germinação enquanto houve aumento no nível de proteínas solúveis.

Figura 28. Conteúdo de carboidratos solúveis totais (  $\Delta$  ),  
proteínas solúveis (  $\square$  ) e fósforo total ( O ) em  
ln ug/semente da semente de H. speciosa durante a  
germinação.



## DISCUSSÃO

A remoção da polpa aderente às sementes de H. speciosa foi realizada, pois segundo TAVARES (1960), sementes livres de resíduos de polpa apresentam porcentagem mais alta e precocidade na germinação. Procedimento similar foi também usado por LEDOUX (1968) e PARENTE & MACHADO (1986).

As sementes de H. speciosa são indiferentes à luz, nas temperaturas de 15 a 35°C. Este comportamento fotoblasticamente indiferente para as sementes de H. speciosa, também foi constatado em outras espécies do cerrado, como é o caso de Andira humilis (HANDRO, 1969), Dipteryx alata (MELHEM, 1975), Dalbergia violacea (ARASAKI & FELIPPE, 1987), Magonia pubescens (JOLY et al., 1980), Kielmeyera coriacea (DIONELLO, 1978), Stryphnodendron barbadetimam (BARRADAS & HANDRO, 1974) e Rapanea guianensis (JOLY & FELIPPE, 1979b).

A faixa de temperaturas para germinação de sementes de H. speciosa está dentro das temperaturas características de plantas tropicais, que apresentam segundo LANG (1965), temperatura mínima de germinação na faixa de 10 a 20°C e a máxima raramente superior a 40°C. De um modo geral, em algumas espécies do cerrado estudadas, a faixa de temperatura é de 10 a 45°C (FELIPPE & SILVA, 1984).

A faixa ótima de germinação de sementes de H. speciosa ocorre de 20 a 30°C, que também foi verificada em Kielmeyera coriacea (DIONELLO, 1978). Já em outras espécies do cerrado, as

faixas ótimas variam, por exemplo em Magonia pubescens situa-se entre 25 e 30°C (JOLY et al., 1980), em Andira humilis ocorre entre 35 e 39°C (HANDRO, 1969), em Dipteryx alata de 30 a 36°C (MELHEM, 1975), e em Rapanea guianensis encontra-se entre 15 a 35°C (JOLY & FELIPPE, 1979b).

Outra característica comum às espécies estudadas por HANDRO (1969), BARRADAS & HANDRO (1974), MELHEM (1975), DIONELLO (1978) e JOLY & FELIPPE (1979b) é o comportamento germinativo nas temperaturas acima e abaixo da ótima. Nas temperaturas abaixo da ótima, dentro da faixa de germinabilidade da espécie, observam-se alterações quanto à velocidade do processo, que é menor do que na faixa da ótima, e nas temperaturas acima do ótimo ocorrem alterações no potencial de germinabilidade das sementes. Esta observação foi confirmada, demonstrando que também para H. speciosa, temperatura abaixo da ótima (15°C), induz uma queda na velocidade do processo de germinação, o qual só ocorre após exposição prolongada de 15 dias, atingindo um máximo com 27 dias; e as temperaturas acima da ótima afetam o potencial de germinação das sementes com baixa germinação a 35°C e ausência a 40°C.

A extrapolação dos dados obtidos em laboratório com a utilização de temperaturas constantes para as condições naturais é teórica e irreal, pois naturalmente não ocorrem períodos, equivalentes aos utilizados nos experimentos, sem alteração de temperatura. Na realidade, no cerrado, há uma alternância circadiana na temperatura, com a ocorrência de uma temperatura mínima e uma máxima, bem como variações sazonais no decorrer do ano. Esta va-

riação natural da temperatura, dentro de um ciclo de 24 horas, favorece a germinação de sementes de H. speciosa. O efeito estimulador de alternância de temperatura em um ciclo de 24 horas é conhecido desde o início deste século (HARRINGTON, 1923).

Em H. speciosa as alternâncias 25-20, 25-25 e 25-30°C têm o mesmo efeito que as temperaturas constantes de 20, 25 e 30°C. Entretanto, as alternâncias 25-5 e 25-10°C também promovem a germinação, sendo esta mais lenta, comprovando a hipótese das temperaturas baixas afetarem a velocidade do processo de germinação, ficando em aberto se afetam ou não o potencial germinativo das sementes, uma vez que o experimento foi conduzido apenas num período de 14 dias. Além destes resultados, são conhecidos também efeitos de alternâncias de temperaturas em outras espécies do cerrado, como em Rapanea guianensis (JOLY & FELIPPE, 1979b), e Magonia pubescens (JOLY *et al.*, 1980).

Algumas hipóteses procuram explicar o efeito de temperaturas na germinação de sementes. FELIPPE *et al.* (1970) mostraram que o nível de substâncias semelhantes à giberelinas é aumentado quando sementes de Rumex obtusifolius são expostas a altas temperaturas, tratamento este que aumenta a germinação; assim, o efeito de temperatura possivelmente seja devido a alterações nos níveis endógenos das substâncias de crescimento. Mudanças na estrutura de macromoléculas da semente, causadas pela alternância de temperaturas, também seriam responsáveis pela germinação (COHEN, 1958). Outra possibilidade considera o crescimento do embrião promovido por ruptura do tegumento que é causada pelo efei-

to da alternância (KOLLER, 1972).

Sementes de H. speciosa são consideradas quiescentes pois germinam quando supridas de água, temperatura adequada e uma composição atmosférica normal. Estas condições são consideradas favoráveis à germinação da maioria das espécies estudadas (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1982).

No geral, o início do processo de germinação das sementes de H. speciosa ocorre a partir do 5º dia concordando com os dados de LEDOUX (1968).

BURCH (1959), estudando a absorção de água pelas sementes de várias espécies, ressaltou o efeito do tegumento sobre a velocidade de absorção e quantidade de água absorvida.

Em geral, a curva de embebição de sementes evidencia um período inicial de maior velocidade de absorção, seguida por um período de embebição mais lenta e finalmente uma rápida absorção linear (POLLOCK & TOOLE, 1966).

A porcentagem de embebição de sementes de H. speciosa mantidas em placas de Petri foi baixa, independentemente da posição do hilo. É possível que a baixa porcentagem de embebição seja devida ao alto teor de umidade inicial das sementes.

As sementes quando colocadas para embeber em câmara úmida inicialmente perdem água. Possivelmente isto se deveu à atmosfera do ambiente de embebição que não estava totalmente saturada. Estas sementes apresentam menor porcentagem de embebição que poderia ser atribuída à difusão mais lenta de moléculas de água pelo tegumento, em contraste com a porcentagem maior de em-

bebição naquelas sementes mantidas em placas de Petri. As sementes dos tratamentos com maior tempo de hidratação (96 e 120 horas), apresentam máximo de germinação, que são estatisticamente diferentes dos outros tratamentos.

As sementes com pré-embebição de 120 horas em placas de Petri quando postas para germinar apresentam o máximo de germinação para sementes com o hilo para baixo, sendo esta diferença estatisticamente significativa em relação às sementes com hilo para cima e hilo para cima com lanolina. Esta diferença significativa pode ter sido devida às variações encontradas entre as sementes, pois diferenças não significativas ocorreram na germinação de sementes em relação ao teor do oxigênio, excesso de água e posição do hilo (figura 5).

As sementes de H. speciosa em contato com a água, embebem facilmente, não ocorre formação de camada de mucilagem, e o tegumento delgado não parece exercer uma barreira física ou química às trocas gasosas, havendo promoção de germinação. No entanto, em sementes de Blepharis persica, a formação de mucilagem constitui barreira à penetração de oxigênio e assim evita a germinação (WITZTUM et al., 1969). Já em Magonia pubescens a formação de hidrogel, promove a germinação bem como protege a semente do ataque por fungos (SALGADO-LABOURIAU, 1973). Em Rapanea guianensis o tegumento rígido além de exercer barreira à entrada de água, pode provocar restrição mecânica ao crescimento do embrião (JOLY & FELIPPE, 1979b). O tegumento impermeável é o mais efetivo tipo de dormência para prolongar a germinação de uma po-

pulação de sementes (VILLIERS, 1972).

Em sementes de H. speciosa, a impermeabilização do hilo e excesso de água no meio de germinação não determinaram reduções nas taxas de germinação. Consequentemente não ofereceu barreiras à difusão de oxigênio e nem à entrada de água. Portanto, o hilo não é a única região por onde ocorrem trocas gasosas e entrada de água, e sim apenas uma cicatriz proveniente da ruptura do funículo à parede do ovário, após a fecundação e amadurecimento da semente. A posição do hilo também não influencia a taxa de germinação, visto que LEDOUX (1968) tenha recomendado semeadura com o hilo para cima, sendo este procedimento usado por PARENTE & MACHADO (1986). No entanto, o excesso de água, afeta a germinação de sementes de Phaseolus vulgaris, devido ao baixo suprimento de oxigênio (ORPHANOS & HEYDECKER, 1968). O excesso de água também promove o desenvolvimento de microrganismos em torno do tegumento, os quais competem pelo oxigênio necessário ao embrião de sementes de Beta vulgaris (HEYDECKER & CHETRAM, 1971). Em Xanthium pennsylvanicum, o excesso de água contribui na lixiviação de inibidor, aumentando a germinação das sementes (WAREING & FODA, 1957).

Em sementes ortodoxas, o período de viabilidade da semente é dependente da temperatura, teor de umidade e pressão de oxigênio durante o armazenamento; decrescendo qualquer destes fatores aumenta o período de viabilidade e as sementes podem ser armazenadas por longos períodos. Já sementes recalcitrantes para manter viabilidade exigem altos teores de umidade e, mesmo assim,

a viabilidade é relativamente curta (ROBERTS, 1973a).

Uma nítida relação entre teor de umidade e germinação é verificada em sementes de H. speciosa armazenadas em diferentes condições durante 9 semanas. A melhor condição para manter a capacidade de germinação da semente de H. speciosa é a armazenagem das sementes em sacos plásticos em geladeira ou temperatura ambiente. As oscilações observadas quanto a germinação nestas duas condições de armazenagem podem ser devidas às variações de tamanho encontradas entre as sementes. As sementes, quando armazenadas em sacos de papel, em geladeira ou temperatura ambiente, apresentam queda do teor de umidade e ausência de germinação já a partir da primeira semana de armazenamento. As variações de teores de umidade observadas nestes dois tratamentos podem ser atribuídas ao equilíbrio da umidade da semente com o meio externo. Mesmo hidratadas, já na primeira semana, as sementes armazenadas em sacos de papel tornam-se inviáveis com ausência de germinação. Portanto, sementes de H. speciosa mantêm viabilidade durante 9 semanas, armazenadas em sacos plásticos com teor de umidade acima de 25%, e perdem viabilidade a partir deste período, mesmo com elevado teor de umidade. Armazenagem de sementes com elevado teor de umidade, para manter viabilidade, também foi verificada em outras espécies tropicais, como Shorea roxburghii, Hopea odorata, Mangifera indica e Symphonia globulifera (CORBINEAU & CÔME, 1988). Também, sementes de cacau (Theobroma cacao) quando armazenadas por 25 semanas, embebidas em polietilenoglicol, apresentam 100% de germinação (MUMFORD & BRETT, 1982).

Dentre algumas espécies do cerrado, Eugenia dysenterica perde rapidamente a viabilidade quando as sementes foram conservadas em sacos de papel, ao ar (RIZZINI, 1970). Sementes de Kielmeyera coriacea armazenadas em dessecador com cloreto de cálcio anidro à temperatura ambiente, em sacos de papel a 10 e 20°C e em sacos de papel à temperatura ambiente mantiveram viabilidade por um período de até 16 meses (DIONELLO, 1978). Entretanto, MELO *et al.* (1979), verificaram que após 6 meses de armazenamento, sementes de K. coriacea perdem viabilidade. Já sementes de Zeyhera digitalis perdem viabilidade com 125 dias de armazenagem (JOLY & FELIPPE, 1979a).

O armazenamento de sementes compreende um período que vai desde sua maturação na planta até o seu plantio. Durante este período, as sementes se deterioram numa extensão maior ou menor, dependendo das espécies e das condições a que as mesmas estão sujeitas (HARRINGTON, 1972). No caso de H. speciosa a viabilidade é curta com rápida deterioração.

Sementes de H. speciosa perdem aproximadamente 60% do seu peso de matéria fresca em temperatura de laboratório, armazenada em saco de papel durante uma semana. A sua viabilidade é melhor mantida em saco plástico lacrado do que em sacos de papel ou plástico aberto.

Sementes de H. speciosa mantêm alto teor de umidade quando armazenadas em saco plástico em geladeira ou temperatura ambiente. Estas sementes armazenadas por 10, 11 e 13 semanas mantêm alto teor de umidade com perda de viabilidade. Uma possível

causa da perda de viabilidade poderia ser explicada por injúrias ao resfriamento e contaminação por fungos. Segundo CORBINEAU & CÔME (1988) uma possibilidade de contornar esta situação seria a utilização de soluções de diferentes pressões osmóticas (por exemplo, polietilenoglicol) ou substâncias de proteção ao frio (por exemplo, dimetilsulfóxido). Também foi sugerido o uso de fungicida no processo de armazenamento (KING & ROBERTS, 1980a, 1982).

A desidratação artificial das sementes de H. speciosa, reduzindo o teor de umidade (TU) a níveis baixos (até 5% TU), modifica tanto a capacidade como a velocidade de germinação das sementes. Assim, sementes com TU elevados, após a desidratação artificial até cerca de 15% de TU, não germinam. Os dados mostram que o processo de desidratação não é essencial para a germinação, visto que sementes recém-colhidas de frutos maduros ou verdolengos (com cerca de 45% de TU) germinam. Não é essencial também para a manutenção da viabilidade, pois sementes com 5 dias de desidratação artificial, atingem 5.7% de TU e perdem totalmente a viabilidade e capacidade de germinação. Estes resultados concordam com TAVARES (1960) segundo o qual, o poder germinativo de H. speciosa cai rapidamente do 4º ao 8º dia após a retirada das sementes dos frutos, e com PIMENTEL & SANTOS (1978) que enfatizam a perda rápida do poder germinativo de sementes de H. speciosa.

Desidratação natural é um evento normal durante a maturação da semente (ADAMS & RINNE, 1981). Entretanto, tem sido mostrado que a desidratação não é pré-requisito para a germinação,

visto que sementes destacadas da planta de origem, com diferentes graus de desenvolvimento, são capazes de germinar (WALBOT et al., 1972; OBENDORF et al., 1980; SANKHLA & CHAWAN, 1980; ONCKELEN et al., 1980; ADAMS & RINNE, 1981).

Diferentes níveis de umidade nas sementes têm papel importante nos mecanismos reguladores da germinação (SANKHLA & CHAWAN, 1980). Sementes de *H. speciosa* germinam na faixa de 15 a 45% de TU, sendo que a faixa ótima de TU para germinação é 25 a 45%. A baixa porcentagem de germinação de 15% de TU poderia ser atribuída à presença de sementes com variação de suscetibilidade em relação à injúria de dessecação, a qual pode ocorrer entre diferentes lotes de sementes como foi sugerido por KING & ROBERTS (1980a). Em sementes com 20% de TU apenas 56% germinaram. Com 10% de TU as sementes perdem a viabilidade total, não germinam, apresentam redução de tamanho e tegumentos rugosos. Baseando-se na explicação de VILLIERS (1974, 1975), nesta condição de "semente seca", o metabolismo não ocorre e assim danos subcelulares se acumulam até que as células se desorganizem, sendo as sementes incapazes de germinar. Ainda segundo este autor, nas sementes com teores de umidade elevados, danos ocorrem mas não se acumulam, devido à presença de mecanismos de reparação ou reposição.

Sementes ortodoxas, ao perderem viabilidade, apresentam alterações citológicas, genéticas e metabólicas (ROBERTS, 1972b, 1973b), e danos macromoleculares (VILLIERS, 1973). É possível que estas alterações possam também afetar a sobrevivência de sementes recalcitrantes (KING & ROBERTS, 1980a).

A diminuição do TU em sementes de H. speciosa sem pré-embebição, retarda e diminui a velocidade de germinação. A pré-embebição, antecipa e aumenta a velocidade de germinação. Portanto, em geral, a pré-embebição causando reidratação das sementes, parece antecipar o início e o final do período de sua germinação quando comparado com sementes sem pré-embebição.

As diferenças observadas em germinação de lotes de sementes com elevado teor de umidade, podem ser atribuídas às variações de tamanhos das sementes, a sua origem a partir do fruto maduro ou verdolengo, ou à técnica de limpeza da semente. PARENTE & MACHADO (1986) verificaram porcentagem de germinação menor porém acima de 50% em sementes de frutos "de vez" e naquelas que permaneceram por até 27 dias no fruto em amadurecimento.

A perda ou decréscimo de vigor das sementes podem ser expressos por diversas características, tais como reduzida velocidade de germinação, baixo rendimento na germinação final das sementes, e crescimento anormal das plântulas (HEYDECKER, 1969).

Sementes de H. speciosa, como as sementes de muitas outras árvores tropicais não sofrem desidratação na maturidade, nem exibem um período de dormência, mas germinam imediatamente se as condições ambientais forem favoráveis.

A germinação de sementes de H. speciosa foi afetada quando se variou o seu teor de umidade, confirmando assim, a opinião de alguns autores que o consideram um dos fatores de maior importância para a longevidade da semente (BARTON, 1961; LAW et al. 1971; HARRINGTON, 1972).

A longevidade de sementes de Araucaria também é dependente do teor de umidade. Sementes de A. cunninghamii com 7% de teor de umidade, mantêm viabilidade por muitos anos, sendo considerada ortodoxa. Já, sementes de A. hunsteinii, em 10 semanas de armazenagem, começam a perder a viabilidade a partir de conteúdo de umidade relativamente alto (32%) e não germinam com 14% de teor de umidade, sendo consideradas como recalcitrantes (TOMPSETT, 1982). Este resultado é semelhante aos obtidos para H. speciosa. TOMPSETT (1983), descobriu que suprimento adequado de  $O_2$  também é essencial para viabilidade de A. hunsteinii, pois redução na concentração de  $O_2$  leva ao abaixamento na taxa de respiração. Aproveitando esta idéia que tem ligação com a sugestão de VILLIERS (1974, 1975) poderíamos inferir que o mesmo possa ocorrer durante a armazenagem em H. speciosa, de que redução de respiração possa ocorrer em baixa concentração de  $O_2$ , levando à acumulação mais rápida de danos celulares e maior perda de viabilidade, pois a ocorrência de respiração anaeróbica em concentrações mais baixas de  $O_2$  não produziria energia para reparação de danos tão eficientemente quanto respiração aeróbica. A longevidade de sementes então seria relativamente curta.

Segundo TOMPSETT (1983), sementes hidratadas podem alterar a composição de gases em compartimentos fechados de várias maneiras: respiração pode aumentar dióxido de carbono e reduzir concentração de oxigênio; água de respiração pode acumular; etileno e metabólitos voláteis podem ser produzidos. Este autor ainda recomendou que sementes de A. hunsteinii com mais de 32% de

teor de umidade devem ser mantidas a 3,5°C em sacos de polietileno fechados os quais devem ser abertos à medida que necessitar remoção de excesso de umidade e para ventilar as sementes. Esta idéia também poderia ser aproveitada para H. speciosa, pois sementes no início da armazenagem apresentam 46% de teor de umidade e com 10 semanas foi detectado 47% de teor de umidade, assim como presença de contaminação em sementes por fungos. Para evitar danos durante a armazenagem por invasão de fungos, sementes deveriam ser armazenadas com conteúdo de umidade ou temperatura (ou ambos) baixos como foi sugerido por CHRISTENSEN (1973). Esta sugestão no entanto, não se aplica à semente de H. speciosa que não suporta desidratação, perde com extrema rapidez sua viabilidade quando armazenada em embalagens porosas, nas condições de ambiente natural ou geladeira (condições de resfriamento). Resultados similares também foram verificados por CARVALHO et al. (1982) com guaraná (Paullinia cupana var. sorbilis); BOVI & CARDOSO (1978) com palmitero (Euterpe edulis); CARLETTO (1974), ZINK (1964) com cacau (Theobroma cacao); PEREIRA (1980), BARRUETO (1986) com seringueira (Hevea spp.).

SIMON & MATHAVAN (1986) verificaram que sementes maiores (girassol, ervilha) embebem vagarosamente e liberam solutos lentamente. Esta observação foi confirmada, demonstrando que também para H. speciosa, espécie que possui sementes maiores, ocorre embebição vagarosa e liberação de solutos lentamente. A liberação de eletrólitos e entrada de água em H. speciosa ocorre mais rapidamente nos primeiros minutos de embebição, concordando com a su-

gestão de SIMON & RAJA HARUN (1972).

A liberação de eletrólitos é maior nas sementes com menor teor de umidade, que caracterizam sementes mais secas. Este resultado ajusta-se à idéia proposta por SIMON & RAJA HARUN (1972) de que rápida liberação de solutos ocorre quando tecidos secos são colocados em água. Resultados similares também foram obtidos em embriões isolados, porém nestes, o efluxo de eletrólitos foi mais uniforme nos diferentes teores de umidade por um período maior. A saída de eletrólitos de embriões isolados com 10% de teor de umidade é mais acentuada nos primeiros quinze minutos em relação aos outros tratamentos. Portanto, remoção de tegumento e endosperma contribuem em maior liberação de eletrólitos e solutos orgânicos nos tratamentos com menor teor de umidade.

Sementes velhas de H. speciosa armazenadas em saco plástico em geladeira por 4 meses, mesmo apresentando teor de umidade elevado têm perda de viabilidade, sendo a liberação de eletrólitos e solutos orgânicos maior do que nas sementes novas (recém-colhidas) com viabilidade mantida. Este resultado é consistente com as observações de PEARCE & ABDEL SAMAD (1980), os quais sugerem relação entre deterioração de membrana e perda de viabilidade.

No geral, uma relação inversa é verificada entre teor de umidade e efluxo de eletrólitos e solutos orgânicos em sementes e embriões isolados de H. speciosa. Relação inversa também ocorre entre viabilidade e efluxo de eletrólitos e solutos orgânicos, pois sementes e embriões isolados de H. speciosa com perda

de viabilidade devido ao teor reduzido de umidade, liberam concentrações maiores de eletrólitos e solutos orgânicos. Este resultado concorda com CHING & SCHOOLCRAFT (1968), os quais descobriram que as concentrações aumentadas do efluxo de solutos eram relacionadas à perda de vigor, mas a magnitude de aumentos era relacionada à umidade da semente.

Relação entre a viabilidade da semente e a liberação de solutos também foi verificada por HALLOIN (1975), segundo o qual, o conteúdo de umidade da semente no final do período de deterioração, determina a quantidade de eletrólitos liberados da semente.

Liberação mais rápida de eletrólitos e solutos orgânicos pode ser uma característica de embriões de sementes com menor teor de umidade, mas não de embriões hidratados de H. speciosa, que apresentam maior porcentagem de sobrevivência. Isto está de acordo com SIMON & RAJA HARUN (1972).

Porcentagens de germinação e condutividade de eletrólitos podem ser correlacionados negativamente. A maior porcentagem de germinação, em sementes de H. speciosa, é obtida em sementes com teores de umidade elevados, que por sua vez, apresentam menor liberação de eletrólitos. Este resultado ajusta-se àqueles obtidos por HALLOIN (1975).

O resultado da dessecação de sementes de H. speciosa é um aumento na condutividade do meio de embebição, e isto está de acordo com POWELL & MATTHEWS (1977).

A perda de viabilidade pode também ser relacionada com a composição de ácidos graxos de sementes permeáveis. A diminuição de ácidos graxos insaturados; linoléico e linolênico, é acompanhada pela perda de viabilidade de sementes. Este resultado é consistente com a hipótese de que tegumentos impermeáveis de sementes excluem oxigênio e mantêm viabilidade por evitar a auto-oxidação de ácidos graxos insaturados (FLOOD & SINCLAIR, 1981). Esta sugestão poderia ser aplicada para sementes de H. speciosa, cujos tegumentos permeáveis não excluem o oxigênio e perdem viabilidade, provavelmente devido a auto-oxidação de ácidos graxos insaturados.

Liberação de eletrólitos de tecidos pode ser usada para indicar a eficácia de membranas como barreira à difusão de solutos (SIMON, 1974). Enquanto níveis relativamente baixos de substâncias liberadas indicam que membranas celulares são semipermeáveis, altos níveis de liberação indicam danos em membranas (BECWAR et al., 1982).

As diferenças observadas nas perdas de eletrólitos e solutos orgânicos nos diversos tratamentos em H. speciosa assim como perda de viabilidade durante armazenamento e diferentes porcentagens de germinação podem ser devidas a danos em membranas, como foi sugerido por ROBERTS (1972b), POWELL & MATTHEWS (1977), PARRISH & LEOPOLD (1978), PEARCE & SAMAD (1980), McKERSIE & STINSON (1980), BECWAR et al. (1982); a alterações citológicas, genéticas e metabólicas segundo parecer de ROBERTS (1972b, 1973b), e alterações macromoleculares segundo proposta de VILLIERS (1973).

Também, pode ser levada em consideração que mesmo num lote de sementes geneticamente uniformes, as sementes estão em diferentes estádios de deterioração de acordo com a sugestão de ELLIS & ROBERTS (1981). Normalmente, as proteínas e fosfolipídios de membranas, adotam configuração de dupla camada. Em conteúdo baixo de água, a dupla camada de membrana torna-se rearranjada numa fase hexagonal que é largamente hidrofóbica mas é perfurada por longos canais cheios de água enfileirados pelas cabeças polares dos fosfolipídios (SIMON, 1984; BEWLEY & BLACK, 1985). No entanto, segundo McKERSIE & STINSON (1980), danos em membranas e liberação de solutos citoplasmáticos não podem ser explicados pela formação de uma fase hexagonal pelos fosfolipídios da membrana. Há pouca evidência de ocorrência de fase hexagonal (fase estável H<sub>II</sub>) em membranas biológicas (KIRK & GRUNER, 1985).

O tempo levado pelas sementes de *H. speciosa* para germinar, não somente aumenta com o envelhecimento das sementes, mas também varia com a temperatura à qual as sementes estão submetidas durante a germinação, concordando com ELLIS & ROBERTS (1981). Estes autores afirmam que perda de viabilidade em cada semente é precedida por outras alterações fisiológicas e envelhecimento da semente.

Germinação é caracterizada por uma rápida entrada de água que facilita a mobilização de material de reserva e a utilização dessas reservas no crescimento do eixo (INGLE et al., 1964). As alterações químicas que ocorrem na semente são complexas. Consistem de hidrólise de certos materiais de reserva na se-

mente, do transporte dos materiais de uma parte da semente para outra, e especificamente do endosperma para o embrião, ou dos cotilédones para as partes em crescimento, e finalmente a síntese de novos materiais a partir da quebra dos produtos formados. As alterações metabólicas que ocorrem nos estádios iniciais da germinação são resultantes das atividades de várias enzimas. As enzimas hidrolíticas ou enzimas de transferência ou estão presentes na semente "seca" ou tornam-se muito ativas ou são sintetizadas "de novo" assim que a semente embebe com água e aumentam sua atividade à medida que prossegue a germinação (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1982).

Alterações na composição de sementes durante a germinação têm sido investigada em muitas espécies: Zea mays (INGLE *et al.*, 1964, 1965); Pseudotsuga menziesii (CHING, 1966); Avena sativa (HALL & HODGES, 1966); Dryza sativa (PALMIANO & JULIANO, 1972); Euphorbia lathyris (GROENEVELD *et al.*, 1987). Nessas espécies, bem como em H. speciosa, o endosperma mostra uma redução dos compostos estudados, enquanto os outros órgãos apresentam aumentos destes compostos em vários constituintes da semente.

Durante a germinação de sementes e desenvolvimento inicial da plântula de H. speciosa, uma relação inversa é verificada nos conteúdos de carboidratos solúveis totais, proteínas solúveis e fósforo total dos cotilédones e eixo embrionário em relação ao endosperma. Os dados sugerem hidrólise e translocação de carboidratos e proteínas no decorrer do experimento. Os níveis destes dois compostos são similares. A degradação de proteínas solúveis

no endosperma foi mais acentuada entre 15 e 30 dias de germinação, ao passo que a redução de carboidratos solúveis totais no endosperma foi maior de 0 a 15 dias de germinação. A degradação de proteínas solúveis e carboidratos solúveis no endosperma coincide com os aumentos no eixo embrionário e cotilédones. Resultados similares também foram encontrados por INGLE *et al.* (1964), OOTA *et al.* (1953).

A diminuição do fósforo total do endosperma, coincide com translocação em maior quantidade para cotilédones do que para o eixo. A partir do 30º dia, praticamente o fósforo total encontra-se disponível em cotilédones para que possa ser reutilizado pelo eixo embrionário. Estudos com radiofósforo forneceram provas da rapidez da translocação do elemento para as partes em crescimento da planta (BIDDULPH, 1969). O fósforo desempenha ainda, papel chave no metabolismo energético, regula muitos processos enzimáticos e interfere na biossíntese de proteínas (EPSTEIN, 1975; MALAVOLTA, 1974). Resultados similares da translocação de fósforo total também foram verificados por GROENEVELD *et al.* (1987), HALL & HODGES (1966).

Com base em toda a plântula de *H. speciosa*, há uma diminuição dos constituintes insolúveis que é acompanhada por um aumento no material solúvel. A redução de carboidratos solúveis nos primeiros 15 dias pode ser atribuída à sua degradação no metabolismo, e após este período, a reposição pela fotossíntese passa a ser maior que a utilização em processos energéticos. O aumento de proteínas em toda a plântula coincide com a redução de

fósforo total. Esta redução pode ser atribuída à incorporação de fósforo no metabolismo.

Os conteúdos de carboidratos solúveis totais e proteínas solúveis acompanham de maneira similar o crescimento em peso de matéria fresca das plântulas de H. speciosa. Isso mostra que o conteúdo de carboidratos solúveis totais poderia ser utilizado como parâmetro de crescimento, embora estes carboidratos sejam compostos intermediários do metabolismo e não um produto final. As proteínas solúveis, sendo um produto final do metabolismo, podem ser utilizadas como um parâmetro de crescimento.

Em pesos de matérias fresca e seca de sementes de H. speciosa, o endosperma se caracteriza por maior massa no início de germinação, porém os pesos de cotilédones e eixo embrionário praticamente atingem a metade do peso final com 15 dias, coincidindo com a redução do peso do endosperma também pela metade. Com 30 dias, quando o peso do endosperma torna-se bem reduzido, os valores encontrados para cotilédones são mais elevados que os do eixo embrionário. Isto indica, nesta fase, que, cotilédones crescem bem mais que o eixo embrionário.

Em H. speciosa, assim como em outras espécies observadas por INGLE et al. (1964), CHING (1966) e OOTA et al. (1953), os aumentos de pesos frescos de cotilédones e eixo embrionário são mais rápidos do que pesos secos.

Os resultados apresentados neste trabalho, quando analisados em termos da propagação da espécie em condições naturais, sugerem mecanismos de adaptação para H. speciosa.

Plantas perenes, que produzem sementes recalcitrantes adotam segundo ROBERTS & KING (1980), uma estratégia reprodutiva, produzindo a intervalos regulares, sementes grandes que caem em ambientes relativamente úmidos.

No caso de cerrados, onde a escassez de matéria orgânica na superfície do solo e temperatura elevada do solo não permitem um microclima adequado para manutenção de alto teor de umidade da semente (necessário para sementes recalcitrantes), acredita-se que esta espécie apresente algumas estratégias reprodutivas de sobrevivência. Uma possibilidade é a presença de frutificação por períodos longos, de tal forma que os frutos, caindo em época chuvosa, mantidos levemente soterrados, possam manter a viabilidade da semente por mais tempo e permitir a germinação. Outra possibilidade é a germinação de sementes dentro do fruto. Isto foi verificado a partir de 6 frutos soterrados e 6 frutos mantidos superficialmente em bandejas contendo solo de cerrado, onde duas sementes provenientes de frutos enterrados germinaram.

## RESUMO

Neste trabalho verificou-se que a germinação de Hancornia speciosa é indiferente à luz nas temperaturas de 15 a 35°C. A faixa ótima de germinação ocorre de 20 a 30°C. Os pares de alternâncias de temperaturas 25-20, 25-25 e 25-30°C têm o mesmo efeito que as temperaturas constantes de 20, 25 e 30°C. Já as alternâncias 25-5 e 25-10°C promovem a germinação.

As sementes de H. speciosa são quiescentes, germinam a partir do 5º dia quando postas em condições favoráveis.

Devido ao alto teor de umidade presente nas sementes de H. speciosa, a sua porcentagem de embebição é menor em relação às sementes ortodoxas cujo teor de umidade é inferior para manutenção de viabilidade.

As sementes de H. speciosa embebem facilmente, o tegumento delgado não parece exercer uma barreira física ou química às trocas gasosas. O hilo não é a única região por onde ocorrem trocas gasosas, pois a impermeabilização deste e excesso de água no meio de germinação não determinam reduções nas taxas de germinação e nem barreiras à difusão de oxigênio, indicando que todo o tegumento permite a entrada de água.

A viabilidade de sementes de H. speciosa é curta, com rápida deterioração. Uma nítida relação entre teor de umidade e germinação é verificada durante a armazenagem. A melhor condição para manter a capacidade de germinação da semente é a armazenagem das sementes em sacos plásticos em geladeira ou temperatura am-

biente. A partir de nove semanas de armazenagem em sacos plásticos, as sementes perdem viabilidade, mesmo com alto teor de umidade. Uma possível causa da perda de viabilidade pode ser explicada por injúrias ao resfriamento e contaminação por fungos. Sementes armazenadas em sacos de papel apresentam, na primeira semana, queda no teor de umidade e ausência de germinação.

A desidratação das sementes modifica tanto a capacidade como a velocidade de germinação. Com 120 horas (5 dias) de desidratação, sementes atingem 5,7% de teor de umidade com perda de viabilidade e capacidade de germinação. A faixa de teor de umidade para germinação é de 15 a 45%, sendo ótimo o teor de umidade de 25 a 45%.

A pré-embebição em sementes com diferentes teores de umidade parece antecipar o início e final de germinação, com maior velocidade no processo quando comparado com sementes sem pré-embebição.

Sementes e embriões isolados de H. speciosa com diferentes teores de umidade, em contato com água, embebem vagarosamente e liberam eletrólitos e solutos orgânicos lentamente. Nos primeiros minutos de embebição, a liberação de eletrólitos e entrada de água ocorrem mais rapidamente.

Uma relação inversa é verificada entre teor de umidade e efluxo de eletrólitos e solutos orgânicos em sementes e embriões isolados. A liberação de eletrólitos é maior nas sementes e embriões com menor teor de água. A remoção do tegumento e endosperma acentuam mais a liberação de eletrólitos e solutos orgâ-

nicos pelos embriões com menor teor de água.

A idade da semente também é levada em consideração. Sementes velhas perdem mais eletrólitos e solutos orgânicos do que sementes novas, sugerindo relação entre deterioração de membrana e perda de viabilidade. Altos níveis de liberação sugerem danos em membranas. O envelhecimento de sementes também contribui para prolongar o tempo em que ocorre a germinação.

Relação inversa também pode ser estendida para viabilidade e efluxo de eletrólitos e solutos orgânicos, pois sementes e embriões isolados de H. speciosa com perda de viabilidade devido ao teor reduzido de umidade, liberam concentrações maiores de eletrólitos e solutos orgânicos.

Sementes de H. speciosa com maior teor de umidade têm maior porcentagem de germinação e liberam menos eletrólitos e solutos orgânicos. Portanto, porcentagens de germinação e condutividade de eletrólitos ou absorbância de solutos orgânicos podem ser correlacionados negativamente.

Durante o processo de germinação de sementes de H. speciosa ocorre mobilização de material de reserva (carboidratos, proteínas solúveis e fósforo total) do endosperma, e a utilização destas reservas no crescimento dos cotilédones e eixo embrionário. Uma relação inversa é verificada nos conteúdos de carboidratos solúveis totais, proteínas solúveis, fósforo total e pesos de matérias fresca e seca dos cotilédones e eixo embrionário em relação ao endosperma. A diminuição de proteínas solúveis, carboidratos solúveis, fósforo total e pesos de matérias fresca e seca

no endosperma coincide com os aumentos no eixo embrionário. Com base em toda a plântula, há uma diminuição dos constituintes insolúveis e aumento no material solúvel durante a germinação.

Pelo trabalho realizado verificou-se que sementes de H. speciosa são recalcitrantes, necessitando de alto teor de umidade para a sua germinação, além de curta viabilidade. Nas condições de cerrado pelo menos duas estratégias reprodutivas são evidenciadas: longos períodos de frutificação e germinação das sementes dentro do fruto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, C.A. & RINNER, R.W. 1981. Seed maturation in soybeans (Glycine max L.Merr.) is independent of seed mass and of the parent plant, yet is necessary for production of viable seeds. J. exp. Bot., 32(128):615-20.
- AKORODA, M.O. 1986. Seed desiccation and recalcitrance in Telfairia occidentalis. Seed Sci. Technol., 14:327-32.
- ALVIM, P.T. & ARAÚJO, W.A. 1952. El suelo como fator ecológico en el desarrollo de la vegetación en el centro-oeste del Brasil. Turrialba, 2(4):153-60.
- ARASAKI, F.R. & FELIPPE, G.M. 1987. Germinação de Dalbergia violacea, uma espécie dos cerrados. Rev. bras. Biol., 47(4):457-63.
- ARENS, K. 1971. As plantas lenhosas dos campos cerrados como flora adaptada as deficiências minerais do solo. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado. São Paulo, Edgard Blücher e EDUSP. p. 249-265.
- ARNON, D.I. & HOAGLAND, D.R. 1940. Crop production in artificial culture solutions and in soils with special reference to factors influencing yields and absorption of inorganic

nutrients. Soil Sci., 50:463-85.

BARRADAS, M.M. & HANDRO, W. 1974. Algumas observações sobre a germinação da semente do barbatimão, Stryphnodendron barbadetiman (Vell.) Mart. (Leguminosae-Mimosoideae). Bol. Botânica, Univ. S Paulo, 2:139-50.

BARRUETO, L.P.; PEREIRA, I.P. & NEVES, M.A. 1986. Influência da maturação fisiológica e do período entre a coleta e o início do armazenamento sobre a viabilidade da semente de seringueira (Hevea spp). Turrialba, 36(1):65-75.

BARTON, L.V. 1961. Seed preservation and longevity. New York, Interscience. 216p.

BASS, L.N. 1973. Controlled atmosphere and seed storage. Seed Sci. Technol., 1:463-92.

BECWAR, M.R.; STANWOOD, P.C. & ROOS, E.E. 1982. Dehydration effects on embibitional leakage from desiccation sensitive seeds. Pl. Physiol., 69:1132-5.

BEIGUELMAN, B. 1962. Cerrado: vegetação oligotrófica. Ciênc. Cult., S Paulo, 14(2):99-107.

BEWLEY, J.D. & BLACK, M. 1982. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: viability, dormancy and environmental control. Berlin, Springer-Verlag. v.2, 375p.

----- & ----- 1983. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination: development, germination and growth. Berlin, Springer-Verlag. v.1, 306p.

----- & ----- 1985. Seeds: physiology of development and germination. New York, Plenum. 367p.

BIDDULPH, O. 1969. Mechanisms of translocation of plant metabolites. In: EASTIN, J.D. ed. Physiological aspects of crop yield. Madison, American Society of Agronomy. p.143-164.

BIELESKI, R.L. & TURNER, N.A. 1966. Separation and estimation of amino acids in crude plant extracts by thin-layer eletrophoresis and chromatography. Analyt. Biochem., 17:278-93.

BORGES, E.E.L.; BORGES, R.C.G. & TELES, F.F.F. 1980. Avaliação da maturação e dormência de sementes de orelha de negro. Rev. bras. Sem., 2:29-32.

BOVI, M.L.A. & CARDOSO, M. 1978. Conservação de sementes de palmitreiro (Euterpe edulis Mart.). Bragantia, 37:65-71.

- BRADFORD, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analyt. Biochem., 72:248-54.
- CAMARGO, A.P. 1971. Clima do cerrado. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado. São Paulo, Edgard Blücher e EDUSP. p.75-95.
- CARLETTO, G.A. 1974. O poder germinativo das sementes do cacaueiro. Cacau Atual., 11(1):2-3.
- CARVALHO, J.E.U.; FRAZÃO, D.A.C.; FIGUEIREDO, F.J.C. & OLIVEIRA, R.P. 1982. Conservação da viabilidade de sementes de guaraná Paullinia cupana var. sorbilis (Mart.)Ducke. Emp. bras. Pesq. Agropec., 35:1-12.
- CHING, T.M. 1966. Compositional changes of Douglas fir seeds during germination. Pl. Physiol., 41:1313-5.
- & SCHOOLCRAFT, I. 1968. Physiological and chemical differences in aged seeds. Crop Sci., 8:407-9.
- CHRISTENSEN, C.M. 1973. Loss of viability in storage: microflora. Seed Sci. Technol., 1:547-62.

- COHEN, D. 1958. The mechanism of germination stimulation by alternating temperatures. Bull. Res. Counc. Israel, 6D:111-7.
- CORBINEAU, F. & CÔME, D. 1988. Storage of recalcitrant seeds of four tropical species. Seed Sci. Technol., 16:97-103.
- CORRÊA, M.P. 1984. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas e cultivadas. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional. v.5, p.82-83.
- COUTINHO, L.M. 1977. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado. II. As queimadas e a dispersão de sementes em algumas espécies anemocóricas do estrato herbáceo-subarbustivo. Bol. Botânica, Univ. S Paulo, 5:57-64.
- 1978a. O conceito de cerrado. Rev. bras. Bot., 1:17-23.
- 1978b. Aspectos ecológicos do fogo no cerrado. I. A temperatura do solo durante as queimadas. Rev. bras. Bot., 1:93-6.
- 1982. Ecological effects of fire in Brazilian Cerrado. In: HUNTLEY, B.J. & WALKER, B.H., ed. Ecological studies: ecology of tropical savannas. Berlin, Springer-Verlag. v.42, p.273-91.

DIONELLO, S.B. 1978. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de Kielmeyera coriacea Mart. São Paulo. Tese (Doutorado). 123p. Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo.

DURLEY, R.C.; MacMILIAN, J. & PRYCE, R.J. 1971. Investigation of gibberellins and other growth substances in the seed of Phaseolus multiflorus and of Phaseolus vulgaris by gas chromatograph and by gas chromatograph-mass spectrometry. Phytochemistry, 10:1891-908.

EITEN, G. 1971. Habitat flora of fazenda Campininha, São Paulo, Brazil. I. Introduction, species of the "cerrado", species of open wet ground. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre cerrado. São Paulo, Edgard Blücher e EDUSP. p.155-202.

----- 1972. The cerrado vegetation of Brazil. Bot. Rev., 38:201-341.

ELLIS, R.H. & ROBERTS, E.H. 1980a. Improved equations for the prediction of seed longevity. Ann. Bot., 45:13-30.

----- & ----- 1980b. The influence of temperature and moisture on seed viability period in barley (Hordeum distichum L.). Ann. Bot., 45:31-7.

----- & ----- 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Sci. Technol., 9:373-409.

EPSTEIN, E. 1975. Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos. 341p.

FELIPPE, G.M.; GHERARDI, E.; PENTEADO, L.B.K.; ANNES, V.C.S. & SENE, C.M. 1970. Detecção de giberelinas durante a germinação de Rumex obtusifolius L. Arq. Inst. Biol., 37:177-87.

-----; GIULETTI, A.M. & LUCAS, N.M.C. 1971. Estudos de germinação em Porophyllum lanceolatum DC. I. Efeito da luz, temperatura e fotoperíodo. Hoehnea, 1:1-9.

----- 1978. Effect of temperature on germination of Rumex obtusifolius. Rev. Mus. paul., 25:167-81.

----- 1984. Germinação de Zornia reticulata, uma espécie dos cerrados. Congresso da Sociedade Botânica de São Paulo, 4. Anais. São Paulo. p.7-14.

----- & SILVA, J.C.S. 1984. Estudos de germinação em espécies do cerrado. Rev. bras. Bot., 7(2):157-63.

FERREIRA, M.B. 1973. Frutos comestíveis do Distrito Federal. III.

Piqui, mangaba, marolo e mamãozinho. Cerrado, 5(20):22-5.

----- 1980. Frutos comestíveis nativos do cerrado em Minas Gerais. Infme Agropec., 6(61):9-18.

FERRI, M.G. 1944. Transpiração de plantas permanentes dos cerrados. Bol. Fac. Filos. Ciênc. Letr. Univ. S Paulo, série Botânica, 4:159-224.

----- 1963. Evolução do conceito de xerofitismo. Bol. Fac. Filos. Ciênc. Letr. Univ. S Paulo, série Botânica, 19:101-14.

----- 1977. Ecologia dos cerrados. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado: bases para a utilização agropecuária, 4, Belo Horizonte, Itatiaia, São Paulo, EDUSP. p.15-36.

----- 1978. Ecologia comparada del "cerrado" y de la "caatinga". In: Congresso Venezuelano de Botânica, 5. Memórias, Barquissimeto, Universidad Centro Occidental. p.189-243.

FLOOD, R.G. & SINCLAIR, A. 1981. Fatty acid analysis of aged permeable and impermeable seeds of Trifolium subterraneum (subterranean clover). Seed Sci. Technol., 9:475-7.

FONSECA, E.T. 1954. Frutas do Brasil. Rio de Janeiro, INL. 281p.

GEPSTAIN, S. & ILAN, I. 1970. A promotive action of kinetin on amylase activity in cotyledons of Phaseolus vulgaris. Pl. Cell Physiol., 11:819-22.

GOODLAND, R. 1971a. A physiognomic analysis of the "cerrado" vegetation of Central Brasil. J. Ecol., 59:411-9.

----- 1971b. Oligotrofismo e alumínio no cerrado. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado, 3. São Paulo, Edgard Blücher e EDUSP. p.44-60.

GROENEVELD, H.W.; ELINGS, J.C. & KODPS, A.J. 1987. Mobilisation of reserves and the earliest synthesis of sterols and latex triterpenes during germination and early seedling growth of Euphorbia lathyris. Physiologia Pl., 71:296-301.

HALL, J.R. & HODGES, T.K. 1966. Phosphorus metabolism of germinating oat seeds. Pl. Physiol., 41:1459-64.

HALLOIN, J.M. 1975. Solute loss from deteriorated cottonseed: relationship between deterioration, seed moisture and solute loss. Crop Sci., 15:11-5.

HANDRO, W. 1969. Contribuição ao estudo da unidade de dispersão e da plântula de Andira humilis Mart. ex Benth. (Leguminosae-

- Latoidae). Bol. Fac. Filos. Ciênc. Letr. Univ. S Paulo, série Botânica, 27:1-189.
- HARRINGTON, G.T. 1923. Use of alternating temperatures in the germination of seeds. J. Agric. Res., 23:295-332.
- HARRINGTON, J.F. 1972. Seed storage and longevity. In: KOZLOWSKI, T.T., ed. Seed biology. New York, Academic. v.3, p. 145-245.
- HARTMANN, H.T. & KESTER, D.E. 1968. Plant propagation: principles and practices. 2 ed. London, Prentice-hall, p.117-148.
- HEYDECKER, W. 1969. The "vigour" of seeds. Proc. Int. Seed Test. Ass., 34(2):201-19.
- & CHETRAM, R.S. 1971. Water relations of beetroot seed germination. I. Microbial factors, with special reference to laboratory germination. Ann. Bot., 35:17-29.
- INGLE, J.; BEEVERS, L. & HAGEMAN, R.H. 1964. Metabolic changes associated with the germination of corn. 1. Changes in weight and metabolites and their redistribution in the embryo axis, scutellum, and endosperm. Pl. Physiol., 39:735-40.
- JOLY, C.A. & FELIPPE, G.M. 1978. Fenologia e germinação de Rapanea guianensis e Zeyhera digitalis. Ciênc.Cult., S Paulo,

30(supl):418.

----- & ----- 1979a. Germinação e fenologia de Zeyhera digitalis (Vell.) Hoehnea, 8:35-40.

----- & ----- 1979b. Dormência das sementes de Rapanea guianensis Aubl. Rev. bras. Bot., 2:1-6.

-----; -----; DIETRICH, S.M.C. & CAMPOS-TAKAKI, G.M. 1980. Physiology of germination and seed gel analysis in two populations of Magonia pubescens St.Hil. Rev. bras. Bot., 3:1-9.

KENDRICK, R.E. 1976. Photocontrol of seed germination. Sci Prog., 63:347-67.

KING, M.W. & ROBERTS, E.H. 1980a. Maintenance of recalcitrant seeds in storage. In: CHIN, H.F. & ROBERTS, E.H., eds. Recalcitrant crop seeds. Kuala Lumpur, Tropical. p.35-89.

----- & ----- 1980b. A strategy for future research into the storage of recalcitrant seeds. In: CHIN, H.F. & ROBERTS, E.H., eds. Recalcitrant crop seeds. Kuala Lumpur, Tropical. p.90-110.

----- & ----- 1982. The imbibed storage of cocoa (Theobroma cacao) seeds. Seed Sci. Technol., 10:535-40.

KIRK, G.L. & GRUNER, S.M. 1985. Lyotropic effects of alkanes and headgroup composition on the  $L_{\alpha}$ -H<sub>II</sub> lipid liquid cristal phase transition: hydrocarbon packing versus intrinsic curvature. J. Physique, 46:761-9.

KOLLER, D. 1972. Environmental control of seed germination. In: KOZLOWSKI, T.T., ed. Seed biology. New York, Academic. v.2, p.1-101.

LANG, A. 1965. Effects of some internal and external conditions on seed germination. In: RUHLAND, W., ed. Encyclopedia of plant physiology. Berlin, Springer-Verlag. v.15/2, p.849-893.

LARSON, L.A. 1968. The effect soaking pea seeds with or without seedcoats has on seedling growth. Pl. Physiol., 43:255-9.

LAW, A.G.; GREGG, B.R.; YOUNG, P.B. & CHETTI, P.R. 1971. Seed marketing. New Delhi, Contract Aid. 185p.

LEDOUX, P. 1968. Estudos sobre Hancornia speciosa Gom. (mangabeira; Apocynaceae) na região equatorial amazônica. (Investigações de fitogeografia e ecologia experimental nas savanas equatoriais do Amapá.). Ciênc. Cult., S Paulo,

20(2):504-5.

LINDEMAN, W. 1958. Observations on the behaviour of phosphate compounds in Chlorella at the transition from dark to light. In: United Nations, ed. United Nations International Conferences on the Peacefull uses of Atomic Energy. 2.ed. 24., Genebra. p.8-15.

LOCKER, A. & ILAN, I. 1975. On the nature of the hormonal regulation of amylase activity in cotyledons germinating peas. Pl. Cell. Physiol., 16:449-54.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A.F. & BRASIL SOBRº, M.O.C. 1974. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo, Livraria Pioneira. 752p.

MAYER, A.M. & POLJAKOFF-MAYBER, A. 1982. The gemination of seeds. 3 ed. New York, Pergamon. 211p.

McKERSIE, B. & STINSON, R.H. 1980. Effect of dehydration on leakage and membrane structure in Lotus corniculatus L. seeds. Pl. Physiol., 66:316-20.

MELHEM, T.S. 1975. Fisiologia da germinação das sementes de Dipteryx alata Vog. (Leguminosae-Lotoideae). Hoehnea, 5:59-90.

- MELLO, J.T.; RIBEIRO, J.F. & LIMA, V.L.G.F. 1979. Germinação de sementes de algumas espécies arbóreas nativas do cerrado. Rev. bras. Sem., 1:8-12.
- METIVIER, J. & PAULILO, M.T. 1980. The utilization of cotyledonary reserves in Phaseolus vulgaris L. cv. carioca. II. The effects of 6-benziladenine and gibberellic acid upon embryonated and detached cotyledons. J. exp. Bot., 31(124):1271-82.
- MORRIS, D.A. 1978. Germination inhibitors in developing seeds of Phaseolus vulgaris L. Z. Pflanzenphysiol., 86:433-41.
- MUELLER, J. 1860. Apocynaceae. In: MARTIUS, C.F.P. de, ed. Flora brasiliensis enumeratio Plantarum in Brasilia hactenus delectarum quas suis aliorumque botanicorum studies descriptas et methodo naturali digestas partim icone illustratas. Lipsiae, Frid. Fleischer in comm. v.6, pt.1, p.23-5, t.8.
- MUMFORD, P.M. & BRETT, A.C. 1982. Conservation of cacao seed. Trop. Agric., 59(4):306-10.
- OBENDORF, R.L.; ASHWORTH, E.N. & RYTKO, G.T. 1980. Influence of seed maturation on germinability in soybean. Crop. Sci., 20:483-6.

- ONCKELEN, H. van; CAUBERGS, R.; HOREMANS, S. & GREEF, J.A. 1980. Metabolism of abscisic acid in developing seeds of Phaseolus vulgaris L. and its correlation to germination and  $\alpha$ -amilase activity. J. exp. Bot., 31(123):913-20.
- OOTA, Y; FUJII, R. & OSAWA, S. 1953. Changes in chemical constituents during the germination of a bean, Vigna sesquipedalis. J. Biochem., 40:649-61.
- ORPHANOS, P.I. & HEYDECKER, W. 1968. On the nature of the soaking injury of Phaseolus vulgaris seeds. J. exp. Bot., 19:770-84.
- PALMIANO, E.P. & JULIANO, B.O. 1972. Biochemical changes in the rice grain during germination. Pl. Physiol., 49:751-6.
- PARENTE, T.V.; BORGO, L.A. & MACHADO, J.W.B. 1985. Características físico-químicas de frutos de mangaba (Hancornia speciosa Gom.) do cerrado da região geoeconômica do Distrito Federal. Ciênc. Cult., S Paulo, 37(1):95-8.
- & MACHADO, J.W.B. 1986. Germinação de sementes de mangaba (Hancornia pubescens Nees et Mart.) provenientes de frutos colhidos com diferentes graus de maturação. Rev. bras. Frutic., 8(1):39-43.

- PARRISH, D.J. & LEOPOLD, A.C. 1978. On the mechanism of aging in soybean seeds. Pl. Physiol., 61:365-8.
- PEARCE, R.S. & ABDEL SAMAD, I.M. 1980. Change in fatty acid content of polar lipids during ageing of seeds of peanut (Arachis hypogea L.). J. exp. Bot., 31(124):1283-90.
- PEREIRA, J.P. 1980. Conservação da viabilidade do poder germinativo da semente de seringueira. Pesq. Agropec. bras., 15(2):237-44.
- PIMENTEL, M.L. & SANTOS, E.O. 1978. Preservação do poder germinativo de semntes de mangaba Hancornia speciosa Gom. Emp. Pesq. Agropec., Pernambuco, 6p. (Comunicado Técnico).
- POGGIANI, F. 1971. Estudo do crescimento e da atividade AIA-oxidásica em algumas espécies do cerrado. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado, 3. São Paulo, Edgard Blücher e EDUSP. p.201-11.
- POLLOCK, B.M. 1969. Imbibition temperature sensitivity of lima bean seeds controlled by initial seed moisture. Pl. Physiol., 44:907-11.
- & TOOLE, V.K. 1966. Imbibition period as the critical temperature sensitive stage in germination of lima bean seeds.

Pl. Physiol., 41:221-9.

POWELL, A.A. & MATTHEUS, S. 1977. Deteriorative changes in pea seeds (Pisum sativum L.), stored in humid or dry conditions. J. exp. Bot., 28(102):225-34.

----- & ----- 1978. The damaging effect of water on dry pea embryos during imbibition. J. exp. Bot., 29(112):1215-29.

----- & ----- 1979. The influence of testa condition on the imbibition and vigour of pea seeds. J. exp. Bot., 30(114):193-7.

RACHID-EDWARDS, M. 1956. Alguns dispositivos para proteção de plantas contra a seca e o fogo. Bol. Fac. Filos. Ciênc. Letr. Univ. S. Paulo, série Botânica, 13:35-68.

RANZANI, G. 1971. Solos do cerrado no Brasil. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado, 3. São Paulo, Edgard Blücher e EDUSP. p.26-43.

RAWITSCHER, F.; FERRI, M.G. & RACHID, M. 1943. Profundidade dos solos e vegetação em campos cerrados do Brasil Meridional. Anais Acad. bras. Ciênc., 15:264-94.

REIS, A.C.S. 1971. Climatologia dos cerrados. In: FERRI, M.G., coord. Simpósio sobre o cerrado, 3. São Paulo, Edgard Blücher e EDUSP. p.15-25.

RIZZINI, C.T. 1970. Efeito tegumentar na germinação de Eugenia dysenterica DC. (Myrtaceae). Rev. bras. Biol., 30:381-402.

----- 1971. Germinação e inibição em cinco espécies de Andira (Leguminosae-Lotoideae). Rev. bras. Biol., 31:209-18.

----- 1976. Influência da temperatura sobre a germinação de diásporos do cerrado. Rodriguesia, 41:341-83.

ROBERTS, E.H. 1972a. Storage environment and the control of viability. In: ROBERTS, E.H., ed. Viability of seeds. London, Chapman and Hall. p.14-58.

----- 1972b. Cytological, genetical and metabolical changes associated with loss of viability. In: ROBERTS, E.H., ed. Viability of seeds. London, Chapman and Hall. p.253-306.

----- 1973a. Predicting the storage life of seeds. Seed Sci. Technol., 1:499-514.

----- 1973b. Loss of seed viability: chromosomal and genetical aspects. Seed Sci. Technol., 1:515-27.

- 1973c. Loss of viability: ultrastructural and physiological aspects. Seed Sci. Technol., 1:529-45.
- 1975. Problems of long-term storage of seed and pollen for genetic resources conservation. In: FRANKEL, D.H. & HAWKES, J.G., eds. Crop genetics resources for today and tomorrow. London, Cambridge University Pr. p.269-294.
- 1981. Physiology of ageing and its application to drying and storage. Seed Sci Technol., 9:359-72.
- & ELLIS, R.H. 1977. Prediction of seed longevity at sub-zero temperatures and genetic resources conservation. Nature, 268:431-3.
- & KING, M.W. 1980. The characteristics of recalcitrant seeds. In: CHIN, H.F. & ROBERTS, E.H., eds. Recalcitrant crop seeds. Kuala Lumpur, Tropical. p.1-5.
- & SMITH, R.D. 1977. Dormancy and the pentose phosphate pathway. In: KHAN,, A.A., ed. The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination. Amsterdam, North-Holland. p.385-411.

- SALGADO-LABOURIAU, M.L. 1973. A semente de Magonia pubescens St. Hil. - Morfologia e germinação. Anais Acad. bras. Ciênc., 45(3/4):501-37.
- SANKHLA, R. & CHAWAN, D.D. 1980. Effect of different seed moisture levels on germination behaviour of Phaseolus vulgaris AIT. Biologia Pl., 22(5):388-91.
- SCALA, J.; PATRICK, C. & MACBETH, G. 1969. Gibberellic acid and the castor bean fructose-1,6-diphosphatases. Phytochemistry, 8:37-44.
- SERRA, A. & SEREBRENICK, S. 1938. Tabelas psicrométricas. Rio de Janeiro, Papelaria Ribeiro. 102p.
- SIMON, E.W. 1974. Phospholipids and plant membrane permeability. New Physiol., 73:377-420.
- 1984. Early events in germination. In: MURRAY, D.R., ed. Seed physiology: germination and reserve mobilization. London, Academic. v.2, p.77-115.
- & MATHAVAN, S. 1986. The time-course of leakage from imbibing seeds of different species. Seed Sci. Technol., 14:9-13.

- & RAJA HARUN, R.M. 1972. Leakage during seed imbibition. J. exp. Bot., 23:1076-85.
- SNEDECOR, G.W. & COCHRAN, W.G. 1967. Statistical methods. Iowa, Iowa State University Pr. 593p.
- STEWART, R.R.C. & BEWLEY, J.D. 1981. Protein, synthesis and phospholipids in soybean axes in response to imbibitional chilling. Pl. Physiol., 68:516-8.
- TAVARES, S. 1960. Estudos sobre germinação de sementes de mangaba, Hancornia speciosa Gomes. Arg. Inst. Pesq. Agron., Recife, 5:193-222.
- TOMPSETT, P.B. 1982. The effect of desiccation on the longevity of seeds of Araucaria hunsteinii and A. cunninghamii. Ann. Bot., 50:693-704.
- 1983. The influence of gaseous environment on the storage life of Araucaria hunsteinii seed. Ann. Bot., 52:229-37.
- TULLY, R.E.; MUSGRAVE, M.E. & LEOPOLD, A.C. 1981. The seed coat as a control of imbibitional chilling injury. Crop Sci., 21:312-7.

- UMBREIT, W.W. & BURRIS, R.H. 1964. General method for carbohydrates. In: UMBREIT, W.W.; BURRIS, R.H. & STAUFFER, J.F., eds. Manometric techniques. 4 ed. Minnesota, Burgess. cap.11, p.210.
- VALID, I.F.M. 1984. The role of seed coat in early stages of soybean germination. Biologia Pl., 28(4):258-64.
- VILLIERS, T.A. 1972. Seed dormancy. In: KOZLOWSKI, T.T., ed. Seed biology. New York, Academic, v.2, p.220-281.
- 1973. Ageing and the longevity of seeds in field conditions. In: HEYDECKER, W., ed. Seed ecology. London, Butterworths. p.265-88.
- 1974. Seed aging: chromosome stability and extended viability of seeds stored fully imbibed. Pl. Physiol., 53:875-8.
- 1975. Genetic maintenance of seeds in imbibed storage. In: FRANKEL, O.H. & HAWKES, J.G., eds. Crop genetic resources for today and tomorrow. London, Cambridge University Pr. p.297-316.
- & EDGCUMBE, D.J. 1975. On the cause of seed deterioration in dry storage. Seed Sci. Technol., 3:761-74.

- WALBOT, V.; CLUTTER, M. & SUSSEX, I.M. 1972. Reproductive development and embryogeny in Phaseolus. Phytomorphology, 22:59-68.
- WAREING, P.F. & FODA, H.A. 1957. Growth inhibitors and dormancy in Xanthium seed. Physiol. Pl., 10:266-80.
- WARMING, E. 1908. Lagoa Santa: contribuição para a geografia phytobiologica. Belo Horizonte. Oficina do Estado de Minas Gerais, 282p.
- WITZTUM, A.; GUTTERMAN, Y. & EVENARI, M. 1969. Integumentary mucilage as an oxygen barrier during germination of Blepharis persica (Burm.)Kuntze. Bot. Gaz., 130(4):238-41.
- YOMO, H. & VARNER, J.E. 1973. Control of the formation of amylases and proteases in the cotyledons of germinating peas. Pl. Physiol., 51:708-13.
- YOUNG, J.L.; HUANG, R.C.; VANECKO, S.; MARKS, J.D. & VARNER, J.E. 1960. Conditions affecting enzyme synthesis in cotyledons of germinating seeds. Pl. Physiol., 35:288-92.
- ZINK, E. 1964. Estudo sobre a conservação de sementes: cacau. Bragantia, 23(11):111-6.