

CARACTERISTICAS FISICAS E FISIOLÓGICAS ASSOCIADAS A  
ABSORÇÃO DE AGUA POR SEMENTES DE  
Calopogonium mucunoides Desv.

Francisco Humberto Dübbern de Souza  
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Júlio Marcos Filho

Tese apresentada à Escola Superior  
de Agricultura "Luiz de Queiróz",  
da Universidade de São Paulo, para  
obtenção do título de Doutor em  
Agronomia. Area de concentração:  
Fitotecnia.

Piracicaba

Estado de São Paulo - Brasil

Março - 1992

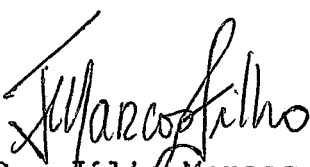
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FISIOLÓGICAS ASSOCIADAS À  
ABSORÇÃO DE ÁGUA POR SEMENTES DE  
Calopogonium mucunoides Desv.

FRANCISCO HUMBERTO DÜBBERN DE SOUZA

Aprovada em: 06.03.1992

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Júlio Marcos Filho	ESALQ/USP
Prof. Dr. Sílvio Moure Cícero	ESALQ/USP
Prof. Dr. Francisco Ferraz de Toledo	ESALQ/USP
Prof. Dr. Nelson Moreira de Carvalho	FMVAJ/UNESP
Prof. Dr. Roberval Daiton Vieira	FMVAJ/UNESP

  
Prof. Dr. Júlio Marcos Filho  
Orientador

Este trabalho eu  
dedico à Alba, ao  
Daniel e ao Flávio;  
por tudo.

## AGRADECIMENTOS

O Curso de Doutorado na ESALQ/ USP, em Piracicaba, foi para mim muito mais que uma profícua experiência acadêmica; foi também, um agradável exercício de convivência social e de interação profissional, no qual aprendi uma variedade de formas através da qual o conhecimento pode ser adquirido.

Isto foi possível graças à dedicação, disponibilidade, companheirismo e, sobretudo, tolerância dos vários professores, colegas e funcionários com quem convivi neste período. Seria quase que impossível enumerá-los todos, porém, quero expressar minha especial gratidão

- . ao meu orientador, Prof. Júlio Marcos Filho, pelo constante apoio e orientação e, principalmente, pelo valioso estímulo que conferiu ao meu trabalho;
- . aos Professores Silvio Moure Cícero e Walter Rodrigues da Silva, do Departamento de Agricultura da ESALQ, que sempre estiveram abertos a trocas de idéias e cujas sugestões foram sempre valiosas;
- . ao Prof. Francisco Ferraz de Toledo, que muitas vezes partilhou comigo seu grande interesse por e experiência com sementes, principalmente as de forrageiras;
- . à Prof<sup>ã</sup>. Maria Cristina Stolf Nogueira, do Departamento de Matemática e Estatística da ESALQ, que enriqueceu este trabalho com sugestões relativas às análises

- estatísticas dos dados;
- . às Engenheiras Agrônomas Ana D. L. Coelho Novembre e Helena Maria P. Chamma e aos demais funcionários lotados junto ao Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da ESALQ, pela colaboração prestada durante a fase de coleta dos dados experimentais;
  - . ao Prof. Zilmar Z. Marcos, o qual me fez entender que, nas cores, há muito mais do que vêem os olhos;
  - . a todos os colegas alunos do curso de pós-graduação no Departamento de Agricultura, com quem muito aprendi e cuja camaradagem aliviou a rotina e as tarefas;
  - . ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de pós-graduação durante o período do curso.

Não poderia deixar de registrar o meu sincero agradecimento à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que acreditou em mim num momento em que nem eu mesmo o fazia e que proveu meios para que eu concluísse esta etapa da minha carreira profissional.

Foi, também, crucial o apoio e o incentivo constantes que recebi dos meus colegas pesquisadores do CNPGC/EMBRAPA, os Drs. Ivo Martins César, Kepler Euclides Filho, Manuel Cláudio Motta Macedo (que me ajudou em algumas análises estatísticas), Estelino Augusto Baroli, Valéria Pacheco Euclides, Cacilda Borges do Valle, Geraldo Ra-

mos Figueiredo e Ademir Hugo Zimmer; a eles, minha sincera  
gratidão.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	x
SUMMARY.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISAO DE LITERATURA.....	4
2.1. Água e Germinação.....	4
2.2. Embebição e Tegumento.....	11
2.2.1. Tegumento: Formação e Características.	11
2.2.2. Tegumento: Funções.....	18
2.3. Características Físicas das Sementes Associa- das à Qualidade Fisiológica e à Absorção de Água.....	22
3. MATERIAL E METODOS.....	30
3.1. Fase I - Características da absorção de água por amostras de sementes de diferentes lotes	33
3.2. Fase II - Germinação das sementes intumesci- das após diferentes períodos de embebição....	36
3.3. Fase III - Efeitos de dano mecânico e imatu- ridade sobre a absorção de água pelas semen- tes.....	37
3.4. Fase IV - A embebição de amostras de sementes e seu potencial como teste para a estimativa da qualidade fisiológica de sementes de dife- rentes lotes.....	41

3.5. Fase V - Tamanho das sementes e sua relação com a embebição e a qualidade fisiológica.....	45
3.6. Fase VI - Densidade das sementes e sua relação com a embebição e a qualidade fisiológica.....	49
3.7. Fase VII - Cor das sementes e sua relação com a embebição e qualidade fisiológica.....	53
3.8. Fase VIII - Peso das sementes e sua relação com a embebição .....	55
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
4.1. Fase I - Características da absorção de água por amostras de sementes de diferentes lotes	59
4.2. Fase II - Germinação das sementes intumescidas após diferentes períodos de embebição....	66
4.3. Fase III - Efeitos de dano mecânico e imaturidade sobre a absorção de água pelas sementes.....	78
4.4. Fase IV - A embebição de amostras de sementes e o seu potencial como teste para a estimativa da qualidade fisiológica de sementes de diferentes lotes.....	84
4.5. Fase V - Tamanho das sementes e sua relação com a embebição e a qualidade fisiológica.....	99



4.6. Fase VI - Densidade das sementes e sua relação com a embebição e a qualidade fisiológica.....	116
4.7. Fase VII - Cor das sementes e sua relação com a embebição e qualidade fisiológica.....	132
4.8. Fase VIII - Peso das sementes e sua relação com a embebição.....	144
4.9. Considerações gerais.....	148
5. CONCLUSOES.....	151
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	153

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FISIOLÓGICAS ASSOCIADAS  
À ABSORÇÃO DE ÁGUA EM SEMENTES DE  
Calopogonium mucunoides Desv.

Autor: FRANCISCO HUMBERTO DÜBBERN DE SOUZA

Orientador: PROF. DR. JULIO MARCOS FILHO

RESUMO

A absorção de água é a primeira e a mais importante etapa do processo de germinação. O controle exercido sobre ela pelo tegumento não está satisfatoriamente compreendido mas sabe-se que, em algumas espécies, ele pode ser marcante a ponto de tornar a semente impermeável à água. Este é o caso, por exemplo, do Calopogonium mucunoides, uma leguminosa forrageira tropical.

Neste estudo, conduzido no Laboratório de Análise de Sementes da ESALQ/USP em Piracicaba (SP), buscou-se determinar o grau de relação entre a qualidade fisiológica da semente e a permeabilidade do seu tegumento, a qualidade fisiológica da semente e o seu tamanho, peso, densidade e cor e a permeabilidade do tegumento e o tamanho, peso, densidade e cor da semente. Adicionalmente, foi proposto e avaliado um teste para estimar a qualidade fisiológica das amostras de sementes, baseado nas suas carac-

terísticas de absorção de água.

A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelos testes de germinação, emergência em solo e do tetrazólio. O teste de embebição consistiu em colocar amostras de sementes sobre substrato de papel úmido (15ml água/7 folhas de papel de filtro), dentro de caixa plástica tampada, por diferentes períodos, a 30°C. A permeabilidade do tegumento e o nível de embebição das amostras foi determinado após vários períodos de embebição e expresso em termos de percentagem de sementes intumescidas.

Concluiu-se que a absorção de água por amostras de sementes de *C. mucunoides* obedece a um padrão representado por uma curva do segundo grau onde se distingue uma faixa de aumento exponencial da taxa de absorção seguida por outra na qual os aumentos ocorrem linearmente. Após três horas de embebição e daí por diante até a sétima hora, os lotes comparados atingem níveis estáveis de embebição, pelos quais podem ser distinguidos. Estes níveis estão relacionados ao nível de qualidade fisiológica das sementes; as de pior qualidade absorvem água mais rapidamente.

A permeabilidade do tegumento está relacionada ao grau de maturidade e de dano mecânico da semente. Encontraram-se relações consistentes entre tamanho, cor, densidade, peso, velocidade de embebição e qualidade fisiológica da semente. O teste de embebição proposto, dentro

do período de três a cinco horas de embebição, apresentou bom potencial de discriminação dos lotes comparados quanto à qualidade fisiológica das sementes.

PHYSICAL AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS ASSOCIATED  
WITH WATER ABSORPTION BY  
Calopogonium mucunoides Desv. SEEDS

Author: FRANCISCO HUMBERTO DUBBERN DE SOUZA

Adviser: PROF. DR. JULIO MARCOS FILHO

SUMMARY

Water absorption is the first and a most fundamental step of the germination process. Its control by the seed coat is not well understood, particularly in those plant species in which it is formidable enough as to render the seed impervious to water. Such is the case of Calopogonium mucunoides, a tropical forage legume species.

Thus, a study was carried out at ESALQ/USP Seed Laboratory in Piracicaba (SP) with the aim of determining the degree of relationship between seed quality and its tegument permeability, seed quality and its size, density, weight and color and seed coat permeability and the size, weight, density and color of the seed. Additionally, a test for the estimation of the physiological quality level of seed samples, based upon its characteristics of water imbibition, was proposed and evaluated.

Seed quality was evaluated by the germination, soil emergence and tetrazolium tests. The imbibition

test consisted of placing the seeds samples in contact with a moist blotter paper (approx. 15ml water per seven sheets of filter paper), inside a closed plastic box, at 30°C. Seed coat permeability and level of imbibition were evaluated after different periods of imbibition and expressed in terms of percentage of swollen seeds.

It was concluded that water absorption by seed samples of *C. mucunoides* occurs according to a pattern best described by a second-degree curve where a period of exponential increase of the absorption rate followed by a rising linear one can be observed. After three hours of imbibition and thereafter until the seventh hour, all seed lots compared reached stable levels of imbibition by which they could be distinguished. These levels were related to levels to the physiological quality of the seeds; lower quality seeds absorbed water at faster rates.

Seed coat permeability was considerably affected by the degree of maturity and mechanical damage of the seed. Consistent relationships between seed size, density, weight, color, rate of absorption and physiological quality were detected. The imbibition test proposed, within the period of three to five hours of imbibition, had enough discrimination power as to distinguish most of the seed lots compared.

## 1. INTRODUÇÃO:

Dos diversos fatores do meio ambiente capazes de influenciar o fenômeno da germinação, a disponibilidade de água é, talvez, o mais importante. Sua insuficiência impossibilita a retomada dos processos metabólicos que, no caso das sementes viáveis e não dormentes, culminam com a emergência de uma plântula. A embebição de água pela semente constitui, portanto, no primeiro evento da germinação.

Nas sementes, a embebição é controlada por vários fatores onde seu estágio inicial constitui, fundamentalmente, um processo físico, que decorre do gradiente de potencial hídrico que se estabelece entre a semente e o substrato úmido. O tegumento é um dos controladores da embebição e a importância da sua participação é proporcional à sua permeabilidade que, por sua vez, está associada ao genótipo e ao meio ambiente.

Em um grande número de espécies e de cultivares, certa proporção das sementes produzidas se caracteriza por apresentar tegumento impermeável a água; são as chamadas sementes duras. Entre estas e as sementes total-

mente permeáveis, entretanto, existe uma ampla gama de graus de permeabilidade. Não existem amostras de sementes totalmente homogêneas.

De grande interesse prático, além de científico, são as evidências experimentais que têm se acumulado, indicando que a permeabilidade do tegumento, em sementes de várias espécies, está também associada ao seu grau de deterioração. Há, também, inúmeros indícios de uma marcante associação entre determinadas características físicas das sementes e sua qualidade fisiológica e entre estas mesmas características e a permeabilidade do tegumento.

A maior parte dos trabalhos nos quais estes fatos foram constatados, porém, envolveu sementes de espécies ou cultivares cujos tegumentos eram muito permeáveis ou foram removidos. Assim sendo, buscou-se verificar se estas relações persistiam em espécie cujo tegumento da semente constitui, aparentemente, uma barreira muito mais restritiva à embebição.

A espécie escolhida para este trabalho foi o calopogônio (Calopogonium mucunoides Desv.), uma leguminosa tropical, rastejante, de grande potencial forrageiro nas condições dos cerrados brasileiros. Suas sementes, quando não dormentes, têm como característica o fato de, a exemplo de muitas outras plantas da mesma família, quando não dormentes, absorverem grande volume de água e, ao fazê-lo, mudarem de forma. Assim sendo, torna-se fácil a identificação das sementes embebidas. Outra característica inte-



ressante é a alta proporção de sementes duras via de regra apresentada por lotes desta espécie.

Por estas razões, este trabalho objetivou determinar, em sementes de calopogônio, o grau de relação entre:

- a) qualidade fisiológica e permeabilidade do tegumento;
- b) qualidade fisiológica e as características de tamanho, peso, densidade e cor;
- c) permeabilidade do tegumento e as características de tamanho, peso, densidade e cor.

Adicionalmente, tentou-se propor e avaliar o potencial de um teste para a estimativa da qualidade fisiológica, baseado em características da absorção de água pelas sementes.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA:

### 2.1. Água e Germinação:

A germinação de sementes, constituída por uma seqüência de eventos metabólicos que resulta na transformação de um embrião em uma plântula normal, é um fenômeno biológico cuja ocorrência é determinada por um conjunto de condições ambientais específicas (MARCOS FILHO, 1986).

Neste conjunto, a disponibilidade de água é fundamental. Nas sementes quiescentes, as atividades metabólicas, que permitem o crescimento e o desenvolvimento das estruturas embrionárias, estão reduzidas em conseqüência do baixo teor de água que caracteriza as sementes maduras. A retomada destas atividades, em níveis elevados, é possibilitada pela absorção de água do meio ambiente.

A água não apenas é o agente iniciador da germinação como também está envolvida, direta ou indiretamente, em todas as demais etapas do metabolismo subsequente. Sua participação é decisiva nas reações enzimáticas, na solubilização e transporte de metabólitos e, como reagente,

na digestão hidrolítica de proteínas, carboidratos e lipídios dos tecidos de reserva da semente (MAYER & POL-JAKOFF-MAYBER, 1975; CARVALHO & NAKAGAWA, 1988; WOODSTOCK, 1988; BRYANT, 1989). A nível de tecido embrionário, a hidratação consiste da absorção de água pelas paredes celulares e moléculas do protoplasma tais como proteínas e polissacarídeos, às quais as moléculas de água conectam-se por meio de forças eletrostáticas do tipo, por exemplo, das ligações de hidrogênio (WOODSTOCK, 1988).

O intumescimento destes colóides, que decorre da absorção de água pela semente, por sua vez, leva à formação da "pressão de embebição", de grande importância para a germinação. Dela resulta o aumento do volume de toda a semente, tornando o tegumento mais permeável ao oxigênio e ao dióxido de carbono e, eventualmente, o rompimento deste tegumento, favorecendo ainda mais a troca gasosa do embrião com o meio ambiente e facilitando a emergência das estruturas de crescimento nas sementes viáveis (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1975).

Assim, o grau de intumescimento da semente reflete a composição química de suas estruturas. Os componentes de maior importância, associados à absorção de água e ao intumescimento, são as proteínas que constituem a principal fração coloidal das sementes (BURCH & DELOUCHE, 1959; WOODSTOCK, 1988) enquanto a contribuição dada pela celulose e substâncias pécnicas é pequena (CARDWELL, 1984) e, pelo amido, nenhuma (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1975).

Por esta razão, as sementes que mais absorvem água, são as que apresentam alto teor de proteína em sua composição. O mesmo ocorre com as sementes cuja relação volumétrica embrião/endosperma é grande (MARCOS FILHO, 1986) uma vez que, dada sua composição química, o embrião, em particular o seu eixo (McDONALD Jr. et alii, 1988b), apresenta maior capacidade de absorção do que as demais estruturas formadoras da semente (BURCH & DELOUCHE, 1959; BEWLEY & BLACK, 1984; McDONALD Jr. et alii, 1988b). As sementes das espécies da família Leguminosae, invariavelmente, enquadram-se dentro destas duas categorias.

A absorção de água, portanto, constitui o primeiro de toda uma seqüência de eventos que, no caso de sementes viáveis e não dormentes, culmina com a emergência da radícula e da plúmula. Este processo é condicionado por fatores como, por exemplo, a composição química da semente, a permeabilidade do tegumento à água, a disponibilidade de água no estado líquido ou gasoso no ambiente, a temperatura (BURCH & DELOUCHE, 1959; LEOPOLD, 1980; VERTUCCI & LEOPOLD, 1983), a pressão osmótica da água (ou da solução) que umedece o substrato, o tempo de exposição ao ambiente úmido (COPELAND, 1976), a área de contato da semente com o substrato (LeDEUNFF, 1989) e o teor de água inicial da semente (SMITH & NASH, 1961; VERTUCCI & LEOPOLD, 1983).

O movimento da água para o interior da semente é devido tanto ao processo de capilaridade quanto de

difusão e ocorre do sentido do maior para o menor potencial hídrico. Assim sendo, a embebição é, essencialmente, um processo físico, relacionado às características de permeabilidade do tegumento e das propriedades dos colóides que constituem as sementes e cuja hidratação é uma de suas primeiras conseqüências (BEWLEY & BLACK, 1978; LABOURIAU, 1983; CARVALHO & NAKAGAWA, 1988; WOODSTOCK, 1988).

De acordo com MAYER & POLJAKOFF-MAYBER (1975), entretanto, o processo de embebição deve ser analisado tanto do ponto de vista das propriedades da semente quanto da água, uma vez que fatores físicos externos, como por exemplo a temperatura, exercem influência sobre ambos. MURPHY & NOLAND (1982), em um estudo que envolveu sementes de Rapbanus sativa e Pinus lambertiana, concluíram que a viscosidade, que é uma das propriedades da água dependente da temperatura, foi altamente relacionada às taxas de absorção pela semente; a diminuição da temperatura foi acompanhada por aumento da viscosidade da água que, desta forma, restringiu a absorção.

O processo de absorção de água pelas sementes obedece a um padrão trifásico (BEWLEY & BLACK, 1978); na primeira fase (I), também chamada de embebição, o menor potencial hídrico da semente em relação ao do substrato úmido que a cerca, favorece um rápido fluxo de água no sentido substrato-semente e a absorção pode aumentar exponencialmente, dependendo do grau de permeabilidade do tegumento. Nesta fase, a embebição independe de atividade metabó-

lica e verifica-se, portanto, também em sementes mortas e dormentes, desde que a dormência não decorra da impermeabilidade do tegumento.

O final da fase I é marcado pela aproximação do nível do potencial hídrico da semente ao do substrato úmido. Inicia-se, então, a fase II, caracterizada por uma drástica redução da absorção de água a qual passa a ocorrer a taxas lineares e consideravelmente menores que as apresentadas na fase I (LABOURIAU, 1983). Sementes mortas e dormentes mantêm o nível de hidratação alcançado nesta fase e, ao contrário das sementes viáveis e não dormentes, não alcançam a fase posterior (III) (BEWLEY & BLACK, 1978).

O início da terceira e última fase (III) é marcado pela emergência do eixo embrionário, sendo, portanto de ocorrência restrita às sementes viáveis e não dormentes. Esta fase coincide com intensa atividade metabólica e com uma significativa elevação da taxa de absorção de água pela semente, para o que a radícula recém emergida contribui enormemente.

A duração de cada uma das três fases é determinada por certas características das sementes, como por exemplo, sua composição química, seu tamanho, a permeabilidade do seu tegumento, etc., assim como das condições ambientais que prevalecem durante o período de embebição (MARCOS FILHO, 1986). Os diversos tecidos que constituem as sementes variam quanto à capacidade de absorção de água (BURCH & DELOUCHE, 1959; McDONALD Jr. et alli, 1988a,

1988b); por este motivo, as várias estruturas que compõem a semente hidratam-se a velocidades variadas (BEWLEY & BLACK, 1978).

O padrão trifásico descrito sugere que, apenas a fase III da absorção de água está relacionada à viabilidade das sementes; a fase inicial deste processo constitui um fenômeno essencialmente físico. MARCOS FILHO (1986), sugere que não apenas as sementes com maior volume embrionário em relação ao endosperma, com o tegumento mais permeável e com predominância de proteína nos tecidos de reserva absorvem água com maior rapidez. A absorção é igualmente rápida nas sementes imaturas e nas mais deterioradas em virtude da grande permeabilidade do tegumento e da desorganização dos sistemas de membranas celulares.

Vários autores buscaram determinar prováveis relações entre aspectos da absorção de água pelas sementes e qualidade fisiológica. Sementes de ervilha (Pisum sativum), viáveis ou mortas por calor, das quais o tegumento foi removido, hidrataram-se a taxas idênticas quando imersas em água destilada (WAGGONER & PARLANGE, 1976). LEOPOLD (1980) constatou que, nos 40 minutos iniciais, tanto cotilédones de sementes de soja mortas por calor quanto os de sementes viáveis absorveram água a taxas idênticas quando imersos em água destilada. O mesmo foi observado por WOODSTOCK & TAO (1981) entre eixos embrionários de sementes de soja submetidos ou não a envelhecimento acelerado por quatro dias e postos a embeber sobre substrato de papel

úmido. Também trabalhando com sementes de soja, VIEIRA et alii (1982) verificaram que a embebição inicial foi maior em sementes deterioradas em relação àquelas de qualidade fisiológica superior.

Os autores, entretanto, não são unânimes em suas conclusões concernentes à associação entre qualidade fisiológica e absorção de água pela semente. McDONALD Jr. et alii (1988b) também constataram idêntico padrão de absorção em eixos embrionários de soja de diferentes qualidades fisiológicas. No entanto, estes autores verificaram, também, que os eixos artificialmente envelhecidos, quando hidratados em atmosfera de alta umidade relativa, apresentaram menor capacidade de absorção de água do que os eixos não envelhecidos. Por sua vez, sementes intactas de rabanete (Raphanus sativa) e embriões isolados de sementes de Pinus lambertiana, mortos por calor, absorveram água a taxas superiores às apresentadas pela mesma semente e embrião viáveis (MURPHY & NOLAND, 1982). É provável que nestes estudos a embebição tenha sido interrompida na fase II, já que na fase posterior, certamente, diferenças no padrão de absorção de água seriam encontradas.

Sementes de cebola quando produzidas sob temperaturas superiores a 18°C, apresentaram teores mais elevados de nitrogênio, viabilidade maior e absorveram água a taxas menores do que as sementes produzidas sob temperaturas inferiores (GRAY & STECKEL, 1984).

É possível que estas observações, aparentemente con-



flitantes, sejam conseqüência da dificuldade em se individualizar os efeitos de tamanho da semente, presença e/ou condição da testa, viabilidade e vigor, permeabilidade das membranas celulares e composição química dos tecidos que muitas vezes apresentam efeitos interativos sobre a absorção de água pelas sementes (WOODSTOCK, 1988).

## 2.2. Embebição e Tegumento

### 2.2.1. Tegumento: Formação e Características

O tegumento constitui a primeira barreira à absorção de água pela semente; portanto, suas características estão relacionadas às taxas a que a absorção ocorre. Toda semente madura é envolvida por um tegumento (BHATNAGAR & JOHRI, 1972) que, em um grande número de espécies, é constituído por duas camadas, a testa e a tegma, originadas dos dois integumentos do óvulo, respectivamente, a primina e a secundina (TOLEDO & MARCOS FILHO, 1977). Em algumas espécies, entretanto, o tegumento é composto unicamente por uma testa rudimentar, caso em que a primeira cobertura externa é constituída pelo pericarpo, derivado da parede do ovário (BEWLEY & BLACK, 1984).

A testa é, às vezes, constituída de uma epiderme exterior e diversas camadas de células pigmentadas ou não; por sua vez, a tegma é formada por uma ou duas camadas de células paliçádicas, uma região interior pigmentada e

uma camada periférica (BHATNAGAR & JOHRI, 1972). Entretanto, no caso específico de plantas da família das leguminosas, em particular das do gênero Glycine e Phaseolus, a tegma desaparece durante a ontogenia da semente, ao mesmo tempo em que a testa se diferencia em várias camadas distintas (ESAU, 1977). Em geral, o tegumento de sementes destas espécies representado, portanto, pela testa, é composto por três camadas, respectivamente a partir da superfície, a epiderme, a hipoderme e o parênquima interior.

A epiderme é constituída por uma cutícula, geralmente de natureza lipídica e uma camada de células paliçádicas alongadas (macroesclerídeos) cujo eixo maior é perpendicular à superfície e em cuja extremidade superior as paredes apresentam-se mais espessas. Nela, distingue-se uma região adensada, chamada "linea lucida", reconhecida como uma região particularmente impermeável do tegumento. Duas camadas paliçádicas são encontradas na região do hilo e apenas uma no restante do tegumento (ESAU, 1977).

A hipoderme é formada por uma única camada de células, denominadas osteoesclerídeos, de formato semelhante ao de uma ampulheta e de tamanho comparativamente maior ao das células componentes das demais camadas. Nela observa-se a presença de grandes espaços intercelulares. O parênquima interior ou lacunoso é, por sua vez, constituído por seis a oito camadas de parênquima lacunar, de espessura relativamente uniforme por todo o tegumento, exceto na região do hilo, onde apenas três camadas são distinguidas

(ESAU, 1977; WOODSTOCK, 1988).

Sementes de espécies leguminosas forrageiras de clima temperado pertencentes à subfamília Papilionoideae e cujas sementes são pequenas, apresentam tegumento cuja estrutura é idêntica à observada em Astragalus niger L. (MIKLAS et alii, 1987). Nestas sementes, o tegumento é composto por uma cutícula, células paliçádicas mais alongadas e finas na região próxima ao estrofiolo, osteoesclerídeos mais curtos e mais largos na extremidade e ausentes nas regiões do hilo e do estrofiolo.

O tegumento da semente não constitui uma estrutura homogênea nem, tampouco, intacta, podendo variar quanto à textura, cor, dureza, grau de pilosidade e presença de apêndices. Em muitas espécies, o tegumento caracteriza-se por apresentar poros, orifícios, excrecências, cicatrizes e/ou apêndices em sua extensão. Em alguns casos, por exemplo, eles aparecem recobertos por camada cerosa, enquanto que, em outros, esta camada é muscilaginosa (WOODSTOCK, 1988). Diversas outras substâncias capazes de influenciar o desenvolvimento subsequente da semente como, por exemplo, taninos, fenóis, ceras, corantes e compostos inibidores da germinação podem, também, ser encontrados depositados nos tegumentos (LABOURIAU, 1983).

O hilo, presente no tegumento de grande número de espécies, é a cicatriz que marca o ponto onde a semente esteve conectada à planta mãe através do funículo durante sua formação. Em alguns casos, observa-se um pequeno

orifício, a micrópila, em uma das extremidades do hilo. O arilo e o estrofiolo são também exemplos de estruturas que caracterizam o tegumento de determinadas sementes (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1975).

À exceção da cor, os diversos tipos de alterações morfológicas que marcam o tegumento das sementes das diferentes espécies e variedades constituem características úteis na identificação taxonômica de espécies (TOLDO & MARCOS FILHO, 1977; BEWLEY & BLACK, 1984). Entretanto, o grau de complexidade e estruturação do tegumento, mesmo a partir de óvulos aparentemente semelhantes, pode apresentar certo grau de variação em função de condições ambientais (SACCO, 1973). Grande parte das variações morfológicas do tegumento estão associadas ao processo de absorção de água pelas sementes (WOODSTOCK, 1988).

Em sementes de soja, o uso do microscópio eletrônico de varredura revelou a existência de pequenas aberturas naturais, denominadas poros, distribuídas de modo não uniforme sobre a superfície do tegumento (WOLF et alii, 1980, 1981; PESKE & PEREIRA, 1983). A forma e o tamanho dos poros variaram de acordo com o genótipo; nas sementes de alguns cultivares eles revelaram-se profundos a ponto de ultrapassarem a camada paliçádica da testa (CALERO et alii, 1981). Sua formação foi verificada quando o tegumento se apresentava em estágio relativamente avançado de desenvolvimento (YAKLICH et alii, 1986; VAUGHAN et alii, 1987).

Sementes de espécies pertencentes a dez diferentes famílias botânicas apresentam determinado tipo de tegumento cuja característica principal é a impermeabilidade à água. Isto significa que, mesmo quando submetidas a condições consideradas ideais à germinação, estas sementes não embebem e, portanto, não germinam. Dentre estas famílias, destaca-se a Leguminosae, da qual, das 260 espécies estudadas, 85% apresentaram sementes impermeáveis ou "duras" (ROLSTON, 1978).

A impermeabilidade do tegumento é conferida por características associadas à cutícula (ARECHAVALETA-MEDINA & SNYDER, 1981) e à epiderme (ESAU, 1977; McKEE et alii, 1977; ROLSTON, 1978, CALERO et alii, 1981). Tais características referem-se à natureza da cutícula, do espessamento das paredes celulares resultante de lignificação, suberização ou cutinização (LABOURIAU, 1983; YAKLICH et alii, 1984).

Este tipo de dormência, imposta à semente pelo tegumento, é superada pela penetração da água no interior da semente o que, neste caso, pode ocorrer pelos poros na epiderme, pelo estrofiolo (HAMLY, 1932) ou através do hilo (HYDE, 1954), que atua como uma válvula higrométrica de mínima e, também, como um detector de umidade suavemente crescente (LABOURIAU, 1983).

No caso específico da soja, apesar dos tegumentos com poros geralmente mostrarem-se permeáveis e a ausência destes estar associada à impermeabilidade (YAK-

LICK et alii, 1984), a frequência de poros por unidade de superfície de tegumento não se constitui no único regulador da absorção de água pela semente; evidências experimentais indicam que as que menos absorvem água são aquelas cujos poros são pequenos, alongados e cuja epiderme mostra-se encrustada por uma densa camada cerosa (CALERO et alii, 1981; RAGUS, 1987) possivelmente originária do endocarpo da vagem (KRUL, 1978; YAKLICH et alii, 1984).

O grau de permeabilidade do tegumento é influenciado pelas condições ambientais de crescimento prevalente no período em que a camada cuticular é formada (QUINLIVAN & MILLINGTON, 1962; ARECHAVALETA-MEDINA, 1981); condições de altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar (SMITH & NASH, 1961; BACIU-MICLAUS, 1970; YAKLICK et alii, 1986) e estresse hídrico (HILL et alii, 1986a) favorecem a produção de sementes duras.

Durante sua formação, o tegumento é influenciado por diversos fatores, dentre os quais se destaca o aumento do volume das estruturas internas da semente. As tensões resultantes deste processo são acomodadas pelo tegumento tanto por variações no tamanho quanto pelo número de divisões anticlinais de suas células (LABOURIAU, 1983). Isto significa que a espessura do tegumento pode estar associada ao tamanho da semente a qual envolve.

HILL et alii (1986a) sugeriram que a expressão do caráter "impermeabilidade do tegumento" é, pelo menos parcialmente, controlada pela relação entre o cresci-

mento do tegumento e o crescimento dos cotilédones; se a expansão dos cotilédones for maior que a do tegumento, então este torna-se enfraquecido e relativamente mais permeável. WYATT (1977), em um estudo onde foram comparadas diversas linhas quasi-isogênicas de Phaseolus vulgaris, concluiu que a espessura e o peso da matéria seca do tegumento da semente correlacionaram-se negativamente com a taxa de osmose através dele.

Confirmando esta noção, os dados obtidos por alguns autores (CALERO et alii, 1981; YAKLICK et alii, 1986) mostraram que, em soja, a relação entre os pesos do tegumento e do embrião, diminuiu concomitantemente à progressão do desenvolvimento do embrião e foi maior nas sementes pequenas. Há um grande volume de evidências experimentais, envolvendo grande número de espécies, indicando que a proporção de sementes duras aumenta à medida em que o tamanho das sementes diminui (BLACK, 1959; CALERO et alii, 1981; HILL et alii, 1986a, 1986b; YAKLICK et alii, 1986; RAGUS, 1987).

O caráter "impermeabilidade de tegumento", entretanto, é de natureza genética e, como tal, herdável, apesar de ser bastante influenciável pelo ambiente (NAKAMURA, 1962; QUINLIVAN & MILLINGTON, 1962; BACIU-MICLAUS, 1970; SAIU, 1976; CALERO et alii, 1981); assim, a relação de peso entre tegumento e embrião não se verifica em todos os genótipos (CALERO et alii, 1981).

O aumento natural da permeabilidade das se-

mentes duras pode ocorrer pela ação de flutuações de temperatura (NAKAMURA, 1962; QUINLIVAN, 1962; QUINLIVAN & MILLINGTON, 1962) e umidade (NAKAMURA, 1962), temperaturas altas (NAKAMURA, 1962), fogo, ataque de microorganismos, ácidos orgânicos e ingestão por animais (MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1975; ROLSTON, 1978). Há, entretanto, um forte componente genético envolvido neste processo; SMITH (1988) concluiu que, enquanto as condições ambientais de crescimento da planta determinam o limite máximo de sementes duras produzido por ela, o genótipo determina a taxa de aumento da permeabilidade destas sementes.

### 2.2.2. Tegumento: Funções

Nas sementes, o tegumento desempenha importantes funções relacionadas à proteção do embrião. Dentre elas estão a proteção mecânica contra impactos e abrasões, a preservação da união das partes internas da semente, a proteção contra o ataque de doenças e pragas, a regulação da troca gasosa entre a semente e o meio ambiente; em alguns casos, o tegumento é depositário de substâncias que, liberadas no solo, inibem a germinação de sementes de espécies competidoras (CARVALHO & NAKAGAWA, 1988, WOODSTOCK, 1988; SHIOGA, 1989).

A grande relevância do papel desempenhado pelo tegumento no controle do processo de embebição foi documentada por diversos autores (POWELL & MATTHEWS, 1978;



DUKE & KAKEFUDA, 1981; TULLY et alli, 1981; DUKE et alii, 1983; DUKE et alii, 1986) que mostraram que, em sementes de leguminosas, o tegumento, quando intacto, regula a velocidade de absorção de água pela semente, protegendo-a, desta forma, de prováveis injúrias ao embrião em decorrência de embebição rápida. Esta capacidade, possivelmente, resulta da natureza hidrofóbica do tegumento que, dependendo da espécie, pode apresentar cutinização nas células paliçádicas (CALERO et alli, 1981; RAGUS, 1987; YAKLICH et alii, 1985) ou compostos fenólicos na epiderme (MARBACH & MAYER, 1974; EGLEY et alii, 1983).

McDONALD Jr. et alii (1988a) estudou em maior detalhe o papel do tegumento da soja no controle da embebição e concluiu que, inicialmente, ele exerceu um papel retardador da absorção de água, passando, posteriormente, a atuar como facilitador da movimentação da água ao redor da semente, permitindo que ambos os cotilédones se hidratassem de modo uniforme. Os autores sugeriram ainda que, a grande capacidade de absorção de água pelo tegumento, equivalente a 3,8 vezes o seu peso, indica que o tegumento desempenha o papel de reservatório de água para os estágios iniciais da germinação, contribuindo para a retenção da umidade interna da semente e protegendo-a de eventual dessecação após a embebição.

A integridade do tegumento está intimamente associada à qualidade fisiológica da semente em várias espécies; fendas, rachaduras e orifícios, que podem marcar e

alterar drasticamente as características de permeabilidade do tegumento, podem resultar de determinadas condições climáticas ocorridas durante a fase de maturação da semente, do ataque de pragas e das operações de colheita, beneficiamento e manuseio. Sementes cujo tegumento é danificado, tendem a se caracterizar como de menor vigor e viabilidade (LUEDDERS & BURRIS, 1979; NANGJU, 1979; POWELL & MATTHEWS, 1979; POWELL & MATTHEWS, 1981; TULLY et alii, 1981; VIEIRA et alii, 1982; OLIVEIRA et alii, 1984).

Além disso, um volume considerável de evidências tem se acumulado a partir dos trabalhos pioneiros de FICK & HIBBARD (1926), HOTTES & HUELSEN (1927) e HIBBARD & MILLER (1928) indicando uma associação direta entre o aumento da condutividade elétrica do meio aquoso, no qual sementes são postas a embeber, e a qualidade fisiológica destas sementes (POWELL, 1986). Este fenomeno sugere a perda da integridade das membranas das células do embrião, com conseqüente perda de constituintes celulares essenciais (CHING & SCHOOLCRAFT, 1968; MATTHEWS & BRADNOCK, 1968; PARRISH & LEOPOLD, 1978).

Recentemente, KUO (1989) obteve evidências experimentais de que a lixiviação de eletrólitos em sementes de soja apresentou padrão idêntico ao da absorção de água por estas mesmas sementes; ou seja, lixiviação e absorção constituem reversos de uma mesma moeda, confirmando os resultados obtidos anteriormente por outros autores.

PARRISH & LEOPOLD (1978) observaram que, em

soja, tanto os valores de condutividade elétrica quanto as percentagens de sementes intumescidas, correlacionaram-se inversamente aos resultados dos testes de vigor e germinação. POWELL & MATTHEWS (1979) obtiveram correlações significantes e positivas entre o aumento do teor de água em sementes de ervilha embebidas por seis horas e os resultados do teste de condutividade elétrica e da percentagem de sementes com tegumento rachado.

VIEIRA et alii (1982) constataram que a quantidade de água, avaliada em percentagem de peso, absorvida por sementes de soja postas a embeber pelo período de seis horas correlacionou-se negativamente com o brilho, vigor, germinação e índice de resistência ao enrugamento e positivamente com as percentagens de sementes rachadas, enrugadas e danificadas por percevejo. Após 24 horas de embebição, aquelas correlações tornaram-se positivas. Assim sendo, neste trabalho as sementes de melhor qualidade fisiológica absorveram menos água do que as de pior qualidade quando embebidas durante 6 horas; estes resultados foram explicados pelos autores como sendo devido ao aumento da permeabilidade do tegumento que ocorre concomitantemente à elevação do grau de deterioração da semente.

Por outro lado, em um estudo que envolveu 34 genótipos de soja, ROCHA et alii (1984) concluíram que o retardamento da colheita resultou nas maiores percentagens de embebição após a imersão das sementes em água por três ou seis horas; estes procedimentos, entretanto, não foram

suficientes para separar os genótipos quanto à qualidade fisiológica das sementes.

Estas evidências sugerem que, apesar de se constituir um processo essencialmente físico, a absorção de água pelas sementes pode estar relacionada a características fisiológicas do embrião e, neste processo, o tegumento desempenha um papel cuja relevância está associada ao seu grau de permeabilidade.

### 2.3. Características Físicas Das Sementes Associadas à Qualidade Fisiológica e à Absorção De Água

As relações entre diversos parâmetros físicos e fisiológicos em sementes de um grande número de espécies, particularmente no caso das grandes culturas, está bem estabelecida (HEYDECKER, 1972; DELOUCHE, 1980; CARDWELL, 1984). Alguns estudos mostraram que, em sementes de cereais, as sementes mais pesadas resultaram em produtividades maiores do que sementes leves, desde que semeadas com base no número de sementes por unidade de área e não no peso por unidade de área (CARDWELL, 1984).

Entre os cereais e algumas outras espécies de sementes grandes, as relações entre tamanho e vigor não tem se mostrado consistentes (CARDWELL, 1984). Em soja, por exemplo, alguns autores constataram a superioridade das sementes dos tamanhos intermediários e menores; a inferioridade das sementes maiores foi atribuída a uma provável

maior susceptibilidade destas sementes a danos mecânicos durante a colheita e o beneficiamento (EDWARDS & HARTWIG, 1971). Esta noção, no entanto, foi contestada por outros autores que não detectaram nenhum efeito do tamanho das sementes sobre sua qualidade fisiológica (JOHNSON & LEUDERS, 1974).

AGUIAR (1974) e WETZEL (1975), que também trabalharam com soja, concluíram que não houve uma relação consistente entre tamanho e qualidade fisiológica; onde esta relação foi verificada, as sementes de tamanhos maior e menor do que a média do lote foram inferiores. Porém, por representarem uma fração diminuta do lote, sua remoção não influenciou significativamente a qualidade fisiológica do restante do lote.

No caso de sementes de feijoeiro, entretanto, MARCOS FILHO & AVANCINE (1983) concluíram que a classificação das sementes por diferenças de espessura correspondeu a separá-las em níveis de qualidade fisiológica, uma vez que as sementes com espessura inferior à média do lote apresentaram desempenho deficiente.

WETZEL (1979) e DELOUCHE (1980) afirmam que o grau, a estrutura e o significado prático das relações entre características físicas das sementes tais como o peso, a densidade e o tamanho e as características fisiológicas, são difíceis de serem compreendidas face à grande variedade de métodos utilizados para descrevê-las.

De igual forma, no caso de sementes de es-

pécies de leguminosas forrageiras de clima temperado, este tema foi amplamente explorado pela pesquisa. BLACK (1959), em uma clássica revisão sobre o tema, também deparou-se com ampla gama de conclusões quanto ao efeito do tamanho e, no entanto, chegou a várias conclusões interessantes. Dentre as inúmeras espécies estudadas, a proporção de sementes duras aumenta de forma inversamente proporcional ao tamanho. O limite de profundidade da qual a plântula tem capacidade de emergir é imposto pelo tamanho da semente, aparentemente, não tanto em consequência do esgotamento das reservas dos cotilédones quanto devido a fatores envolvidos no controle do alongamento do hipocótilo. Por outro lado, o acúmulo de matéria seca pela planta jovem é diretamente proporcional ao tamanho da semente, apesar de que, posteriormente, as diferenças tendem a desaparecer.

Num trabalho que envolveu três espécies deste mesmo grupo (Trifolium pratense, T. repens e T. incarnatum), VAUGHAN & DELOUCHE (1968) constataram que a relação entre tamanho da semente e germinação foi inconsistente, tendo variado amplamente entre as espécies e os lotes comparados. Os autores também verificaram, porém, que nas diferentes espécies, aumentos na densidade corresponderam a aumentos significativos na viabilidade das sementes. Estes resultados refletiram uma marcante interação entre tamanho e densidade, tanto que, as diferenças de viabilidade de amostras leves, medianamente pesadas e pesadas, quando consideradas dentro dos grupos de tamanho grande e pequeno,

foram significativamente maiores do que quando os fatores tamanho e a densidade foram considerados separadamente. As maiores proporções de sementes duras foram observadas nas frações de menor tamanho e mais pesadas.

Vários autores buscaram determinar possíveis relações entre a cor das sementes e vários parâmetros de qualidade fisiológica. Em sementes de quiabeiro (Abelmoschus esculentus), MAEDA et alii (1980) verificaram que a cor das sementes de melhor qualidade variou conforme o tamanho das sementes. A cor do tegumento das sementes foi também associada ao peso de 1.000 sementes, à germinação e vigor e à percentagem de sementes duras em Crotalaria lanceolata, tendo se revelado um excelente índice de maturidade de sementes nesta espécie (SILVA et alii, 1988).

Sabe-se que as sementes de várias leguminosas têm sua cor alterada em função de condições ambientais prevalentes durante os períodos de maturação e de armazenamento; isto ocorre concomitantemente às alterações das características fisiológicas via de regra associadas ao grau de deterioração das sementes (WEST & HARRIS, 1963; VAUGHAN & DELOUCHE, 1968; MARBACH & MAYER, 1974; LIBERAL et alii, 1975; MAEDA et alii, 1980; SLATTERY et alii, 1982; SILVA et alii, 1988).

Em Trifolium alexandrinum e T. resupinatum SLATTERY et alii (1982) mostraram que a proporção de sementes de determinadas cores foi indicativa da qualidade fisiológica do lote; as sementes marrons mostraram-se in-

feriores às das demais cores, em termos de diversos parâmetros de qualidade fisiológica, inclusive germinação. A proporção das diferentes cores, por peso ou por número de sementes, variou com o tamanho das sementes. Entre as de menor tamanho, as sementes amarelas predominaram enquanto que as verdes ou verde-oliva estiveram representadas em proporção muito menor enquanto que o inverso foi verificado entre as sementes de maior tamanho.

No tocante às relações entre as características físicas da semente e a absorção de água e, desta forma, indiretamente, a permeabilidade do tegumento, CALERO et alii (1981) observaram que, apenas em alguns entre vários genótipos de soja comparados, o tamanho das sementes correlacionou-se negativamente com a taxa de absorção de água. Nestes casos, a absorção esteve associada à forma e ao tamanho dos poros presentes no tegumento da semente. Os dados obtidos por VIEIRA et alii (1982) mostraram que a absorção de água por sementes de soja, após seis horas de embebição, correlacionou-se negativamente com a densidade das sementes; decorridas 24 horas de embebição esta correlação tornou-se positiva.

Entretanto, HSU et alii (1983) observaram que a taxa de absorção e o volume máximo de água absorvida por sementes de soja, correlacionaram-se com variedade, diâmetro e densidade, porém, nestas duas últimas características, os coeficientes de correlação obtidos foram baixos. Por outro lado, os resultados obtidos por KUO



(1989) mos-raram que entre os cultivares de soja nos quais a variação do tamanho das sementes foi ampla, não houve relação entre tamanho e permeabilidade do tegumento.

Entre as espécies do gênero Phaseolus, a cor do tegumento das sementes é relativamente estável, sendo determinada exclusivamente pelo genótipo. Trabalhando com estas sementes, vários autores concluíram que a pigmentação do tegumento da semente está associada às taxas iniciais de absorção de água; sementes de tegumento branco absorvem água muito mais rapidamente do que aquelas cujo tegumento é de outra cor (KANNENBERG & ALLARD, 1964; WYATT, 1977; TULLY et alii, 1981; POWELL et alii, 1986; POWELL, 1989a,b).

Comparando diversas linhas quasi-isogênicas de Phaseolus vulgaris, WYATT (1977) mostrou que o tegumento branco foi mais permeável à água do que tegumentos de outras cores quando submetidos a gradientes osmóticos; este fenômeno correlacionou-se negativamente à espessura e ao peso específico dos tegumentos. Os tegumentos brancos mostraram-se de menor peso específico e espessura do que os tegumentos de outras cores.

Em Phaseolus lunatus, KANNENBERG & ALLARD (1964) mostraram que o tegumento branco é de menor espessura, apresenta menor teor de lignina e células mais curtas, mais largas e em menor número por unidade de área na camada paliçádica. Por este motivo, sementes desta cor ganham e perdem água mais rapidamente, são mais facilmente danificadas, germinam mais rapidamente e apresentam taxas

inferiores de emergência no campo.

POWELL et alii (1986b) e POWELL (1989) afirmam, entretanto que, em Phaseolus vulgaris, a absorção de água através dos tegumentos das diferentes cores está muito mais associada ao grau de sua aderência ao cotilédone do que à sua permeabilidade; nas sementes brancas, o tegumento solta-se rapidamente durante a embebição enquanto que os tegumentos das demais cores permanecem firmemente aderidos aos cotilédones.

MARBACH & MAYER (1974) constataram que o tegumento de sementes impermeáveis de Pisum elatius apresentavam maiores teores de substâncias fenólicas e da enzima catecol oxidase do que sementes não permeáveis. O escurecimento do tegumento foi atribuído à oxidação das substâncias fenólicas pela catecol oxidase e foi associado à impermeabilidade do tegumento à água. Entretanto, em Trifolium subterraneum, SLATTERY et alii (1982) concluíram que o desenvolvimento da impermeabilidade do tegumento ocorreu independentemente do processo de escurecimento da testa da semente o qual é conseqüente da oxidação de fenóis pela catecol oxidase.

Os trabalhos discutidos nesta revisão bibliográfica evidenciaram a relevância dos vários aspectos do processo de absorção de água na germinação. Nele, dos diversos fatores o condicionam, o tegumento desempenha um efeito regulador, cuja relevância está bastante associada ao genótipo; um número considerável de espécies apresentam

as chamadas sementes duras, nas quais o tegumento constitui uma barreira temporariamente intransponível à absorção de água pela semente.

Onde, experimentalmente, a restrição imposta pelo tegumento foi atenuada através da sua remoção ou da escolha de espécie ou cultivares de tegumentos altamente permeáveis, a associação entre a embebição e a absorção de água independeu da qualidade fisiológica da semente; a universalidade desta conclusão, porém, está ainda para ser definitivamente estabelecida, conforme indicam algumas evidências em contrário. Várias das características físicas das sementes de diversas espécies estão associadas à absorção de água e à qualidade fisiológica do embrião, estando o tegumento intimamente envolvido nesta associação.

### 3. MATERIAL E METODOS:

A pesquisa foi conduzida nas dependências do Laboratório de Análise de Sementes e da casa de vegetação do Departamento de Agricultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo (LAG/ ESALQ/USP), em Piracicaba, entre maio e dezembro de 1990.

O trabalho compreendeu oito "Fases Experimentais" independentes, consecutivas e de duração variável; nenhuma das quais, porém, foi superior a oito semanas. Cada uma delas incluiu um número diferente de lotes de sementes de Calopogonium mucunoides (Desv.) provenientes de diferentes origens, anos de produção ou métodos de colheita. No total, o trabalho envolveu dez lotes.

Avaliações feitas por ocasião do início da condução dos trabalhos, mostraram que estes lotes apresentaram percentagens de pureza física que variaram de 95,8 a 98,3% e teor de água, de 10,3 a 11,7%. Os resultados da avaliação preliminar da germinação estão mostrados na Tabela 1. O teste, com quatro repetições, foi conduzido à 30°C em rolos úmidos de papel especial para germinação, ca-

da um contendo 100 sementes puras. Com base nas prescrições das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, M.A., 1980), foram feitas avaliações intermediárias no 3º e no 6º dias e uma avaliação final no 10º dia após o início do teste.

Tabela 1: Avaliação preliminar da germinação de dez lote de sementes de Calopogonium mucunoides.

Lotes	%				
	Plântulas Normais (N)	Plântulas Anormais	Sementes Duras (D)	Sementes Mortas	N+D
1	34,0	0,7	59,5	5,5	93,5
2	50,2	3,2	35,4	10,6	85,6
3	54,5	2,9	23,0	19,4	77,5
4	54,3	6,5	16,7	22,2	71,1
5	32,1	3,6	32,6	31,0	64,7
6	40,5	9,8	8,4	40,9	49,0
7	35,0	5,7	8,0	51,0	43,0
8	22,7	6,0	18,0	52,4	40,8
9	13,1	3,4	25,6	56,5	38,7
10	30,1	6,3	6,3	56,4	36,4

Durante todo o período experimental as amostras permaneceram armazenadas sob condições de ambiente do Laboratório de Análise de Sementes. No início de cada

Fase os lotes foram individualmente homogeneizados e divididos com o auxílio de um divisor de amostras de solo. A partir das amostras obtidas, separaram-se sementes puras com base nas prescrições das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, M.A., 1980).

No que diz respeito à avaliação das sementes intumescidas, tanto o tamanho das amostras utilizado quanto os períodos de embebição e os demais procedimentos foram adotados com base nos resultados de testes preliminares. Os dados de percentagens de sementes intumescidas foram calculados relativamente ao número total de sementes postas a embeber. nos diversos ensaios instalados, cada bloco foi representado por uma única repetição ou leitura.

Uma vez que o trabalho propunha-se a estudar o comportamento geral de lotes com qualidade diferente e não o desempenho específico de lotes individuais, os números a eles atribuídos não identificam os mesmos lotes nas diferentes Fases Experimentais. Esta decisão foi tomada em virtude da não disponibilidade do histórico da maioria dos lotes utilizados.

As Fases Experimentais constituíram-se das seguintes atividades:

### 3.1. Fase I: Características da absorção de água por amostras de sementes de diferentes lotes

Amostras de 1,7g de sementes representativas de cinco lotes, foram colocadas para embeber sobre sete folhas de papel de filtro (80g/m<sup>2</sup>), de 10,3 X 10,3 cm, umedecidas com 15ml de água. Este tamanho de amostra garantiu o mínimo de 110-120 sementes por repetição. Estas folhas estavam colocadas sobre a tela metálica de caixas de plástico transparente, de 10,6 X 10,6 X 3,0cm, do tipo "Gerbox", adaptadas para a condução de testes de envelhecimento acelerado de acordo com a proposta de ELLIOT (1982). O fundo das caixas foi coberto por 20ml de água. Com o auxílio de uma pinça, assegurou-se que todas as sementes se posicionassem de modo que a face de um dos cotilédones permanecesse em contacto com o substrato úmido.

As caixas tampadas foram colocadas dentro de um germinador da marca "Stults", regulado para 30°C, de onde foram retiradas após 1, 2, 3, 5, e 7 horas que, constituíram-se nos tratamentos, denominados **períodos de embebição**. Nestas ocasiões, as sementes intumescidas em consequência da absorção de água, foram visualmente identificadas, contadas e removidas; aquelas cujo estado de intumescimento não possibilitava uma identificação visual segura, foram levemente pressionadas com a ponta de uma pinça e as que se mostraram macias a este toque foram também consideradas intumescidas. Os números resultantes desta avaliação

foram transformados em valores de percentagem do número total de sementes postas a embeber.

A instalação deste experimento obedeceu ao delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial 5 (lotes) X 5 (períodos de embebição) com cinco blocos, instalados em dias subseqüentes. A análise estatística dos dados foi feita de acordo com o esquema de análise de variância mostrado na Tabela 2. Foram estatisticamente avaliados os efeitos de Períodos de Embebição dentro de Lotes, assim como os de Lotes dentro de Períodos de Embebição.

Tabela 2: Fase I - Esquema da análise de variância dos dados de percentagens de sementes intumescidas.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Blocos (repetições)	4
Lotes (L)	4
Períodos de Embebição (P)	4
L X P	16
Resíduo	96
Total	124

Os dados relativos aos Períodos de Embebição dentro de Lotes, foram também submetidos a análise de regressão polinomial.



A qualidade fisiológica das sementes foi avaliada pelo teste de germinação. A partir de nova homogeneização e divisão das amostras originais, obtiveram-se quatro repetições de 100 sementes para cada lote, que foram semeadas entre folhas umedecidas de papel "Germitest" que foram enroladas e postas a germinar em germinador da marca "Ferraz" regulado para 30°C. Foram feitas avaliações no 3º e no 6º dia e, uma avaliação final, no 10º dia. Nessas ocasiões foram obedecidas as prescrições das Regras de Análise de Sementes (BRASIL, M.A., 1980), cujos resultados foram avaliados pela análise de variância, conforme esquema mostrado na Tabela 3.

Tabela 3: Fase I - Esquema da análise de variância dos dados resultantes do teste de germinação.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Lotes	4
Resíduo	15
Total	19

Nesta Fase, assim como em todas as demais subseqüentes, os dados obtidos em percentagem foram transformados em valores de arco seno da  $\sqrt{x/100}$  para efeito de análise estatística, inclusive para a comparação das mé-

dias, que foi feita através do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Na análise estatística nas diversas etapas deste trabalho fez-se uso do Sistema de Análise Estatística (SANEST) para micro-computadores (ZONTA et alii, 1984). Entretanto, a análise dos dados de sementes intumescidas nas Fases V - VII, requereu a utilização do "software" SAS (SAS INSTITUTE, 1985).

### 3.2. Fase II: Germinação das sementes intumescidas após diferentes períodos de embebição

Cinco repetições de cinqüenta sementes (uma de cada bloco), obtidas ao acaso entre as sementes intumescidas resultantes de cada um dos períodos de embebição testados na Fase I, foram imediatamente semeadas entre folhas úmidas de papel "Germitest" que foram enroladas e colocadas em germinador da marca "Ferraz", regulado para 30°C.

Com base nas prescrições das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, M.A., 1980), foram realizadas avaliações parciais do teste de germinação, respectivamente no 3º e no 6º dia após seu início, e uma avaliação final no 10º dia. Nestas ocasiões, foram determinadas as percentagens de plântulas normais e plântulas anormais, de sementes mortas e, posteriormente, as somas das percentagens de plântulas anormais com as de sementes mortas.

Cada um dos parâmetros avaliados foi analisado como um experimento independente, que obedeceu ao delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema fatorial 5 (lotes) X 5 (períodos de embebição). Foram instalados cinco blocos, em dias subseqüentes.

O esquema da análise de variância a que foram submetidos os dados é mostrado na Tabela 4. Foram estatisticamente avaliados os efeitos de Períodos de Embebição dentro de Lotes, assim como os de Lotes dentro de Períodos de Embebição. Os dados de avaliação dos parâmetros de qualidade foram correlacionados com os de sementes intumescidas resultantes de cada um dos cinco períodos de embebição testados na Fase I.

### 3.3. Fase III: Efeitos de dano mecânico e imaturidade sobre a absorção de água pela semente

Três amostras de 50 sementes de cinco diferentes lotes, foram submetidas a avaliação visual para a identificação de imaturas, de maduras mecanicamente danificadas e de intactas.

Foram consideradas imaturas as que apresentavam severa compressão lateral e ângulos agudos em seu contorno, contrastando com os contornos arredondados, que caracterizam as sementes maduras de Calopogonium mucunoides (SKERMAN, 1977). Por sua vez, as sementes maduras da-

nificadas, identificadas com o auxílio de uma lupa com capacidade de aumento para 3 X, foram caracterizadas pela presença de ranhuras e/ou trincas no tegumento ou pela ausência de parte dele.

Tabela 4: Fase II - Esquema da análise de variância dos dados de percentagem dos parâmetros de qualidade avaliados pelo teste de germinação das sementes intumescidas.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Blocos	4
Lotes (L)	4
Períodos de Embebição (P)	4
L X P	16
Resíduo	96
<b>Total</b>	<b>124</b>

As demais sementes integrantes da amostra, que não apresentaram nenhuma destas características, foram consideradas intactas. Os números de sementes das três categorias foram anotados e suas respectivas percentagens, calculadas e tabuladas.

Estas mesmas amostras foram postas a embe-

ber, por 7 horas, nas caixas de plástico descritas na Fase I. Neste caso, porém, as sementes foram colocadas sobre duas folhas sobrepostas de papel para testes de germinação, "Germibox" medindo 5,15 X 10,3cm e umedecidas com 7,5ml de água, posicionadas sobre a tela; o fundo da caixa foi coberto por 20,0ml de água. Na instalação deste teste, as sementes das três diferentes categorias foram mantidas separadas em cada repetição individual e posicionadas de tal forma que a face correspondente a um dos cotilédones permanecesse em contato com o substrato úmido.

Decorrido o período de embebição, as sementes intumescidas em cada repetição foram identificadas de acordo com os procedimentos descritos na Fase I, retiradas das caixas e contadas. A seguir, estas sementes tiveram seus tegumentos removidos e os embriões imersos em solução 0,075% de tetrazólio, onde permaneceram por 4 horas, em estufa regulada para 40°C.

Na avaliação por meio deste teste, foram identificados embriões imaturos, pela cor verde ou esverdeada, e embriões danificados mecanicamente, caracterizados por manchas e/ou descolorações consideradas como típicas de danos mecânicos pelas descrições propostas por FRANÇA NETO et alii (1988) para sementes de soja. Foram também anotados os números de sementes totalmente coloridas, sem nenhuma mancha ou descoloração, e o número de sementes que apresentaram tal extensão de descoloração que não permitiu identificar sua causa. Também neste caso, as percentagens de cada

uma destas categorias foram calculadas e tabuladas.

Os números de sementes imaturas e danificadas, identificadas na avaliação do teste de tetrazólio, foram somados aos números respectivos, resultantes da avaliação visual das amostras. As percentagens de cada uma destas categorias foram calculadas em relação ao número de sementes intumescidas. Estes valores foram submetidos a análise de variância conforme o esquema mostrado na Tabela 5.

Tabela 5: Fase III - Esquema da análise de variância dos dados de percentagem de sementes intumescidas, danificadas, imaturas, totalmente descoloridas e da soma das percentagens de sementes imaturas com as de sementes danificadas.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Lotes	4
Resíduo	10
Total	14

3.4. Fase IV: A embebição de amostras de sementes e seu potencial como teste para a estimativa da qualidade fisiológica de diferentes lotes.

A qualidade fisiológica de amostras de sementes representativas de nove lotes, foi avaliada por meio dos testes padrão de germinação, primeira contagem de germinação, tetrazólio, emergência em casa de vegetação e avaliação das percentagens de sementes intumescidas após os períodos de embebição de 3, 4 e 5 horas; estes períodos foram adotados em função dos resultados obtidos na Fase I.

O teste padrão de germinação, com quatro repetições de 100 sementes obtidas das amostras originais, foi instalado, conduzido e avaliado de acordo com os procedimentos descritos na Fase I. Deste teste, foram obtidas percentagens de plântulas normais, de plântulas anormais, de sementes duras, de sementes mortas e da soma das percentagens de plântulas normais com as de sementes duras. As percentagens de plântulas normais, observadas na avaliação parcial feita no 3º dia após o início do teste, constituíram o chamado teste de primeira contagem de germinação.

Cada um destes parâmetros de qualidade foi considerado um experimento independente, no qual o delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado e cuja análise de variância foi feita conforme o esquema mostrado na Tabela 6.

Tabela 6: Fase IV - Esquema da análise de variância dos dados de percentagem resultantes dos testes padrão de germinação e primeira contagem de germinação.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Lotes	8
Resíduo	27
Total	35

No teste de tetrazólio, duas amostras de 50 sementes de cada lote foram condicionadas, por 16 horas, em rolos umedecidos de papel "Germitest" a 30°C em germinador da marca "Stults". Decorrido este período, as sementes intumescidas tiveram seus tegumentos removidos e os embriões imersos em solução 0,075% de tetrazólio por 4 horas, a 40°C.

As sementes que não se apresentaram intumescidas foram individualmente friccionadas contra a superfície de uma lixa da marca "Norton" nº 320 e submetidas aos mesmos procedimentos de embebição e coloração descritos no parágrafo anterior e juntadas ao restante da mesma amostra colorida anteriormente. Uma vez concluído o processo de coloração, os embriões foram lavados em água corrente e avaliados sob microscópio estereoscópico, com base nos mapas



topográficos propostos por FRANÇA NETO et alii (1988) para sementes de soja.

Também para este teste, o delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado e os dados submetidos à análise de variância que foi conduzida em conformidade com o esquema mostrado na Tabela 7.

Tabela 7: Fase IV - Esquema da análise de variância dos dados de percentagens de sementes viáveis de nove lotes de sementes de Calopogonium mucunoides.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Lotes	8
Resíduo	9
Total	17

O teste de emergência de plântulas consistiu da semeadura em canteiros de casa de vegetação, de cinco repetições de 50 sementes de cada um dos nove lotes, a 2cm de profundidade. Os canteiros eram irrigados diariamente e, decorridos 18 dias, as plântulas foram contadas. A instalação deste teste foi feita de acordo com o delineamento de blocos ao acaso. O esquema da análise de variância dos dados de percentagem de emergência é mostrado na Tabela 8.

Para o teste de embebição, cinco repetições

de 1,7g de sementes de cada lote comparado, foram submetidas aos mesmos procedimentos descritos na Fase I, exceto o substrato utilizado que, neste caso, foi substituído por duas folhas de papel especial para a germinação ("Germinbox"), do tipo mata-borrão, medindo 10,3 X 10,3cm.

Tabela 8: Fase IV - Esquema da análise de variância dos dados de percentagem resultantes do teste de emergência em casa de vegetação.

Causa de Variação	Graus de Liberdade
Blocos	4
Lotes	8
Resíduo	32
Total	44

No final de cada período de embebição programado, ou seja, 3, 4 ou 5 horas, as caixas eram retiradas do germinador e as sementes intumescidas removidas e contadas. Isto feito, as demais retornavam, dentro da maior brevidade possível, ao germinador, onde permaneciam até completarem o próximo período previsto.

Os dados da avaliação de cada tratamento, constituíram, portanto, da soma dos números de sementes

intumescidas e não intumescidas contados ao término de cada período de embebição, aos números respectivos obtidos nos períodos anteriores e foram, posteriormente, transformados em percentagens.

Este teste foi instalado e analisado estatisticamente de acordo com o delineamento experimental de blocos ao acaso, com cinco repetições, descrito na Fase II. Neste caso, entretanto, o esquema fatorial foi o de 9 (lotes) X 3 (períodos de embebição) e a análise de variância conduzida conforme o esquema mostrado na Tabela 9.

Em cada um dos experimentos, as médias dos lotes foram comparadas e ordenadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Foram considerados equivalentes os parâmetros cujas ordenações das médias foram idênticas. Os resultados dos testes de germinação, primeira contagem de germinação, tetrazólio e emergência de plântulas foram correlacionados com os dados de percentagem de sementes intumescidas resultantes de cada um dos períodos de embebição comparados, mediante análise específica.

### 3.5. Fase V: Tamanho da semente e sua relação com a embebição e a qualidade fisiológica

Duas amostras de aproximadamente 400g de sementes representativas de quatro lotes, foram separadas com o auxílio de peneiras manuais, de crivos circulares, em no-

ve classes de largura constituídas pelas sementes retidas nas peneiras com crivos de diâmetro 8\*, 7½\*, 7\*, 6½\*, 6\*, 5½\*, 1/12\*\*, 1/13\*\* e fundo. As frações retidas foram pesadas e os valores das pesagens transformados em percentagens; as médias das duas repetições estão mostradas na Tabela 10.

Tabela 9: Fase IV - Esquema da análise de variância dos dados de percentagem de sementes intumescidas.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Blocos	4
Lotes (L)	8
Períodos de Embebição (P)	2
L X P	16
Resíduo	104
Total	134

\* = /64"

\*\* = frações de polegadas.

Tabela 10: Fase V - Esquema da análise de variância dos dados resultantes dos testes de germinação, primeira contagem de germinação e de emergência de plântulas de amostras de sementes classificadas pelo tamanho.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Blocos	4
Lotes (L)	3
Tamanhos (T)	5
L X T	15
Resíduo	92
Total	119

Levando-se em conta a composição dos lotes e a disponibilidade de sementes em cada fração, fez-se um reagrupamento das frações, de tal forma que só as retidas pelas peneiras  $7\frac{1}{2}$ , 7,  $6\frac{1}{2}$ , 6 e  $1/13$  foram utilizadas neste estudo. Isto porque as amostras de 400 g não continham um número suficiente de sementes das classes de tamanho 8 e  $1/12$ .

Amostras destas sementes, além de uma outra, não classificada, foram submetidas aos testes padrão de germinação e primeira contagem de germinação, conforme os procedimentos descritos, respectivamente, nas Fases I e

IV; cada parâmetro foi avaliado como um experimento independente.

Amostras das frações foram também submetidas aos testes de emergência de plântulas em casa de vegetação e de embebição, conforme a metodologia descrita na Fase IV. Os períodos adotados para o teste de embebição, porém, foram 3, 5 e 7 horas, com base nas informações resultantes da Fase I. Os parâmetros avaliados por estes testes foram os mesmos da fase IV.

Todos os ensaios, exceto os que incluíram os testes de embebição, obedeceram ao mesmo delineamento de blocos ao acaso, descritos na Fase IV, em fatorial 6 (tamanhos) x 4 (lotes), com cinco blocos e foram analisados de acordo com o esquema de análise de variância mostrado na Tabela 10.

Os testes de embebição também obedeceram ao delineamento estatístico de blocos ao acaso exceto que, neste caso, sobre um dos fatores (Períodos de Embebição) foram testados níveis de um outro fator (Tamanhos); o esquema da análise de variância é mostrado na Tabela 11. Os dados de percentagens de sementes intumescidas foram também submetidos a análise de regressão polinomial.

Tabela 11: Fase V - Esquema da análise de variância dos dados resultantes do teste de embebição de amostras de sementes classificadas pelo tamanho.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Blocos	4
Lotes (L)	3
Períodos de Embebição (E)	2
L X E	6
Resíduo (a)	44
Sub-Total	59
Tamanhos (T)	5
T X L	15
T X E	10
T X E X L	30
Resíduo (b)	255
Total	359

### 3.6. Fase VI: Densidade de sementes e sua relação com a embebição e a qualidade fisiológica

Amostras de sementes, representativas de cinco lotes, foram classificadas quanto à largura por meio

de peneiras manuais. A fração que passou através da peneira 6½ e foi retidas pela peneira 6, foi divididas em porções de aproximadamente 10,0g as quais foram submetidas, por 4 minutos ao soprador de amostras de sementes, modelo "South Dakota", regulado na abertura 100.

De cada lote foram, portanto, obtidas duas frações, uma leve e uma pesada, cujas respectivas densidades foram quantificadas de acordo com os procedimentos propostos por ORSI (1966). Em conjunto com uma amostra testemunha, estas frações foram avaliadas através de oito experimentos independentes que corresponderam aos mesmos parâmetros de qualidade mencionados da Fase V.

Os procedimentos descritos nas Fases I e II foram obedecidos, respectivamente, na condução do teste padrão de germinação e primeira contagem de germinação, enquanto que para os testes de emergência de plântulas em casa de vegetação e percentagem de sementes intumescidas após, 3, 5 e 7 horas de embebição, os procedimentos aplicados foram os descritos na Fase IV.

Todos os experimentos, exceto o que envolveu os testes de embebição, obedeceram ao delineamento estatístico de blocos ao acaso em fatorial 5 (lotes) x 3 (densidades), com cinco blocos. O esquema da análise de variância foi o mostrado na Tabela 12.

Por sua vez, os testes de embebição foram instalados de acordo com o delineamento de blocos ao acaso em um fatorial 3 (densidades) X 5 (lotes). Os dados foram



analisados de acordo com o esquema de análise de variância mostrado na Tabela 13. Os valores correspondentes às percentagens de sementes intumescidas foram também submetidos a análise de regressão polinomial.

Tabela 12: Fase VI - Esquema da análise de variância dos dados resultantes dos testes de germinação, primeira contagem da germinação e emergência de plântulas de amostras de sementes classificadas pela densidade.

Causas da Variação	Graus de Liberdade
Blocos	4
Lotes (L)	4
Densidade (D)	2
L x D	8
Resíduo	56
Total	74

Tabela 13: Fase VI - Esquema da análise de variância dos dados resultantes do teste de embebição de amostras de sementes classificadas pela densidade.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Blocos	4
Lotes (L)	4
Períodos de Embebição (E)	2
L X E	8
Resíduo (a)	56
Sub-Total	74
Densidades (D)	2
D X L	8
D X E	4
D X E X L	16
Resíduo (b)	120
Total	224

### 3.7. Fase VII: Cor da semente e sua relação com a embebição e a qualidade fisiológica

A coloração das sementes puras, integrantes de amostras representativas de três lotes de sementes de Calopogonium mucunoides, foi visualmente classificada sob lupa com capacidade de aumento para 3X. Desta classificação, resultaram as frações denominadas amarelo-clara (AC), marrom-clara (MC) e marrom-escura (ME), nas quais predominaram sementes cujas cores corresponderam, respectivamente, a 10YR5/7, 5YR4/6 e 7,5YR4/6, de acordo com a classificação proposta pelo "Munsell Book of Colors" (KOLLMORGEN, 1976).

As frações compostas pelas sementes de cada cor, em cada lote, foram pesadas e os valores transformados em percentagem. Em conjunto com uma amostra testemunha, (não classificada), amostras de sementes de cada fração foram submetidas aos mesmos testes e procedimentos de avaliação de qualidade e de embebição, descritos nas Fases I e IV.

O experimento que envolveu os testes de embebição obedeceu ao delineamento de blocos ao acaso, em fatorial 4 (cores) X 3 (lotes), cujo esquema da análise de variância é mostrado na Tabela 14. Os valores relativos às percentagens de sementes intumescidas foram, também, submetidos a análise de regressão polinomial.

Tabela 14: Fase VII - Esquema da análise de variância dos dados de percentagem de sementes intumescidas de amostras de sementes classificadas pela cor.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Blocos	4
Lotes (L)	2
Períodos de Embebição (E)	2
L X E	4
Resíduo (a)	32
Sub-Total	44
Cores (C)	3
C X L	6
C X E	6
C X E X L	12
Resíduo (b)	108
Total	179

A análise estatística dos demais experimentos foi feita de acordo com o esquema de análise de variância mostrado na Tabela 15.

Tabela 15: Fase VII - Esquema da análise de variância dos dados resultantes dos testes de germinação e primeira contagem de germinação de amostras de sementes classificadas pela cor.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Blocos	4
Lotes (L)	2
Cores (C)	3
L X C	6
Resíduo	44
<b>Total</b>	<b>59</b>

### 3.8. Fase VIII: O peso da semente e sua relação com a embebição

Amostras de 1,7g de sementes, representativas de cinco lotes, foram postas a embeber de acordo com os procedimentos descritos na Fase I. Decorridas 1, 3, 5 e 7 horas após o início do teste, as caixas plásticas eram individualmente retiradas do germinador e as sementes intumescidas em cada uma das cinco repetições foram removidas e contadas. Isto feito, as caixas foram imediatamente retornadas ao germinador, onde permaneciam até o término do

próximo período de embebição previsto, quando estas remoções e contagens eram repetidas.

As sementes removidas foram submetidas a secagem a  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ , por 24 horas. Uma vez secas e resfriadas, foram pesadas em balança analítica com aproximação de quatro casas decimais. O peso médio da matéria seca das sementes intumescidas foi calculado somando-se, para cada período de embebição, os valores de peso seco e do número de sementes intumescidas com os respectivos valores obtidos nos períodos de embebição anteriores. A divisão das somas dos pesos secos pelos números de sementes intumescidas que os originaram, resultou no peso médio da matéria seca das sementes intumescidas.

O delineamento experimental adotado foi o mesmo da Fase I no estudo de sementes intumescidas e, para a análise de variância, tanto que o esquema utilizado foi o mostrado na Tabela 16.

Os valores de percentagens de sementes intumescidas e de seus respectivos pesos médios foram também submetidos a análise de regressão polinomial.

Tabela 16: Fase VIII - Esquema da análise de variância dos dados resultantes da avaliação das percentagens de sementes intumescidas e de seus respectivos pesos médios da matéria seca.

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Blocos	4
Lotes (L)	4
Períodos de Embebição (E)	4
L X E	16
Resíduo	96
<b>Total</b>	<b>124</b>

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

A decisão pelo emprego da metodologia descrita no capítulo anterior para a determinação destas percentagens, só ocorreu após terem sido testadas diversas outras alternativas, cujos resultados mostraram-se, via de regra, extremamente variáveis. Assim, a redução do erro experimental constituiu-se em desafio muito maior do que o inicialmente previsto e, para tanto, devem ter contribuído, além das características intrínsecas das sementes, vários fatores ambientais, bem como suas interações.

Outro elemento utilizado neste trabalho para diminuir o erro experimental, principalmente na determinação das percentagens de sementes intumescidas, foi o delineamento em blocos, dos quais foram instalados cinco, em dias subseqüentes. Tal como poderá ser posteriormente verificado pelos quadros de análise de variância, pelo menos em alguns casos, o fator Blocos mostrou ser significativo. Logo, algum ou alguns fatores não controlados pelos procedimentos experimentais adotados, também exerceram influência sobre os resultados, a qual foi apropriadamente considerada na análise estatística dos dados.



É provável que o conjunto destes procedimentos tenha contribuído para manter os coeficientes de variação dentro de níveis aceitáveis.

#### 4.1. Fase I: Características da absorção de água por amostras de sementes de diferentes lotes

A avaliação das percentagens de sementes intumescidas, obtidas após vários períodos de embebição, permitiu descrever o padrão de absorção de água pelas amostras dos cinco lotes de Calopogonium mucunoides comparados. Neste processo, tal como revelaram os valores de "F" resultantes da análise variância dos dados (Tabela 17), mostraram-se significativos os efeitos dos fatores Lotes e Períodos de Embebição, bem como das interações destes.

As médias de percentagens de sementes intumescidas, mostradas na Tabela 18, detalham estes efeitos. Tend-o por objetivo uma maior clareza, os dados desta e de todas as demais tabelas deste trabalho, mostram valores não transformados.

As variações observadas entre os lotes sugerem a existência de alguma relação entre características peculiares de cada lote e a velocidade de absorção de água. O fato dos lotes haverem sido intencionalmente escolhidos de forma que a maior distinção entre eles correspondesse a níveis distintos de qualidade fisiológica (Tabela 19), cor-

robora esta hipótese, a qual, entretanto, foi objeto específico de avaliação em uma fase posterior deste trabalho.

Tabela 17: Fase I - Resumo da análise de variância dos dados de percentagem de sementes intumescidas.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Valores de "F"
Blocos	4	2,86 *
Períodos de Embebição (P)	4	637,08 **
Lotes (L)	4	454,55 **
L * P	16	28,08 **
Resíduo	96	
<b>TOTAL</b>	<b>124</b>	
<b>Coeficiente de Variação (%)</b>	<b>5,91</b>	

\*\*, \* - indicam, respectivamente,  $P < 0,01$  e  $P < 0,05$ .

Foram também observadas diferenças significativas entre as percentagens de sementes intumescidas após os períodos de embebição testados (Tabela 18).

As diferenças entre os valores correspondentes a cada lote foram muito pequenas na avaliação feita após uma hora de embebição (Figura 1). No entanto, à medi-

da em que este período foi estendido, os valores aumentaram e tenderam a se estabilizar após 5-7 horas, em níveis que diferiram significativamente entre si e que diferenciaram, nitidamente, os cinco lotes comparados.

Tabela 18: Fase I - Percentagem de sementes intumescidas resultantes de amostras de cinco lotes de sementes de Calopogonium mucunoides submetidas a cinco períodos de embebição.

Períodos de Embebição (Horas)	LOTES					
	1	2	3	4	5	$\bar{x}$
1	18,7eA	18,9dA	23,6cA	5,0dB	27,2dA	18,6e
2	40,5dA	42,1cA	32,7bB	12,4cC	32,0cB	31,9d
3	66,5cA	57,7bB	34,0bD	21,9bE	43,1bC	44,6c
5	83,8bA	75,0aB	43,3aD	28,5aE	55,7aC	57,2b
7	89,0aA	79,7aB	43,2aD	30,5aE	57,5aC	59,9a

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

A partir de três horas de embebição, os lotes alcançaram níveis distintos de percentagem de sementes intumescidas. Por esta razão, este período passou a constituir uma referência nas Fases posteriores deste trabalho. O

intervalo adotado entre os períodos de embebição, foi suficiente para permitir uma descrição do progresso da absorção de água pelas amostras de sementes. Tanto que não foram observadas sobreposições de classes de significância na comparação estatística das médias resultantes (Tabela 18).

Tabela 19: Fase I - Característica fisiológica de cinco lotes de sementes de Calopogonium mucunoides descritas pelos parâmetros avaliados no teste padrão de germinação.

Lotes	%				
	Plântulas Normais (N)	Plântulas Anormais	Sementes Duras (D)	Sementes Mortas	N+D
1	30,1 bc	6,3 a	6,3 c	56,4 a	37,1 c
2	35,0 b	5,7 a	8,0 c	51,0 a	43,2 c
3	32,1 bc	3,6 a	32,6 a	31,0 b	65,3 b
4	50,2 a	3,2 a	35,4 a	10,6 c	86,1 a
5	22,7 c	6,0 a	18,0 b	52,4 a	40,8 c

Médias seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

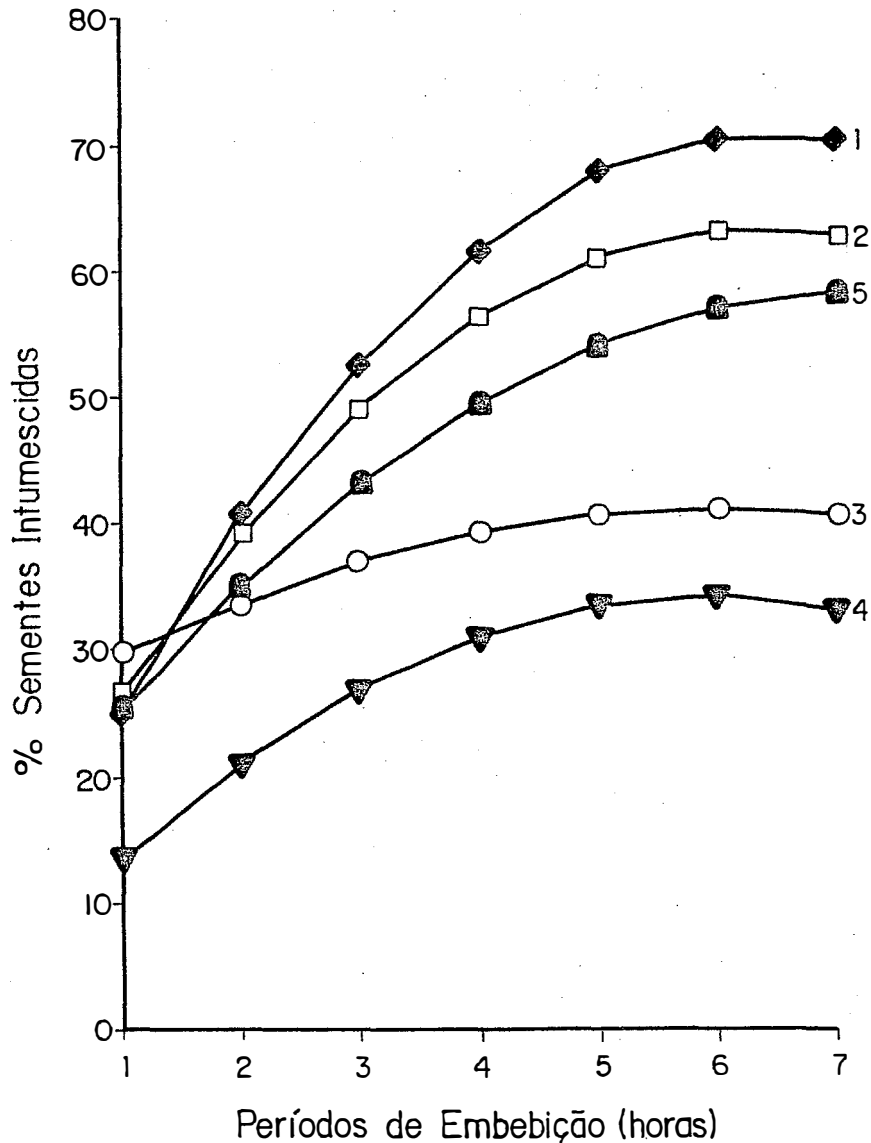
Ficou, portanto, evidenciado que, o padrão de absorção de água pelas amostras de sementes pode ser descrito por uma curva de segundo grau (Figura 1), na qual distingue-se um período de aumento exponencial da taxa de absorção, seguido de um período de aumento linear desta

taxa. Apesar do padrão idêntico, diferenças marcantes entre as amostras foram evidenciadas, principalmente na fase exponencial e nos níveis em que as percentagens de sementes intumescidas estabilizaram, dentro do período estudado.

A velocidade de absorção de água por sementes é um processo físico que depende de vários fatores, como por exemplo, do seu potencial matricial, da temperatura, a disponibilidade de água, da área de contato da semente com o substrato, e da espécie (CARVALHO & NAKAGAWA, 1988).

A permeabilidade do tegumento é uma característica associada ao genótipo, muito importante neste processo. A exemplo do que ocorre em muitas outras espécies da família Leguminosae (ROLSTON, 1978), é comum encontrar-se em Calopogonium mucunoides, lotes com altas percentagens de sementes duras, nas quais o tegumento constitui um impedimento à absorção de água e, portanto, à germinação.

Lotes com tal característica, certamente, apresentariam menor percentagem de sementes intumescidas dentro de determinado período de embebição. Em concordância com esta hipótese, observou-se que os lotes 3 e 4, que apresentaram as maiores percentagens de sementes duras no teste de germinação (Tabela 19), foram também aqueles cujas percentagens de sementes intumescidas estabilizaram nos níveis mais baixos entre os lotes comparados (Figura 1). O inverso ocorreu com os lotes 1 e 2.



Equações da regressão:

Lote 1.  $Y = 7,4439 + 19,6483 X - 1,5261 X^2$ ;  $r = 0,9950$  \*\*

Lote 2.  $Y = 11,6030 + 16,3823 X - 1,2958 X^2$ ;  $r = 0,9956$  \*\*

Lote 3.  $Y = 24,2425 + 5,6393 X - 0,4698 X^2$ ;  $r = 0,9641$  \*\*

Lote 4.  $Y = 3,8916 + 10,1621 X - 0,8546 X^2$ ;  $r = 0,9905$  \*\*

Lote 5.  $Y = 14,0516 + 12,1205 X - 0,8298 X^2$ ;  $r = 0,9784$  \*\*

\*\* - indica  $P < 0.01$ .

Figura 1: Fase I - Representação gráfica da regressão polinomial dos dados de porcentagem de sementes intumescidas.

A superação deste tipo de dormência e o conseqüente aumento da permeabilidade do tegumento, ocorre de forma gradual em função do período e das condições de ambiente de armazenamento (WARD & BUTT, 1955; ROLSTON, 1978). Assim, espera-se que os lotes mais deteriorados absorvam água com maior rapidez e, por conseguinte, apresentem percentagens maiores de sementes intumescidas, quando comparados com lotes menos deteriorados, após determinado período de embebição.

A integridade física do tegumento, isto é, a presença ou não de trincas, rachaduras, e/ou abrasões, constitui outra causa de alteração da sua permeabilidade e pode, portanto, exercer efeito marcante sobre as taxas de absorção de água pelas sementes de Calopogonium mucunoides.

O estágio de maturação em que a semente foi colhida, é outro fator que pode determinar o grau de permeabilidade do tegumento. A impermeabilização do tegumento sómente ocorre após a semente haver alcançado determinado grau de desenvolvimento (SPURNY, 1973; ROLSTON, 1978; YAKLICH et alii, 1986); assim as sementes colhidas anteriormente a este estágio apresentam tegumento mais permeável do que as sementes colhidas na maturidade. No caso de Calopogonium mucunoides, que apresenta hábito de crescimento e de florescimento indeterminados, a presença de sementes imaturas como componente dos lotes é muito freqüente.

Assim sendo, o comportamento dos diferentes lotes neste estudo pode ser explicado. Os lotes mais

velhos e/ou que continham maior número de sementes com tegumento danificado ou de sementes imaturas, provavelmente, foram os que absorveram água mais rapidamente que os demais lotes os quais não apresentaram sementes com tais características.

Nesta Fase Experimental foi verificado, portanto, que a absorção de água pelas amostras de sementes dos lotes testados, dentro do período de 1-7 horas, obedeceu a um padrão representado por uma curva do segundo grau, onde se pode distinguir uma fase exponencial, caracterizada por taxas elevadas e crescentes de absorção, seguida por outra, linear na qual as taxas são menores.

Dentro do período de 3-7 horas de embebição, todos os lotes comparados apresentaram percentagens distintas e estáveis de sementes intumescidas. A hipótese de que este comportamento poderia estar relacionado à qualidade fisiológica das sementes foi testada nas Fases II e III deste trabalho.

#### 4.2. Fase II: Germinação das sementes intumescidas após diferentes períodos de embebição

A partir dos dados experimentais obtidos na Fase Experimental anterior, formulou-se a hipótese de que os fatores associados à permeabilidade do tegumento estão também associados à qualidade fisiológica destas sementes.



Para testa-la, submeteram-se as sementes intumescidas ao teste de germinação, com o que avaliou-se a respectiva qualidade fisiológica em termos de percentagem de plântulas normais, de plântulas anormais, de sementes mortas e da soma das percentagens de sementes mortas com as percentagens correspondentes de plântulas anormais. Neste teste, não foram observadas sementes duras, as quais não intumescem, conforme anteriormente discutido.

A análise de variância indicou a existência de diferenças significativas entre os valores dos vários parâmetros avaliados (Tabela 20); tanto o fator Lotes quanto Períodos de Embebição exerceram efeitos significativos sobre os resultados do teste de germinação (Tabelas 21-24).

Verificou-se que, as sementes que intumesceram rapidamente foram as que apresentaram as menores percentagens de plântulas normais (Tabela 21) e as maiores percentagens de sementes mortas (Tabela 23). As somas das percentagens de plântulas anormais com as percentagens de sementes mortas (Tabela 23), complementam os valores de percentagem de plântulas normais, já discutidos; deles diferem, portanto, apenas pelo padrão inverso de suas tendências.

Estes dados mostraram que as primeiras sementes a se apresentarem intumescidas foram as de pior qualidade fisiológica; nos dois primeiros períodos de embebição comparados, mais de 90% das sementes eram mortas ou resultaram em plântulas anormais. As médias decresceram sig-

nificativamente com a progressão dos períodos de embebição.

Tabela 20: Fase II - Resumo das análises de variância dos dados resultantes do teste de germinação das sementes intumescidas.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Valores de "F"			
		Plântulas normais	Plântulas anormais (A)	Sementes mortas (M)	A + M
Blocos	4	0,97	1,16	1,91	0,93
Período de Embebição (P)	4	161,17 **	10,39 **	129,75 **	156,28 **
Lotes (L)	4	110,43 **	5,89 **	88,13 **	106,70 **
L * P	16	2,49 **	2,36 **	1,36	2,39 **
Resíduo	96				
TOTAL	124				
Coefficiente de variação (%)		19,3	39,02	7,18	6,07

\*\* - indica  $P < 0,01$ .

Tabela 21: Fase II - Percentagens de plântulas normais resultantes do teste de germinação de sementes intumescidas.

Períodos de Embebição (Horas)	LOTES					
	1	2	3	4	5	x
1	0,3cBC	0,3dBC	3,0dAB	7,1cA	0,0dC	2,1e
2	5,9bB	7,5cB	8,2cdB	23,4bA	1,4cC	9,3d
3	11,9bB	13,4bB	13,1bcB	45,6aA	3,9bcC	17,6c
5	25,8aB	19,3aB	19,1abB	49,6aA	9,7abC	24,7b
7	27,6aBC	27,5aB	22,8aBC	52,8aA	16,5aC	29,4a

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Tabela 22: Fase II - Percentagens de plântulas anormais resultantes do teste de germinação de sementes intumescidas.

Períodos de Embebição (Horas)	LOTES					
	1	2	3	4	5	x
1	1,9aAB	3,5aA	0,3bBC	4,1aA	0,0cC	2,0c
2	3,0aAB	3,4aAB	6,5aA	3,9aAB	0,5bcB	3,5b
3	5,3aA	6,6aA	4,9aA	3,8aA	3,7abA	5,8a
5	2,7aA	4,6aAB	6,3aAB	9,1aA	6,3aAB	5,8a
7	6,8aA	4,3aA	5,4aA	5,6aA	2,1abA	4,8ab

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Tabela 23: Fase II - Percentagens de sementes mortas resultantes do teste de germinação de sementes intumescidas.

Períodos de Embebição (Horas)	LOTES					
	1	2	3	4	5	x
1	97,6	95,9	97,6	88,7	100,0	95,9 a
2	90,8	90,0	85,1	72,6	97,2	87,1 b
3	82,5	79,8	81,9	49,6	91,4	77,0 c
5	70,7	76,0	73,9	40,8	84,1	69,1 d
7	65,8	68,1	71,6	41,1	80,6	65,4 d

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Tabela 24: Fase II - Soma das percentagens de sementes mortas com as respectivas percentagens de plântulas anormais resultantes do teste de germinação de sementes intumescidas.

Períodos de Embebição (Horas)	LOTES					
	1	2	3	4	5	x
1	99,7 aAB	99,7 aAB	97,0 aBC	92,9 aC	100,0 aA	97,9 a
2	94,1 bAB	92,5 bB	91,8 abB	76,6 bC	98,6 abA	90,7 b
3	88,1 bB	86,6 bcB	86,9 bcB	54,4 cC	95,7 bcA	82,3 c
5	74,2 cB	80,7 cdB	80,9 cdB	50,4 cC	90,5 cdA	75,3 d
7	73,3 cAB	72,5 dB	77,2 dAB	47,2 cC	83,5 dA	70,7 e

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

As percentagens de plântulas anormais aumentaram inicialmente (Tabela 22) mas tenderam a se estabilizar a partir de 3 horas de embebição, contrariando a hipótese de que as sementes cujos tegumentos apresentavam-se danificados, absorvem água mais rapidamente. Fosse este o caso, estas percentagens seriam maiores nos menores períodos de embebição e decresceriam gradualmente com a progressão do período de embebição. É possível que as sementes mais seriamente danificadas tenham morrido e, nesta situação, apresentaram-se intumescidas logo após os perío-

dos iniciais de embebição, daí os resultados obtidos. Em outra Fase deste trabalho, esta hipótese foi testada de outra forma.

Sementes intumescidas dos lotes 3 e 4, de maior qualidade fisiológica (Tabela 19), deram origem a altas percentagens de plântulas anormais (Tabela 22). É possível que, nos lotes de pior qualidade, mais deteriorados, as sementes que eventualmente resultariam em plântulas anormais tenham se deteriorado até a morte ou então que, nestes lotes, o dano mecânico tenha sido particularmente severo.

As interações Lotes X Períodos de Embebição (Tabela 20) mostraram-se significativas, para todos os parâmetros avaliados pelo teste de germinação, exceto sementes mortas. Tal fato sugere que a relação qualidade fisiológica X sementes intumescidas, não foi igual para os diferentes lotes testados, apesar destes haverem obedecido a tendências idênticas (Tabelas 21-24), ou seja, a da melhoria da qualidade fisiológica das sementes intumescidas à medida em que foi estendido o período de embebição.

As desigualdades desta relação podem ser atribuídas ao histórico, incluindo o manejo de cada lote; enquanto que as sementes de alguns lotes podem ter sido sujeitas a danos severos, em outros, as sementes sofreram não mais que pequenas injúrias superficiais. Em ambos os casos, entretanto, a permeabilidade do tegumento foi afetada, mas as sementes apresentam sementes com características distin-

tas de qualidade fisiológica.

Outra possibilidade, refere-se ao tempo decorrido desde que as sementes foram submetidas ao evento causador de dano ao tegumento e/ou embrião. Nos lotes de colheita mais recente, os eventuais danos podem não ter tido tempo suficiente para manifestar todo o seu potencial. Isto significa que, sementes intumescidas em consequência de injúrias recentes, podem apresentar características de qualidade fisiológica superior a sementes igualmente intumescidas mas que resultaram de sementes submetidas a danos anteriores.

As relações entre qualidade fisiológica e embebição de água pelas sementes de Calopogonium mucunoides foram confirmadas pela análise de correlação linear simples dos dados de percentagens de sementes intumescidas com as percentagens dos vários parâmetros de qualidade fisiológica destas sementes, avaliados pelo teste padrão de germinação (Tabela 25).

Os coeficientes resultantes, de valores negativos e positivos, respectivamente, para as percentagens de sementes intumescidas X plântulas normais e sementes intumescidas X sementes mortas, revelaram-se significativos para todos os períodos de embebição comparados. Por constituírem-se em valores que se complementam, os coeficientes que envolveram a soma das percentagens de sementes mortas com as de plântulas anormais apresentaram exatamente os mesmos valores dos coeficientes que incluíram as plântulas



normais, porém com o sinal inverso.

Tabela 25: Fase II - Coeficientes de correlação linear simples entre os dois dados de percentagens de sementes intumescidas.

Períodos de Embebição (Horas)	Coeficiente de correlação linear simples % sementes intumescidas x			
	% Plântulas normais	% Plântulas anormais (A)	% Sementes mortas (M)	% A + % M
1	- 0,5358 **	- 0,5408 **	0,6806 **	0,5358 **
2	- 0,4956 *	0,0206	0,4628 *	0,4956 *
3	- 0,6183 **	0,1855	0,5782 **	0,6183 **
5	- 0,5274 **	- 0,4844 *	0,5848 **	0,5274 **
7	- 0,4995 **	- 0,0010	0,4696 *	0,4995 **

\*\*, \* - indicam significância, respectivamente, nos níveis de 1% e 5% pelo teste "t".

Apenas os coeficientes da correlação das percentagens de sementes intumescidas X percentagens de plântulas anormais, obtidos para os períodos de uma e cinco horas de embebição, é que se mostraram significativos (Tabela 25). O maior deles, correspondente ao período de

uma hora, por ser um valor negativo, aponta para uma relação inversa entre os valores dos parâmetros correlacionados. Os coeficientes obtidos para os demais períodos mostraram-se não significativos.

A exceção, portanto, de plântulas anormais, observou-se que vários outros parâmetros importantes de qualidade fisiológica estiveram associados de forma direta com o intumescimento das sementes e indicaram, consistentemente, uma relação inversa entre a rapidez de absorção de água e a qualidade fisiológica da semente.

Estes dados devem ser interpretados à luz do padrão trifásico de absorção de água apresentado por sementes individuais (BEWLEY & BLACK, 1978). Em uma determinada amostra submetida à embebição, as sementes que mais rapidamente intumescem são aquelas que, independente de sua viabilidade ou vigor, também rapidamente iniciam a fase I da embebição e alcançam a fase II.

A rapidez da embebição está intimamente associada à permeabilidade do tegumento que, no caso do Calopogonium mucunoides e, possivelmente de outras espécies cujo tegumento apresenta características semelhantes, está relacionada ao efeito de fatores como por exemplo, tempo de armazenamento, dano mecânico e imaturidade. Por sua vez, estes fatores estão relacionados à qualidade fisiológica das sementes. Deste modo, é possível que, à medida em que foram estendidos os períodos de tempo testados neste trabalho, as sementes cujos tegumentos apresentaram menor grau

de permeabilidade passaram gradualmente a constituir a fração das sementes intumescidas. Daí o motivo pelo qual, à medida em que se prolongou o período de embebição, as sementes que intumesceram apresentaram melhor qualidade fisiológica. Observações semelhantes foram feitas por VIEIRA et alii (1982) com sementes de soja.

Considerando-se que, dentro do período de embebição estudado o padrão médio da absorção de água pelas amostras de sementes de Calopogonium mucunoides pode ser descrito por uma curva de segundo grau, é possível que sua fase exponencial represente a predominância de sementes não viáveis em plena fase I da absorção. Os dados apresentados nas Tabelas 21-24 corroboram esta hipótese. Por sua vez, a fase linear ascendente desta curva, provavelmente, representa uma grande proporção de sementes na fase II da absorção.

Justifica-se, desta forma, a constatação de que, à medida em que o período de embebição foi prolongado, as sementes intumescidas revelaram-se de melhor qualidade fisiológica.

Com base nestas observações, atentou-se para a hipótese, testada na Fase IV deste trabalho, de que as percentagens de sementes intumescidas podem ser utilizadas para distinguir lotes de sementes de Calopogonium mucunoides de diferentes qualidades fisiológicas.

#### 4.3. Fase III: Efeitos de dano mecânico e imaturidade sobre a absorção de água pelas sementes

Nesta fase experimental, buscou-se identificar uma possível relação entre a absorção de água pelas sementes de Calopogonium mucunoides e a presença de alterações físicas em seus tegumentos, decorrentes de dano mecânico e imaturidade.

A análise de variância dos dados, cujo resumo é mostrado no Tabela 26, revelou que, pela avaliação visual, os lotes comparados não diferiram entre si quanto ao conteúdo de sementes imaturas ou danificadas (Tabela 27).

Esta avaliação revelou-se ineficiente, particularmente no caso das sementes imaturas, das quais permitiu a identificação de apenas 16% do total (Tabela 27). Ficou evidenciado que a definição de sementes imaturas adotada foi inadequada. Mesmo sementes arredondadas, aparentemente maduras, apresentaram embriões verdes ou esverdeados e, portanto, imaturos no teste do tetrazólio.

No caso das sementes mecanicamente danificadas, a avaliação visual detectou apenas 46% das que eventualmente vieram a ser classificadas como tais. Isto significa que mesmo sementes sem alterações visíveis no tegumento revelaram-se danificadas no teste do tetrazólio.

Assim sendo, os dados indicaram que esta forma de avaliação permitiu apenas a identificação das al-

terações mais grosseiras e evidentes no tegumento. O fato de, no teste de embebição, todas as sementes assim identificadas, haverem se mostrado intumescidas no final do período de embebição e, esverdeadas (imaturas) ou totalmente descoloridas (mortas), no teste de tetrazólio, reforça esta possibilidade.

Pelo teste do tetrazólio, os lotes diferiram significativamente entre si quanto ao número de sementes imaturas e danificadas (Tabelas 26 e 27). Os tipos de danos evidenciados no embrião por este teste, indicaram a presença de alterações não distingüíveis visualmente no tegumento, as quais foram, aparentemente, capazes de facilitar a absorção de água pelas sementes. Neste caso, foi assumido que o dano ao embrião estava necessariamente associado à injúria ao tegumento.

Outras metodologias disponíveis, adequadas à avaliação de danos mecânicos em sementes (MARCOS FILHO et alii, 1987), teriam, provávelmente, interferido nos resultados das avaliações posteriores a que foram submetidas as sementes intumescidas e foram, portanto, descartadas.

A importância da avaliação visual destas duas categorias de sementes, neste estudo, reside no fato de que, pelo teste de tetrazólio, as sementes severamente danificadas talvez mostrassem tamanho grau de descoloração que impossibilitaria qualquer inferência sobre a possível causa de sua morte. Não há como testar, entretanto, a hipótese pouco provável de que, o dano mecânico nas sementes

que se apresentaram totalmente descoloridas no teste do tetrazólio, só tenha ocorrido após a morte da semente, não estando, desta forma, a ela associado.

Tabela 26: Fase III - Resumo da análise de variância dos dados de percentagem de sementes intumescidas e de sementes danificadas e de imaturas identificadas visualmente (V) e pelo teste do tetrazólio (TZ).

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Valores de "F"										
		Sementes Intumescidas	Visual		TZ			Σ			ΣΣ	
			Danific. (VD)	Imat. (VI)	VD+VI	Danific. (TZ.D)	Imat. (TZ.I)	TZD+TZI	Total Descol.	VD+TZD		VI+TZI
Blocos	2	1,16	0,83	0,21	0,79	1,00	1,82	1,73	0,56	2,17	1,24	1,42
Lotes	4	11,90 **	2,64	0,31	1,68	4,34 †	6,04 †	2,94	5,91 †	10,53 **	2,89	15,39 **
Residuo	8											
TOTAL	14											
Coefficiente de variação (%)		14,88	30,52	98,43	34,65	32,28	12,68	17,81	11,96	11,07	14,26	6,97

\*\* , † - indicam, respectivamente,  $P < 0,01$  e  $P < 0,05$ .

VD,VI - referem-se, respectivamente, às sementes danificadas e imaturas, identificadas visualmente.

TZD,TZI - referem-se, respectivamente, às sementes danificadas e imaturas, identificadas pelo teste do Tetrazólio.

Tabela 27: Fase III - Percentagem de sementes danificadas e imaturas identificadas visualmente (V) e pelo teste do tetrazólio (TZ) entre as sementes intumescidas.

Sementes Lotes Intumescidas	% das Sementes Intumescidas										
	Forma de Avaliação							$\Sigma$			
	Visual			TZ				VD+TZ.D	VI+TZ.I	VD+TZ.D+ VI+TZ.I	
	Danific. (VD)	Imat. (VI)	VD+	Danific. (TZ.D)	Imat. (TZ.I)	TZD+	Total Descol.				
1	78,6 a	13,8 a	1,8 a	15,6 a	2,1 b	22,2 a	24,3 a	56,6 a	15,9 c	24,0 a	39,9 b
2	67,9 ab	27,8 a	6,4 a	34,2 a	18,3 ab	13,7 ab	32,0 a	32,5 ab	46,1 a	20,1 a	66,2 a
3	56,7 ab	12,8 a	1,6 a	14,4 a	18,6 ab	12,5 ab	31,19	44,8 ab	31,4 abc	14,1 a	45,5 b
4	39,0 bc	11,3 a	3,4 a	14,7 a	14,8 ab	9,7 b	24,5 a	48,8 ab	26,1 bc	13,1 a	39,2 b
5	21,3 c	6,5 a	2,0 a	8,5 a	29,2 a	20,0 a	49,2 a	27,3 b	35,7 ab	22,0 a	57,7 a
$\bar{x}$	52,7	14,4	3,0	17,4	16,6	15,6	32,2	41,6	31,0 $\pm$ 11,2	18,7 $\pm$ 4,8	49,7 $\pm$ 11,8

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

VD,VI - referem-se, respectivamente, às sementes danificadas e imaturas identificadas visualmente.

TZD,TZI - referem-se, respectivamente às sementes danificadas e imaturas identificadas visualmente.

Pelas somas das médias das duas formas de avaliação verificou-se que os lotes comparados apresentaram médias estatisticamente semelhantes de sementes imaturas. O número de sementes danificadas, porém, variou entre os lotes e, em geral, das duas categorias de sementes, constituiu a maior fração (Tabela 27).

Os hábitos indeterminados de crescimento e de florescimento apresentados pelo Calopogonium mucunoides (SKERMAN, 1977), tornam quase inevitável a presença de uma fração de sementes imaturas nos lotes de sementes desta espécie. Entretanto, o tamanho desta fração pode variar de ano para ano, em função das condições ambientais ocorridas durante o crescimento, da época e método de colheita e do tipo de beneficiamento a que são submetidas as sementes. Por sua vez, o dano mecânico está associado ao manuseio das sementes, principalmente na fase da colheita.

Os procedimentos utilizados neste estudo, na identificação de sementes imaturas e danificadas, não permitiram quantificar o exato grau de associação destes fatores com o intumescimento das sementes de Calopogonium mucunoides. Isto porque não há como estimar a causa provável da morte das sementes que, no teste de tetrazólio, apresentaram-se totalmente descoloridas. É bastante provável, entretanto, que imaturidade e dano mecânico tenham sido causadores da morte de, pelo menos, uma fração destas sementes. O restante delas, apesar de intactas, pode ter morrido em consequência de envelhecimento natural, acelerado, talvez,



por condições desfavoráveis de armazenamento ou durante a maturação.

Sabe-se que a dormência decorrente da dureza do tegumento pode contribuir à manutenção da viabilidade das sementes durante o armazenamento. Entretanto, esta característica manifesta-se com freqüências e intensidades variadas entre as sementes que compõem um lote de sementes. Isto significa que, ao mesmo tempo em que algumas sementes mostram-se dormentes, outras, no mesmo lote, não apresentam esta característica. Logo, algumas sementes são muito mais propensas ao intumescimento do que outras, refletindo sua perda gradual de viabilidade e aumento da permeabilidade do tegumento.

Assim, por exemplo, no lote 1, que apresentou a maior percentagem de sementes intumescidas (Tabela 27), a baixa percentagem de sementes danificadas, provavelmente, reflete a morte destas sementes durante o período em que permaneceram armazenadas, as quais passaram a constituir a fração das sementes totalmente descoloridas no teste do tetrazólio. O mesmo raciocínio é válido para as sementes imaturas.

Deste modo, os valores obtidos pela estimativa visual, acrescidos dos valores respectivos resultantes da avaliação pelo teste do tetrazólio, permitiram estimar, ainda que de forma grosseira, a importância do efeito destes fatores sobre o comportamento das amostras de sementes quanto à absorção de água. Esta soma (Tabela 27) revelou

que, aproximadamente, 50% das sementes intumescidas puderam ser seguramente identificadas como imaturas ou mecânicamente danificadas; dentro de cada lote, estas categorias de sementes representaram proporções variáveis.

Observa-se, portanto, que a imaturidade e o dano mecânico são fatores importantes associados à absorção de água pelas sementes; esta associação advém da maior permeabilidade que caracteriza o tegumento das sementes destas categorias.

#### 4.4. Fase IV: A embebição de amostras de sementes e seu potencial como teste para estimativa da qualidade fisiológica de sementes de diferentes lotes

As evidências obtidas nas Fases Experimentais anteriores sugeriram uma relação entre o intumescimento das sementes de Calopogonium mucunoides, após determinados períodos de embebição, e sua qualidade fisiológica. Em consequência, nesta Fase foi avaliada, com maiores detalhes, se a distinção dos lotes com base em níveis de percentagens de sementes intumescidas equivale à sua diferenciação quanto à qualidade fisiológica.

Um resumo da análise de variância dos dados de percentagens de sementes intumescidas, resultantes de nove lotes de Calopogonium mucunoides submetidos a três períodos de embebição, é mostrado na Tabela 28. Os mesmos ar-

gumentos utilizados na Fase I deste estudo, para explicar a significância dos valores de "F" obtidos para os fatores Lotes, Períodos e Lotes X Períodos, são também adotados para explicar os valores encontrados nesta análise.

A comparação estatística das médias de percentagens de sementes intumescidas, mostradas na Tabela 29, revelou que, dentre os três períodos de embebição comparados, o de cinco horas foi o que melhor discriminou os lotes tendo identificado sete grupos distintos de valores. Os períodos de três e quatro horas de embebição mostraram menor sensibilidade, pois identificaram apenas cinco grupos cada.

Assim, para um número de lotes superior ao comparado na Fase I, o período de três horas de embebição foi de menor precisão na distinção destes lotes. É possível que, o período de embebição necessário para permitir um nível aceitável de precisão na diferenciação, varie com o número de lotes que estão sendo comparados, devendo ser prolongado à medida em que aumenta o número de lotes. Há, também, a possibilidade de que este período varie de acordo com o histórico dos lotes comparados.

A partir dos resultados dos testes de avaliação da qualidade fisiológica dos nove lotes originais (Tabelas 30-33), observou-se que, dentre estes, os que melhor distinguiram os lotes foram as percentagens de plântulas normais, de sementes duras, de sementes mortas e de sementes viáveis (TZ), todos os quais tiveram suas respectivas médias classificadas em cinco grupos distintos pelos

procedimentos estatísticos adotados.

Tabela 28: Fase IV - Resumo da análise de variância dos dados de percentagem de sementes intumescidas resultantes do teste de embebição

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Valores de "F"
Blocos	4	4,11 **
Período de Embebição (P)	2	113,84 **
Lotes (L)	8	451,32 **
L * P	16	2,82 **
Resíduo	104	
<b>TOTAL</b>	<b>134</b>	
<hr/>		
Coefficiente de Variação (%)	6,11	

\*\* - indica  $P < 0,01$ .

Tabela 29: Fase IV - Percentagens de sementes intumescidas de amostras nove lotes de sementes de Calopogonium mucunoides submetidas a três períodos de embebição.

Lotes	Período de Embebição (Horas)		
	3	4	5
1	67,7 aB	78,3 aA	81,8 aA
2	58,5 bB	76,9 aA	79,6 abA
3	59,5 abB	62,6 bB	73,6 bcA
4	57,8 bB	64,7 bA	70,2 cdA
5	46,1 cB	52,3 cB	61,9 deA
6	34,4 dC	48,4 cB	57,5 eA
7	33,0 dB	38,5 dA	43,0 fA
8	9,3 eB	12,2 eAB	16,4 gA
9	11,8 eA	13,9 eA	16,1 gA
	42,0 C	49,7 B	55,5 A

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Portanto, por haver distinguido um número maior de grupos de lotes, o período de cinco horas de embebição apresentou um poder discriminante maior do que o

apresentado por qualquer um dos testes para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes utilizados nesta Fase. Assim, a necessidade de uma busca do aumento do poder discriminante do teste de embebição, como por exemplo através da extensão do período de embebição, é questionável, visto que os demais testes para avaliação da qualidade fisiológica das sementes não apresentaram idêntico potencial de discriminação.

Entretanto, a não constatação de sobreposições de médias pelo teste de Tukey, sugerem que os períodos de embebição de 3 ou 4 horas, foram capazes de distinguir mais claramente os lotes comparados. Desta forma, considerando-se os resultados do teste de Tukey e os resultados do teste de correlação linear, o período de 4 horas de embebição foi, nesta Fase, o de maior eficiência na distinção dos lotes.

A avaliação das plântulas normais, tanto por ocasião da primeira contagem quanto na contagem final, e a da emergência das plântulas em casa de vegetação, foi menos eficiente do que os demais parâmetros avaliados, na comparação dos lotes quanto a qualidade fisiológica. É provável que isto seja consequência dos limites impostos pelas sementes duras nos lotes de melhor qualidade e pelas sementes mortas nos lotes de qualidade inferior, com o que ficaram iguais as percentagens de plântulas normais e emergidas dos diferentes lotes.

A relação sementes intumescidas X qualidade

fisiológica das sementes ficou bem caracterizada pela análise de correlação linear simples, cujos resultados são apresentados na Tabela 34. Foram encontrados coeficientes de correlação significativos, positivos, entre as percentagens de sementes intumescidas resultantes de cada um dos três períodos testados e as percentagens de sementes mortas e da soma das percentagens de sementes mortas com as de plântulas anormais.

Tabela 30: Fase IV - Resumo da análise de variância de dados de percentagem resultantes dos testes de germinação e primeira contagem de germinação.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Plântulas Normais (N)	Plântulas Anormais (A)	Sementes Duras (D)	Sementes Mortas (M)	A + M	N + D	Primeira Contagem
Lotes	8	76,61 **	4,73 **	95,99 **	140,47 **	128,20 **	128,20 **	65,71 **
Resíduo	27							
TOTAL	35							
Coeficiente de variação (%)		6,13	27,92	8,39	6,57	6,40	5,03	8,03

\*\* - indica  $P < 0,01$ .

Tabela 31: Fase IV - Resumo da análise de variância dos dados de percentagem de viabilidade.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Valores de "F"
Lotes	8	157,57 **
Resíduo	9	
TOTAL	17	
Coefficiente de Variação (%)	3,29	

\*\* - indica  $P < 0,01$ .



Tabela 32: Fase IV - Resumo da análise de variância dos dados de percentagem de emergência em casa de vegetação.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Valores de "F"
Blocos	4	2,50
Lotes	8	30,44 **
Resíduo	32	
<b>TOTAL</b>	<b>44</b>	
Coeficiente de Variação (%) 14,6		

\*\* - indica  $P < 0,01$ .

Tabela 33: Fase IV - Resultados das avaliações feitas pelos testes de primeira contagem de germinação, de viabilidade e de emergência em casa de vegetação\*.

Lotes	Primeira Contagem	Plântulas Normais (N)	Plântulas Anormais (A)	Sementes Duras (D)	Sementes Mortas (M)	A + H	N + D	Sementes Viáveis	Emergência
	%								
9	25,0 b	34,0 cd	0,7 c	59,5 a	5,5 e	6,5 d	93,5 a	94,4 a	21,3 bc
8	26,9 b	48,5 ab	6,7 ab	31,5 b	13,1 d	19,9 c	80,1 b	76,5 b	44,3 a
7	36,5 a	54,5 a	29,6 c	23,0 cd	19,4 cd	22,4 c	77,6 b	80,8 b	44,8 a
5	43,5 a	54,3 a	6,5 ab	16,7 d	22,2 c	28,9 c	71,1 b	76,5 b	52,0 a
1	24,7 b	40,5 bc	9,8 a	8,4 e	40,9 b	50,7 b	49,0 c	56,3 c	27,0 b
2	27,0 b	33,2 cd	4,6 abc	6,2 e	55,8 a	60,5 ab	39,5 cd	33,7 de	25,6 b
4	5,2 c	13,1 e	3,4 abc	25,6 bc	56,5 a	59,9 ab	38,7 cd	39,2 de	3,6 d
3	24,4 b	28,2 d	6,1 ab	8,8 e	56,5 a	62,8 a	37,2 d	43,5 d	26,3 b
6	6,3 c	15,0 e	5,9 ab	19,4 cd	59,5 a	65,5 a	34,5 d	31,2 e	11,2 cd

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si ( $P > 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

\* A ordenação dos lotes foi feita com base na percentagens de plantulas normais somadas às percentagens de sementes duras (% N+D).

Igualmente significativos, porém negativos, foram os valores dos coeficientes de correlação encontrados entre as percentagens de sementes intumescidas e as percentagens de sementes duras, de sementes viáveis e da soma das percentagens de sementes duras com as de plântulas normais.

Os valores obtidos, mostraram que as sementes duras constituíram, de fato, um fator importante na determinação dos níveis de percentagens de sementes intumescidas alcançados, o que era esperado, visto que, tal como anteriormente discutido, estas sementes apresentam um impedimento físico à absorção de água. A não significância da correlação entre as sementes intumescidas e as plântulas anormais, assumindo-se que a maior parte destas resultam de danos mecânicos à semente, indicou que, apesar de importantes, só os danos não devem explicar totalmente a proporção de sementes intumescidas nas amostras.

Os coeficientes de correlação indicaram, também, que as percentagens de sementes intumescidas constituíram bons indicadores das percentagens de sementes mortas, da soma de percentagens de plântulas normais com as de sementes duras e, por conseqüência, com a soma das percentagens de plântulas anormais com as de sementes mortas; estas duas últimas somas se complementam e seus respectivos coeficientes de correlação são, portanto, iguais, porém, de sinais trocados.

Tabela 34: Fase IV - Coeficientes de correlação linear simples obtidos entre as médias de percentagens de sementes intumescidas e as médias das avaliações feitas pelos testes de germinação de tetrazólio e de emergência em casa de vegetação.

Parâmetros de Qualidade	% Sementes Intumescidas Período de embebição (horas)		
	3	4	5
Primeira Contagem	-0,1395	-0,1706	-0,1781
Plântulas Normais (Norm.)	-0,2668	-0,2940	-0,3063
Plântulas Anormais (Anorm.)	0,4750	0,4878	0,5257
Sementes Duras (Duras)	-0,8232**	-0,8518**	-0,8711**
Sementes Mortas (Mortas)	0,7716*	0,8090**	0,8335**
Anormais + Mortas	0,7802*	0,8166**	0,8438**
Normais + Duras	-0,7800**	-0,8167**	-0,8442**
Sementes Viáveis	-0,6799*	-0,7413*	-0,7617*
Emergência	-0,3679	-0,2918	-0,2785

\*\* , \* - indicam significância, respectivamente, nos níveis de 1% e 5% pelo teste "t".

No caso de Calopogonium mucunoides, a significância da correlação entre as percentagens de sementes intumescidas com as da soma das sementes duras com as plântulas normais, ou de seu equivalente, a soma das plântulas anormais com as sementes mortas, é de interesse prático. Isto porque, no Brasil, os lotes de sementes de Calopogo-

nium mucunoides, assim como das demais leguminosas que apresentam sementes duras, são comercializados com base não apenas com base na percentagem de plântulas normais mas, também, na soma desta com a de sementes duras.

Em todos os casos, exceto no teste de emergência em casa de vegetação, o valor do coeficiente aumentou à medida em que o período de embebição prolongou-se de três para cinco horas, sugerindo a possibilidade de que um prolongamento ainda maior resultaria em coeficientes de correlação ainda mais altos. Deve haver, entretanto, um limite à extensão deste período, pois, como foi visto na Fase I, este procedimento permite o intumescimento de sementes de boa qualidade fisiológica, o que pode levar à diminuição do poder de discriminação do teste. Estas hipóteses, porém, não foram testadas neste trabalho.

Ficou, portanto, caracterizada uma relação entre as sementes intumescidas e várias importantes características descritivas da qualidade fisiológica das sementes dos lotes testados.

Assim, quando dois ou mais lotes de sementes de Calopogonium mucunoides estiverem sendo comparados, o lote cuja amostra apresentar a maior percentagem de sementes intumescidas apresenta alta possibilidade de ser aquele que, no teste de germinação, também resultará nas maiores percentagens de sementes mortas e da soma da percentagem de sementes mortas com a de plântulas anormais. Esta mesma amostra, possivelmente, apresentará as menores percentagens

de sementes viáveis, de sementes duras e da soma da porcentagem de sementes duras com a de plântulas normais.

A ordenação dos vários lotes, de acordo com uma seqüência decrescente de qualidade fisiológica (Tabela 35), permitiu melhor avaliar a veracidade desta hipótese. Por ela, verificou-se que os dados de sementes intumescidas possibilitaram a ordenação dos lotes de forma razoavelmente semelhante às feitas com base nos dados de plântulas normais, sementes duras, sementes mortas, sementes viáveis, da soma das plântulas anormais com as sementes mortas e da soma das plântulas normais com as sementes duras.

Tabela 35: Fase IV - Ordenação de nove lotes de sementes de Calopogonium mucunoides feitas pelo teste de Tukey, de acordo com ordem crescente de qualidade fisiológica e decrescente de percentagens de sementes intumescidas. Na tabela, os números representam os lotes.

Sementes Período	Intumescidas			Primeira Contagem	Plântulas		Sementes		A+M	N+D	Sementes Viáveis	Emer- gência
	3	5	7		Normais (N)	Anômalas (A)	Duras (D)	Mortas (M)				
8 e	8 e	9 g	5 a	7 a	9 c	9 a	9 e	9 d	9 a	9 a	5 a	
9 e	9 e	8 g	7 a	5 a	7 c	8 a	8 d	8 c	8 b	7 b	7 a	
7 d	7 d	7 f	2 b	8 ab	4 c	4 ab	7 c	7 c	7 b	8 b	8 a	
6 d	6 c	6 e	8 b	1 bc	2 c	7 bc	5 c	5 c	5 b	5 b	1 b	
5 c	5 c	5 de	9 b	9 c	6 b	6 bc	1 b	1 b	1 c	1 c	3 b	
4 b	3 b	4 cd	1 b	2 c	5 b	5 c	2 a	2 ab	2 cd	3 d	2 b	
2 b	4 b	3 bc	3 b	3 d	3 b	3 d	4 a	4 ab	4 cd	4 de	9 bc	
3 ab	2 a	2 ab	6 c	6 e	8 b	1 d	3 a	3 a	3 d	2 de	6 cd	
1 a	1 a	1 a	4 c	4 e	1 a	2 d	6 a	6 a	6 d	6 e	4 d	

Os lotes, representados pelos números, seguidos por letras distintas na coluna, diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Em dois dos nove lotes comparados (Tabela 35), entretanto, respectivamente o 1 e o 6, as percentagens de sementes intumescidas não corresponderam aos níveis de qualidade fisiológica revelados por suas sementes nos demais testes.

No caso do lote 1, é possível que o dano mecânico a ele infringido tenha sido severo o suficiente para aumentar a permeabilidade do tegumento, mas não o bastante para influir marcadamente a qualidade fisiológica do lote, principalmente se, a posteriori, as condições de armazenamento foram favoráveis.

É possível que o inverso tenha ocorrido com o lote 6 que, apesar de haver apresentado nível relativamente não muito elevado de percentagem de sementes intumescidas, a qualidade fisiológica das suas sementes revelou-se das mais baixas. O tipo de dano a que foi submetido o lote talvez possa explicar este fato.

Estas possíveis explicações para o comportamento destes lotes quanto à absorção de água constituem não mais que hipóteses que poderiam ser testadas em estudos posteriores.

De qualquer modo, estas duas exceções evidenciam a existência de amostras de sementes que apresentam características físicas de tegumento, associadas à absorção de água, não relacionadas às características fisiológicas do embrião, indicando que uma utilização ampla do teste de intumescimento fica na dependência de estudos mais detalha-



dos.

De um modo geral, entretanto, considerando-se o comportamento da maior parte dos lotes comparados, ressaltou-se nesta Fase Experimental que, em Calopogonium mucunoides, a absorção de água por amostras de sementes está relacionada à sua qualidade fisiológica.

#### 4.5. Fase V: O tamanho das sementes e sua relação com a embebição e qualidade fisiológica.

O tamanho das sementes é uma das características físicas dos lotes que, apesar de determinada pelo genótipo, é influenciada pelas condições de ambiente ocorridas durante a formação das sementes e pelo manejo do lote. No caso específico de Calopogonium mucunoides, uma espécie de hábitos indeterminados de crescimento e florescimento, cada lote inclui sementes cuja maturação ocorreu sob uma ampla variação de condições de ambiente e cujos efeitos sobre o tamanho das sementes são conseqüentes e esperados.

Neste trabalho, a caracterização dos lotes quanto a classes de tamanho (Tabela 36), confirmou esta expectativa. Apesar de, em média, a maior fração das sementes ter sido a representada pelos tamanhos menores que a largura 8 e maiores que 6, verificou-se que as classes constituíram proporções que diferiram entre os lotes. As sementes menores que a largura 6, por exemplo, representa-

ram 11,2% do lote 2 e apenas 3,1% do lote 1.

Tabela 36: Fase V - Frações das amostras de quatro lotes de sementes de Calopogonium mucunoides retidas por peneiras de crivos circulares de oito diâmetros diferentes.

Peneiras	Lotes					$\bar{x}$	Após Agrupamento
	1	2	3	4	%		
8	1,6	1,6	1,3	2,1	1,7	17,6	
7½	17,1	12,8	16,5	17,0	15,9		
7	29,9	20,4	27,7	26,5	26,1	26,1	
6½	31,0	28,3	31,0	27,4	29,4	29,4	
6	17,3	25,9	19,2	19,7	20,5	20,5	
5½	2,8	9,7	4,0	6,4	5,7	6,3	
1/12	0,1	0,5	0,1	0,4	0,3		
1/13	0,1	0,7	0,1	0,4	0,3		
Fundo	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2		

Ao mesmo tempo, em que as condições do ambiente determinam variações no tamanho das sementes, elas determinam, também, o grau de permeabilidade do seu tegumento. Há evidências experimentais de que o estresse hídrico, principalmente quando associado a altas temperaturas

(BACIU-MICLAUS, 1970; HILL et alii, 1986a), favorece a formação de sementes duras em leguminosas. Tamanho e permeabilidade do tegumento estão, portanto, associados.

A permeabilidade do tegumento pode ainda ser influenciada pelos vários processos a que são submetidas as sementes da colheita até a embalagem, podendo incluir, eventualmente, a eliminação, intencional ou não, de sementes com determinadas características físicas, como por exemplo, as menores ou as mais leves.

Portanto, são várias as causas pelas quais o fator Lotes pode influir sobre a absorção de água pelas sementes. Todos estes fatos estão, por certo, refletidos nos resultados do teste de embebição ao qual foram submetidas amostras dos vários lotes e tamanhos comparados.

A análise de variância destes dados, mostrada na Tabela 37, revelou que, tal como em Fases Experimentais anteriores, os fatores Lotes e Períodos de Embebição e suas interações, exerceram influências significativas sobre a absorção de água pelas sementes, justificando, desta forma, sua escolha propositada.

Igualmente significativos foram os efeitos dos tamanhos e suas interações com os demais fatores testados. Isto sugere que, apesar dos diferentes tamanhos das sementes estarem associados à menor ou maior absorção de água nos períodos comparados, nas sementes de um determinado tamanho, a absorção variou de acordo com o lote do qual procedem as sementes.

Tabela 37: Fase V - Resumo da análise de variância dos dados de percentagem de sementes intumescidas obtidas de amostras classificadas pelo tamanho.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Valores de "F"
Blocos	4	1,73
Lotes (L)	3	82,59 **
Períodos de Embebição (P)	2	146,41 **
L x P	6	5,50 **
Resíduo (a)	44	
<hr/>		
Tamanho (T)	5	188,03 **
T x L	15	19,19 **
T x P	10	2,62 **
T x L x P	30	1,52
Resíduo (b)	255	
<hr/>		
TOTAL	359	
<hr/>		
Coefficiente de variação (%)	7,40	

\*\* - indica  $P < 0,01$ .

A análise de regressão dos dados de porcentagem de sementes intumescidas (Tabela 38), sugeriu que, dentro do período de 3 a 7 horas de embebição, a relação entre estes dois fatores é linear e ascendente, podendo, portanto, ser descrita pela equação  $Y = a + bX$ , para todos os tamanhos estudados. A interação Períodos de Embebição X. Tamanhos de sementes, observada neste estudo, pode ser visualizada na Figura 2.

Esta análise revelou, também, que, em média, as taxas de absorção de água, foram praticamente as mesmas para as sementes retidas pelas peneiras  $7\frac{1}{2}$ ,  $6\frac{1}{2}$  e  $1/13$  e da amostra não classificada; a taxa apresentada pelas sementes de tamanho 6 foi ligeiramente superior e a das sementes de tamanho 7, ligeiramente inferior às dos demais tamanhos. Na Tabela 38, estas taxas estão representadas pelo coeficiente "b" da equação  $Y = a + bX$  citada.

Tomando-se esta taxa como indicativa da permeabilidade de tegumento, conclui-se que, dentro do período estudado, ela foi ligeiramente superior no caso das sementes de tamanho 6 e inferior nas de tamanho 7, relativamente às demais classes de tamanho, as quais, por sua vez, apresentaram permeabilidades muito semelhantes.

Dentro dos lotes individuais, entretanto, a variação das taxas de absorção entre os tamanhos foi consideravelmente mais ampla (Tabela 38), refletindo a significância da interação entre os fatores Lotes X Tamanhos revelada pela análise de variância (Tabela 37).

Tabela 38: Fase V - Resumo da análise de regressão dos dados de percentagem de sementes intumescidas obtidas de amostras classificadas por tamanho.

Lotes	Peneiras	Coeficiente da equação $y = a + bx$		Coeficiente de determinação
		a	b	$r^2$
Todos	7½	21,3	8,7	0,4547 **
	7	19,3	6,9	0,3554 **
	6½	14,8	8,3	0,3327 **
	6	16,4	9,8	0,3978 **
	1/13	23,5	8,8	0,2338 **
	N.C. <sup>a</sup>	19,2	8,8	0,5758 **
	$\bar{x} \pm s$	19,1±3,2	8,6±1,0	
1	7½	28,6	6,3	0,5752 **
	7	23,4	6,0	0,5146 **
	6½	13,9	6,8	0,6021 **
	6	17,3	10,7	0,7966 **
	1/13	22,6	9,4	0,8115 **
	N.C. <sup>a</sup>	25,0	7,2	0,6348 **
	$\bar{x} \pm s$	21,8±5,3	7,7±1,9	
2	7½	29,0	7,8	0,6353 **
	7	24,0	3,6	0,3417 *
	6½	22,1	4,1	0,4900 **
	6	18,8	5,0	0,5810 **
	1/13	21,3	7,8	0,8158 **
	N.C. <sup>a</sup>	16,8	8,6	0,7726 **
	$\bar{x} \pm s$	22,0±4,3	6,2±2,2	

continua ...

Tabela 38 : Continuação

Lotes	Peneiras	Coeficiente da equação $y = a + bx$		Coeficiente de determinação
		a	b	$r^2$
3	7½	14,5	7,4	0,7191 **
	7	14,1	5,6	0,4842 **
	6½	8,5	7,7	0,8361 **
	6	16,6	6,1	0,5221 **
	1/13	13,6	6,4	0,6019 **
	N.C. <sup>a</sup>	18,5	6,5	0,6033 **
	$\bar{x} \pm s$	14,3±3,4	6,6±0,8	
4	7½	13,0	13,2	0,7696 **
	7	15,8	12,4	0,3853 *
	6½	14,8	14,7	0,7320 **
	6	12,9	17,6	0,9425 **
	1/13	36,6	11,8	0,7511 **
	N.C. <sup>a</sup>	16,6	12,7	0,8903 **
	$\bar{x} \pm s$	18,3±9,1	12,1±2,4	

\*\*, \* - indicam, respectivamente,  $P < 0,01$  e  $P < 0,05$ .

<sup>a</sup>: N.C. = amostra não classificada.

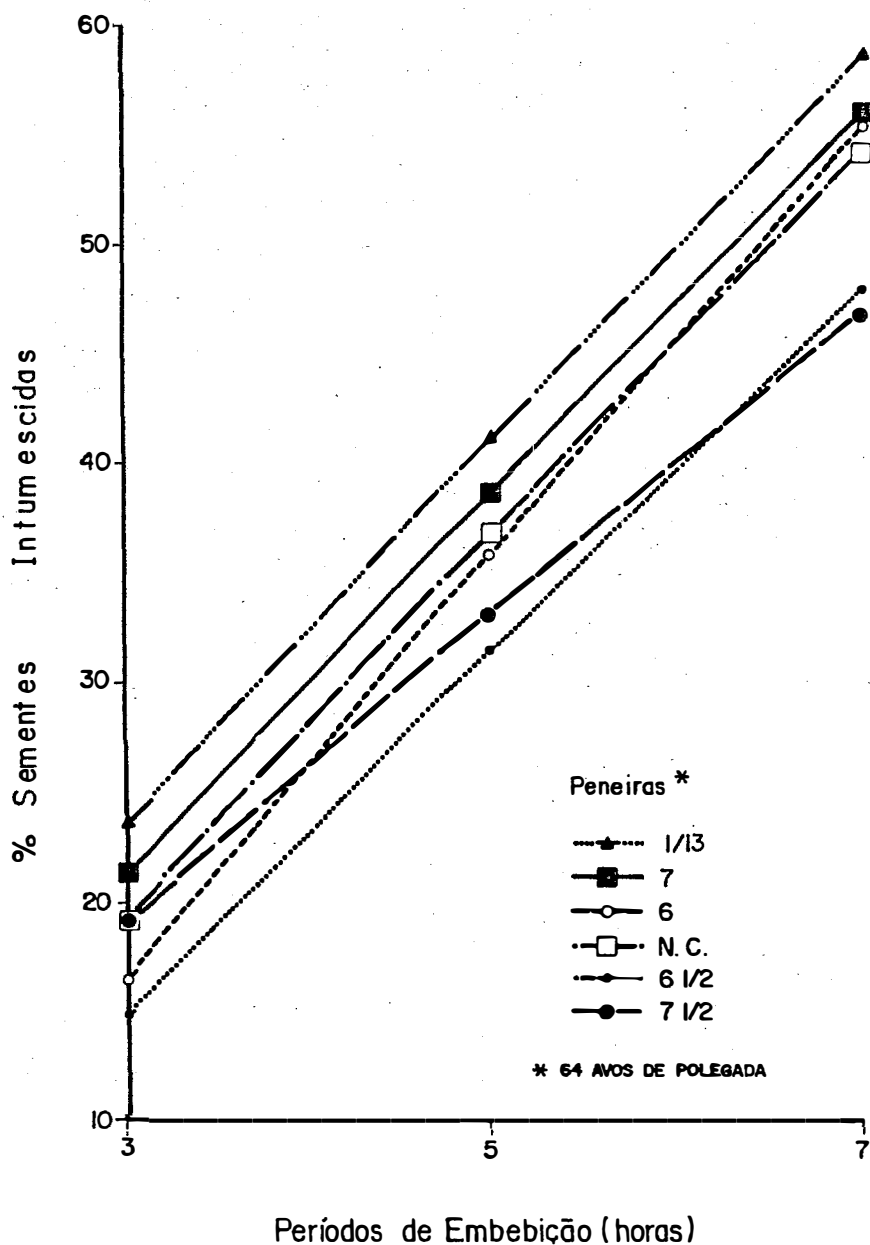


Figura 2: Fase V - Representação gráfica da regressão linear simples, de acordo com as equações mostradas na Tabela 38, dos dados de porcentagem de sementes intumescidas obtidas de amostras classificadas pelo tamanho.

N.C. = amostra não classificada.



Os valores relativamente altos da intercessão indicaram que os efeitos dos tamanhos sobre a absorção de água se manifestaram desde os momentos iniciais da embebição. Tivesse a avaliação se estendido desde então, certamente, as taxas não teriam sido tão próximas, e as sementes do menor tamanho testado, poderiam se revelar as mais permeáveis, enquanto que as de tamanho  $6\frac{1}{2}$ , as menos permeáveis, confirmando a noção indicada pelas percentagens de sementes intumescidas obtidas após 3 horas de embebição.

O comportamento das sementes das várias classes de tamanho foi melhor diferenciado pelo ponto de intercessão das retas com o eixo Y, representado pelo coeficiente "a" na equação. Por ele (Tabela 38), verificou-se que, já a partir do primeiro período de embebição testado, ou seja, 3 horas, as sementes retidas pela peneira 1/13 foram as que mais absorveram e as retidas pela peneira  $6\frac{1}{2}$  as que menos absorveram água, sendo que a partir daí, as respectivas taxas de absorção foram semelhantes.

Portanto, apenas a taxa de absorção, estimada pelo valor "b" da equação de regressão, não foi suficiente, havendo-se de levar em conta, também, o valor do coeficiente "a" da mesma equação o qual sugere o comportamento da amostra nos períodos anteriores aos avaliados. O coeficiente "b" seria o melhor indicador da taxa de absorção e, portanto, da permeabilidade do tegumento, se o período de embebição tivesse sido avaliado desde o primeiro contato das sementes com o substrato úmido.

Desta forma, os procedimentos adotados não permitiram verificar, de forma categórica, a relação entre tamanho de semente e permeabilidade do tegumento. Foi possível apenas descrever o processo de absorção de água por sementes de Calopogonium mucunoides de diferentes tamanhos, no período de 3 a 7 horas de embebição. As taxas de absorção de água pelas sementes dependem do período de embebição estudado.

Nesta Fase Experimental, bem como nas demais subsequentes, a escolha dos períodos testados foi feita com base nos resultados obtidos nas Fases Experimentais anteriores, onde ficou evidenciado que a distinção dos lotes quanto às percentagens de sementes intumescidas só passou a ocorrer após 3 horas de embebição.

Tal como foi anteriormente ressaltado, o processo de absorção de água por amostras de sementes obedeceu um padrão descrito por uma equação quadrática. É provável que o mesmo padrão se verificaria, se a embebição tivesse compreendido o período de 0 a 7 horas, com um intervalo de amostragem de pelo menos 1 hora, com o que a relação tamanho de sementes X absorção de água teria sido mais adequadamente descrita. Trata-se de uma hipótese que poderia ser testada em trabalhos posteriores.

Com base nos valores de percentagem de sementes intumescidas, mostrados na Tabela 39, outros aspectos da absorção de água pelas sementes de diferentes tamanhos, como por exemplo, o efeito isolado de Tamanhos e a

Tabela 39: Fase V - Percentagens de sementes intumescidas obtidas de amostras de sementes classificadas pelo tamanho.

Lotes	Periodos de Embebição (Horas)	Peneiras						
		7%	7	6%	6	1/13	N.C.*	$\bar{x}$
		%						
1	3	33,9 a	30,2 abcd	19,5 e	26,2 abcde	31,1 abc	31,5 ab	28,7 C
	5	43,1 a	34,1 de	30,0 e	42,2 abc	43,0 ab	40,6 abcd	38,9 B
	7	46,5 abc	42,2 abcd	33,2 e	47,5 ab	49,9 a	45,8 abcd	44,2 A
	$\bar{x}$	41,2 ab	35,5 cd	27,5 e	38,6 abcd	41,3 a	39,3 abc	
2	3	36,9 a	27,4 bc	25,6 bcde	24,0 bcde	27,7 b	28,8 bcd	27,9 C
	5	44,6 a	31,7 bcd	31,6 bcd	28,3 cd	39,5 ab	33,3 bc	34,8 B
	7	52,5 a	34,7 d	33,8 de	34,1 de	43,3 b	43,0 bc	40,2 A
	$\bar{x}$	44,7 a	31,3 cd	30,3 c	28,8 d	36,8 b	34,0 bc	
3	3	22,5 ab	21,1 abcd	15,9 bcd	21,8 abc	19,2 abcd	25,1 a	20,9 C
	5	28,0 abcd	22,4 bcde	24,2 abcde	30,3 ab	28,1 abc	31,3 a	27,4 B
	7	37,4 ab	32,4 abcd	31,3 abcde	33,9 abc	31,9 abcde	38,2 a	34,2 A
	$\bar{x}$	29,3 ab	25,3 bcd	23,8 d	28,7 abc	26,4 bcd	31,5 a	
4	3	23,4 bcde	29,1 bcd	25,8 bcde	30,7 b	47,9 a	29,3 bc	31,1 C
	5	44,9 bc	38,6 cd	51,6 b	47,7 b	61,3 a	42,0 cd	47,7 B
	7	49,7 cde	53,9 cde	55,2 c	65,9 ab	71,4 a	54,8 cd	48,5 A
	$\bar{x}$	39,3 de	40,5 cde	44,2 bc	48,1 b	60,2 a	42,0 cd	
	$\bar{x}$	38,6 b	33,2 d	31,5 d	36,1 c	41,2 a	36,7 bc	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula nas linhas ou maiúsculas na coluna ( $\bar{x}$ ) dentro de cada lote, não diferem entre si ( $P > 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

\*N.C. = amostra não classificada.

interação Tamanhos X Lotes, puderam ser elucidados. Observou-se que, as maiores percentagens de sementes intumescidas estiveram, na maioria das vezes, associadas às sementes do maior ( $7\frac{1}{2}$ ) e do menor ( $1/13$ ) tamanho testados, enquanto que, as menores, resultaram das sementes retidas pelas peneiras 7 e  $6\frac{1}{2}$ .

No caso das sementes de maior tamanho, as altas percentagens de sementes que absorveram água justificam-se, provavelmente, pela baixa relação tegumento/volume do embrião, que as tornaria mais permeável. Entre as sementes menores, um grande número de sementes imaturas, mal-formadas, componentes desta fração, pode ter contribuído para os valores constatados.

A análise de variância dos dados dos testes para a avaliação da qualidade fisiológica das sementes das diferentes classes de tamanho indicou efeito significativo dos fatores estudados, à exceção de Blocos e Lotes na avaliação das plântulas anormais (Tabela 40).

De fato, tal como pode ser observado pelas médias dos lotes na Tabela 41, as avaliações de primeira contagem da germinação, plântulas normais e plântulas anormais mostraram uma tendência comum, ou seja, as percentagens diminuíram significativa e concomitantemente à diminuição do tamanho das sementes; o inverso verificou-se com as percentagens de sementes duras.

Tabela 40: Fase V - Resumo das análises de variância dos dados de percentagem, resultantes dos testes padrão de germinação, primeira contagem de germinação e emergência em casa de vegetação a que foram submetidas amostras classificadas pelo tamanho.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Primeira Contagem	Plântulas		Sementes		N + D	Emergência
			Normais (N)	Anormais (A)	Duras (D)	Mortas (M)		
Blocos	4	4,83 **	2,99 *	2,00	2,79 *	4,02 **	3,86 **	8,64 **
Lotes (L)	3	380,75 **	427,83 **	1,15	78,75 **	858,31 **	718,94 **	110,53 **
Tamanho (T)	5	52,37 **	47,60 **	11,46 **	63,58 **	30,98 **	19,26 **	19,76 **
L x T	15	8,13 **	6,88 **	1,90 *	7,92 **	15,38 **	15,49 **	3,90 **
Residuo	92							
TOTAL	119							
Coeficiente de variação (%)		9,85	7,96	26,87	12,44	5,64	5,65	11,37

\*\* , \* - indicam, respectivamente,  $P < 0,01$  e  $P < 0,05$ .

Tabela 41: Fase V - Resultados dos testes de primeira contagem de germinação, padrão de germinação e emergência em casa de vegetação a que foram submetidas amostras classificadas pelo tamanhos.

Avaliação	Peneiras	Lotes				
		1	2	3	4	$\bar{x}$
		%				
Priceira Contagem	7½	30,4 cd	9,0 a	31,2 ab	37,9 a	26,1 a
	7	43,8 ab	7,8 ab	38,2 a	27,0 b	27,7 a
	6½	47,8 a	9,0 a	33,7 a	18,7 c	25,9 a
	6	38,5 bc	3,9 bc	25,3 bc	17,3 c	19,4 b
	1/13	22,6 d	2,2 c	18,6 c	9,3 d	11,8 c
	N.C.	45,6 ab	10,3 a	35,3 a	19,5 bc	26,4 a
Plântulas Normais (N)	7½	43,8 c	14,3 ab	56,0 ab	42,6 a	38,3 a
	7	55,6 ab	16,7 a	61,1 a	31,7 b	40,5 a
	6½	58,8 a	16,6 a	56,2 ab	24,1 b	37,9 a
	6	47,4 bc	12,4 ab	43,8 c	25,0 b	31,1 b
	1/13	30,2 d	10,2 b	33,3 b	15,9 c	21,6 c
	N.C.	53,2 ab	18,3 a	50,6 bc	27,5 b	36,7 a
Plântulas Anormais	7½	6,5 a	8,4 a	4,2 a	4,8 a	5,9 a
	7	4,6 a	4,6 ab	6,0 a	5,1 a	5,1 ab
	6½	4,4 a	4,5 ab	5,3 a	4,6 a	4,7 ab
	6	4,3 ab	4,1 ab	3,4 a	3,2 a	3,7 b
	1/13	1,2 b	0,3 c	3,8 a	2,1 a	1,6 c
	N.C.	5,2 a	3,0 b	5,9 a	5,1 a	4,7 ab
Sementes Duras (D)	7½	4,7 e	4,2 b	13,9 cd	3,7 b	6,1 d
	7	10,7 d	6,7 b	13,4 d	8,7 a	9,7 c
	6½	58,8 a	16,6 a	56,2 ab	24,1 b	37,9 a
	6	25,3 ab	20,5 a	26,5 ab	7,7 a	19,3 a
	1/13	29,7 a	19,5 a	29,7 a	7,9 a	20,8 a
	N.C.	12,3 cd	19,5 a	20,0 bc	8,4 a	14,7 b

continua ...

Tabela 41: Continuação

Avaliação	Peneiras	Lotes				
		1	2	3	4	$\bar{x}$
		%				
N + D	7½	48,6 d	18,6 d	70,3 ab	46,4 a	45,5 b
	7	66,6 bc	23,6 cd	75,0 a	40,6 ab	51,4 a
	6½	77,5 a	30,8 abc	74,2 a	34,7 b	54,8 a
	6	72,9 ab	32,9 ab	70,4 ab	32,7 b	52,4 a
	1/13	60,0 c	30,0 bc	63,2 b	23,9 c	23,9 b
	N.C.	65,8 bc	38,0 a	71,5 a	33,9 b	52,5 a
Sementes Mortas	7½	44,2 a	72,7 a	25,3 b	42,8 d	47,5 b
	7	28,4 b	71,5 ab	18,8 c	54,2 c	42,2 c
	6½	17,9 c	64,4 bcd	20,3 bc	60,4 bc	39,7 c
	6	22,6 bc	62,8 cd	25,9 ab	64,0 b	43,3 c
	1/13	38,4 a	69,2 abc	32,8 a	73,8 a	53,8 a
	N.C.	28,5 b	59,0 d	22,4 bc	58,8 bc	41,7 c
Emergência	7½	24,6 b	8,5 b	29,2 a	24,1 a	20,9 b
	7	36,3 a	15,2 a	34,5 a	21,6 ab	26,4 a
	6½	32,4 ab	8,1 b	31,5 a	16,0 bc	20,9 b
	6	26,4 b	12,1 ab	29,0 a	14,7 bc	20,1 b
	1/13	15,4 c	9,6 ab	16,0 b	13,2 c	13,5 c
	N.C.	23,9 b	12,2 ab	26,8 a	16,3 bc	19,5 b

Médias seguidas pelas mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si ( $P > 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

\*N.C. = amostra não classificada.

A soma das percentagens de sementes mortas com as de plântulas anormais respectivas, apontam para uma tendência das sementes de maior tamanho mostrarem-se de menor qualidade, sugerindo que estas sementes talvez sejam mais sujeitas a danos mecânicos do que as sementes dos demais tamanhos.

Em termos da soma das percentagens de plântulas normais com as de sementes duras e da emergência em casa de vegetação, entretanto, os menores valores resultaram das sementes do maior e do menor tamanho testados. Estas mesmas sementes apresentaram as maiores percentagens de sementes mortas.

Assim sendo, as evidências obtidas sugeriram que, nestes quatro lotes estudados, as sementes de melhor qualidade fisiológica foram as de tamanho 7,  $6\frac{1}{2}$  e 6, ou seja, as de tamanho intermediário, e as de menor qualidade, as de tamanho  $7\frac{1}{2}$  e  $1/13$ , correspondentes aos tamanhos extremos, sendo esta última de qualidade ligeiramente inferior à primeira.

Estas observações tem implicações de ordem prática. A eliminação, via beneficiamento, das sementes do menor e do maior tamanho, poderia resultar na elevação da qualidade fisiológica do lote, ao custo de uma pequena redução do seu peso total. A decisão quanto à classificação ou não do lote, porém, deve ser fundamentada na proporção que cada classe de tamanho representa do lote bem como no seu respectivo nível de qualidade fisiológica; a eliminação



de frações muito reduzidas de sementes de má qualidade, pode não influir na qualidade do lote como um todo (DELOUCHE, 1980).

Cabe notar, entretanto, que as sementes do menor tamanho, ao mesmo tempo em que apresentaram as maiores percentagens de sementes duras. Apresentaram, também, as maiores percentagens de sementes intumescidas e mortas e as menores percentagens de plântulas normais e anormais.

Esta relação tem com explicação provável, o agrupamento das classes de menor tamanho, descrito na Tabela 36, que pode ter resultado na mistura de sementes maduras, muitas das quais duras, com sementes quebradas e/ou mal-formadas, de qualidade fisiológica muito baixa. É possível que, a obtenção de classes adicionais de tamanhos com a inclusão de outras peneiras com furos de menor diâmetro, talvez tivesse melhor estratificado as amostras, permitindo, confirmando ou não esta hipótese.

Outra possibilidade é de que a classificação das sementes por apenas uma de suas dimensões (largura) pode ter permitido a mistura citada. Isto poderia ter sido evitado se a classificação das amostras tivesse sido feita, também, pela espessura. Observações visuais indicaram que muitas das sementes imaturas apresentavam forma achatada, diferindo das sementes maduras, invariavelmente arredondadas.

Ficou, portanto, mais uma vez, caracterizada uma relação entre o intumescimento das sementes e sua

qualidade fisiológica. As sementes do menor e do maior tamanhos comparados, não só apresentaram as maiores porcentagens de sementes intumescidas como, também, revelaram-se de pior qualidade fisiológica.

#### 4.6. Fase VI: Densidade de sementes e sua relação com a embebição e a qualidade fisiológica

A densidade é uma característica física frequentemente associada à qualidade fisiológica em sementes de várias espécies. Condições favoráveis de ambiente durante o período de maturação propiciam a produção de sementes densas, caracterizadas por alto vigor. Nesta Fase Experimental, buscou-se determinar a existência de possíveis relações entre densidade, qualidade fisiológica e absorção de água pelas sementes de Calopogonium mucunoides. As amostras de diferentes classes de densidade utilizadas neste trabalho foram obtidas com o auxílio de um soprador a partir de amostras compostas por sementes de uma única dimensão, ou seja, a largura. Assim sendo, é provável que outras características físicas, como por exemplo, o comprimento, a espessura e a forma, tenham influenciado a composição das amostras de densidade e, portanto, os resultados das avaliações feitas.

O pequeno número de classes de densidade incluído neste estudo é conseqüência das limitações do so-

prador disponível. O fluxo de ar resultante de aberturas intermediárias entre 0 e 100 resultaram em volumes muito pequenos de sementes da fração de menor densidade, com os quais não teria sido possível realizar os testes programados, a menos que se dispusesse de uma amostra inicial muito grande.

Apesar destas limitações, este procedimento resultou na obtenção de amostras que, de fato, diferiram entre si na avaliação da densidade (Tabela 42). A fração de maior densidade ( $>D$ ) apresentou valores significativamente superiores aos da fração de menor densidade ( $<D$ ) a qual, no entanto, não diferiu dos apresentados pela amostra não classificada. As sementes das duas classes de densidades constituíram frações cuja proporção variou de lote para lote (Tabela 43). A fração  $<D$  que, em média, constituiu 34,7% do peso dos lotes, variou entre eles, de 21,7 a 43,1%.

Á análise de variância dos dados de sementes intumescidas (Tabela 44) resultantes do teste de embebição revelou efeito significativo dos fatores Lotes e Períodos de Embebição, mais uma vez, refletindo a escolha propositada dos lotes e dos períodos no planejamento inicial do experimento. Não foi verificado, entretanto, efeito da interação destes fatores. A significância do efeito Densidade foi bastante alta, sugerindo uma forte relação entre este fator e a permeabilidade do tegumento.

Tabela 42: Fase VI - Valores de densidade de amostras de cinco lotes de sementes de Calopogonium mucunoides classificados em de soprador de amostras.

Lotes	Densidade <sup>a</sup>		
	< D	> D	N.C.
1	1.260 aA	1.273 aA	1.263 aA
2	1.173 bBC	1.255 aA	1.238 aA
3	1.195 aAB	1.250 aA	1.195 aA
4	1.108 bc	1.248 aA	1.208 aA
5	1.155 bBC	1.233 aA	1.220 aA
$\bar{x}$	1.178 c	1.252 a	1.224 b

Os valores seguidos por uma mesma letra, minúscula na linha ou maiúscula na coluna, não diferem entre si ( $P > 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

<sup>a</sup> < D = amostras de menor densidade; > D = amostras de maior densidade; N.C. = amostras não classificadas.

Tabela 43: Fase V - Composição de cinco lotes de sementes de Calopogonium mucunoides quanto a duas classes de densidade de sementes obtidas com o uso de soprador de amostras.

Lotes	Classes de Densidade <sup>a</sup>	
	< D	> D
	%	
1	21,7	78,3
2	32,0	68,0
3	43,1	56,9
4	37,2	62,8
5	39,4	60,6
$\bar{x}$	34,7	65,3

<sup>a</sup> > D = amostra de maior densidade; < D = amostra de menor densidade.

Tabela 44: Fase VI - Resumo da análise de variância dos dados percentuais de sementes intumescidas obtidas de amostras classificadas pela densidade.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Valores de "F"
Blocos	4	0,33
Lotes (L)	4	56,93 **
Período de Embebição (P)	2	57,02 **
L x P	8	0,75
Resíduo (a)	56	
Densidade (D)	2	594,13 **
D x L	8	6,13 **
D x P	4	0,26
D x P x L	16	1,00
Resíduo (b)	120	
TOTAL	224	
Coeficiente de Variação (%)	8,35	

\*\* - indica  $P < 0,01$ .

Aparentemente, este efeito foi tão marcante, que a interação Densidade X Período de Embebição mostrou-se não significativa, sugerindo que as sementes das diferentes classes de densidade absorveram água de forma semelhante, independente do período em que permaneceram em contato com o substrato úmido. A interação Densidade X Lotes, entretanto, sugeriu que a absorção de água por determinada classe de densidade, ocorreu de forma diferenciada, em função do lote do qual origina.

Estes fatos foram bem evidenciados pelas médias das percentagens de sementes intumescidas, mostradas na Tabela 45. As amostras de maior densidade, independentemente dos lotes, resultaram nas maiores percentagens de sementes intumescidas observadas, as menos densas, nas menores, enquanto que as amostras não classificadas, apresentaram valores intermediários.

A análise de regressão mostrou (Tabela 46, Figura 3) que, a exemplo dos efeitos do tamanho das sementes descritos na Fase Experimental anterior, dentro do período de 3 a 7 horas de embebição, o padrão da absorção de água foi linear, ascendente, descrito pela equação  $Y = a + bX$ . Não foram observadas, porém, diferenças entre as taxas de absorção apresentadas pelas diferentes densidades e pela amostra não classificada.

Tabela 45: Fase VI - Percentagens de sementes intumescidas obtidas de amostras classificadas pela densidade.

Lotes	Períodos de Embebição (Horas)	Classes de Densidade*		
		Não Classificada	< D	> D
1	3	10,6 bC	5,2 bC	20,0 aC
	5	15,7 bB	9,2 bB	27,7 aB
	7	22,3 bA	18,1 bA	39,7 aA
	$\bar{x}$	16,2 b	10,8 c	29,1 a
2	3	24,0 bC	10,7 cC	42,2 aC
	5	30,7 bB	15,7 cB	51,4 aB
	7	45,5 bA	28,6 cA	59,6 aA
	$\bar{x}$	33,4 b	18,3 c	51,1 a
3	3	26,2 bC	13,8 cC	42,0 aC
	5	38,3 bB	21,1 cB	59,0 aB
	7	55,5 bA	42,6 cA	78,9 aA
	$\bar{x}$	40,0 b	25,8	60,0 a
4	3	48,3 bC	28,7 cC	65,3 aC
	5	59,1 bB	39,8 cB	77,8 aB
	7	78,8 bA	59,3 cA	91,3 aA
	$\bar{x}$	62,0 b	42,6 c	78,1 a
5	3	33,2 bC	22,5 C	51,2 aC
	5	50,8 bB	37,9 cB	58,7 aB
	7	62,5 bA	50,4 cA	72,8 aA
	$\bar{x}$	48,8 b	36,9 c	60,9 a
	$\bar{\bar{x}}$	40,0 b	26,9 c	55,8 a

Os valores seguidos pelas mesmas letras, minúsculas nas linhas e maiúsculas nas colunas dentro de cada lote, não diferem entre si ( $P > 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

\* < D = Densidade menor; > D = densidade maior.



Tabela 46: Fase VI - Resumo da análise de regressão dos dados de percentagem de sementes intumescidas obtidos de amostras classificadas pela densidade.

Lotes	Densidades <sup>a</sup>	Coeficientes da equação $y = a + bx$		Coeficiente de determinação $r^2$
		a	b	
Todos	N.C.	15,8	12,1	0,2697 **
	> D	3,5	11,6	0,3551 **
	< D	31,1	12,2	0,2578 **
1	N.C.	4,5	5,9	0,8756 **
	> D	-2,1	6,5	0,7194 **
	< D	9,4	9,9	0,7440 **
2	N.C.	11,9	10,7	0,7655 **
	> D	0,4	9,0	0,7683 **
	< D	33,6	8,7	0,9147 **
3	N.C.	10,7	14,6	0,7505 **
	> D	-3,0	14,4	0,7934 **
	< D	23,0	18,5	0,8394 **
4	N.C.	32,2	14,8	0,8741 **
	> D	13,3	14,3	0,7864 **
	< D	50,2	13,0	0,5429 **
5	N.C.	19,6	14,6	0,8268 **
	> D	9,0	14,0	0,8602 **
	< D	39,2	10,8	0,7469 **

\*\* - indica  $P < 0,01$ .

<sup>a</sup> : N.C. = amostra não classificada.

> D = amostra de maior densidade.

< D = amostra de menor densidade.

A maior variação entre as classes comparadas ocorreu em termos dos pontos das intercessões das retas, que as descreveram gráficamente, com o eixo Y, onde os valores variaram de forma inversamente proporcional ao da densidade das amostras.

A alta permeabilidade que caracterizou as amostras de sementes de maior densidade, certamente permitiu a rápida absorção de água já a partir do primeiro contato das sementes com o substrato úmido, a exemplo do que foi discutido na Fase experimental anterior. Deste modo, no primeiro período de avaliação (3 horas) das sementes intumescidas, os valores que vieram constituir o ponto de intercessão com o eixo Y já se apresentaram elevados.

De qualquer modo, as evidências obtidas indicam que as sementes de menor densidade foram as mais permeáveis enquanto que as mais densas foram as menos permeáveis das três classes de densidade comparadas.

Os dados de avaliação da qualidade fisiológica de amostras das três classes de densidade, submetidos à análise de variância (Tabela 47), revelaram efeito significativo dos fatores Lotes e Densidade para todos os parâmetros avaliados, exceto plântulas anormais. O efeito significativo de densidades, confirmou-se, também em Calopogonium mucunoides, a exemplo do já verificado em várias outras espécies (CARDWELL, 1984).

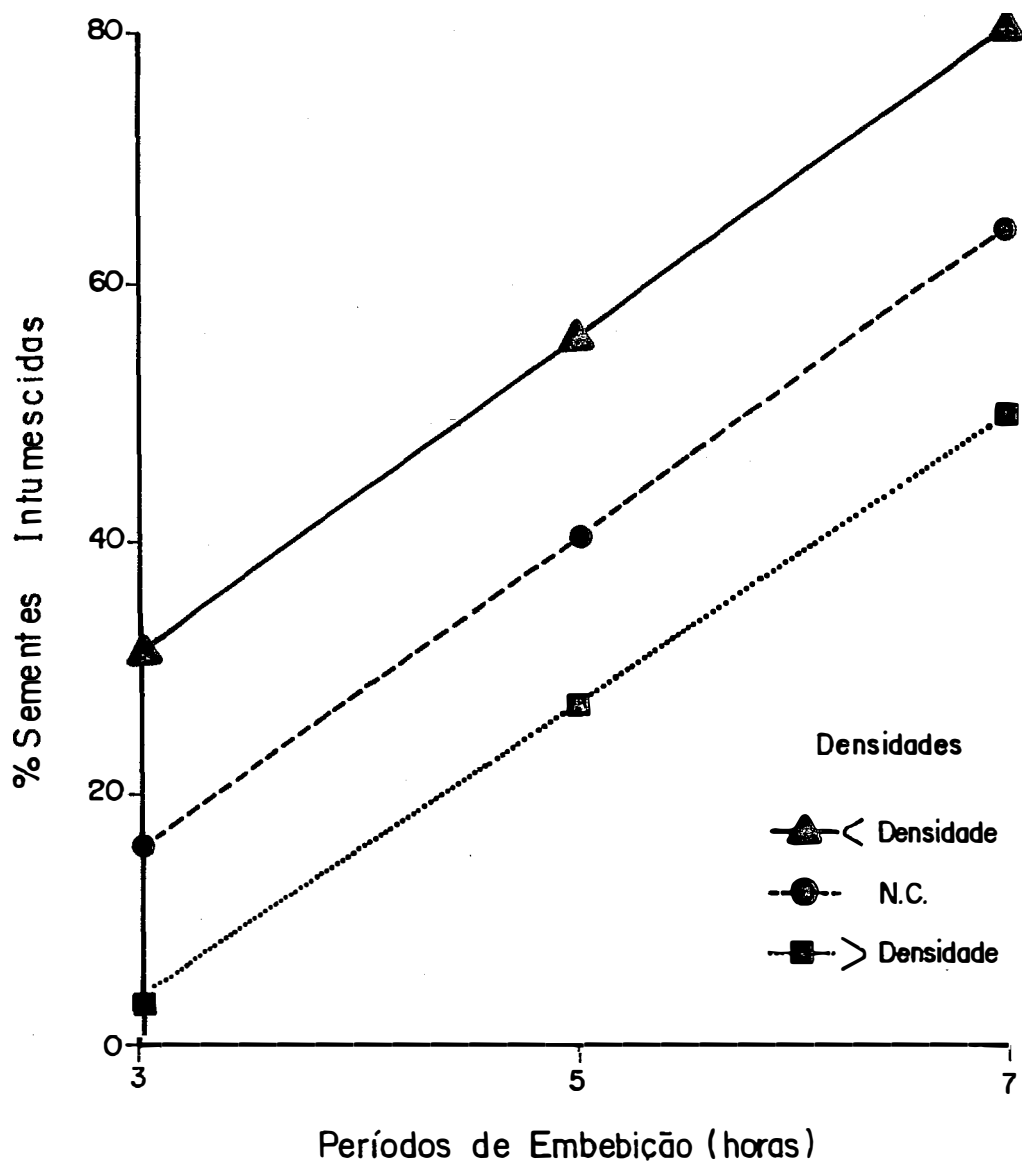


Figura 3: Fase VI - Representação gráfica da regressão linear simples, conforme as equações mostradas na Tabela 46, dos dados de porcentagem de sementes intumescidas obtidos de amostras classificadas pela densidade.

N.C. = amostra não classificada

Tabela 47: Fase VI - Resumo das análises de variância dos dados de percentagem, resultantes dos testes padrão de germinação, primeira contagem de germinação e emergência em casa de vegetação de amostras classificadas pela densidade.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Valores de "F"						
		Primeira Contagem	Plântulas Normais (N)	Plântulas Anormais	Sementes Duras (D)	Sementes Mortas	N + D	Emergência
Blocos	4	1,49	1,63	2,59	0,32	1,00	2,23	5,48 **
Densidades (D)	2	9,20 **	44,12 **	3,02	96,70 **	278,76**	351,29 **	31,07 **
Lotes (L)	4	119,76 **	179,91 **	1,01	75,52 **	288,87 **	423,95 **	37,83 **
L x D	8	4,70 **	1,10	3,40 **	2,48 †	1,79	2,47 †	2,36 †
Residuo	56							
TOTAL	74							
Coefficiente de variação (%)		12,19	8,54	21,00	10,01	7,90	4,86	12,75

\*\* , † - indicam, respectivamente,  $P < 0,01$  e  $P < 0,05$ .

Os resultados das avaliações, exceto das plântulas normais e sementes mortas, expressaram efeito significativo da interação Lotes X Densidade. Ou seja, a densidade que resultou nos valores maiores ou menores a cada avaliação, variou de acordo com o lote. Estas indicações foram melhor evidenciadas pela médias, apresentadas na Tabela 48.

A qualidade fisiológica superior das sementes de maior densidade, entretanto, foi sugerida pelas médias dos lotes. Comparativamente às demais densidade comparadas, desta fração resultaram os maiores valores de percentagem de primeira contagem de germinação, de plântulas normais, de sementes duras, da soma das sementes duras com as de plântulas normais e de emergência em casa de vegetação. Estas mesmas sementes apresentaram as menores percentagens de sementes mortas.

A amostra não classificada resultou em valores intermediários entre os da fração mais densa e da menos densa. Assim sendo, a remoção da fração de menor densidade, via beneficiamento, resultaria em melhoria da qualidade fisiológica do lote.

Tabela 48: Fase VI - Resultados dos testes de primeira contagem de germinação, padrão de germinação e emergência em casa de vegetação de amostras classificadas pela densidade.

Avaliações	Lotes	Classes de Densidade <sup>a</sup>		
		< D	> D	Não Classificadas
Primeira Contagem	1	14,7 a	15,7 a	13,0 a
	2	27,0 a	21,2 a	27,9 a
	3	3,6 b	7,4 a	5,9 ab
	4	7,9 b	21,1 a	15,5 a
	5	30,5 b	39,7 a	36,6 ab
	$\bar{x}$	16,7 b	21,0 a	19,7 ab
Plântulas Normais (N)	1	36,0	49,4	39,8
	2	39,3	46,0	44,1
	3	6,9	16,1	10,9
	4	13,7	28,6	21,2
	5	36,4	49,4	44,2
	$\bar{x}$	26,4 c	37,9 a	32,0 b
Plântulas Anormais	1	6,7 a	3,3 b	5,3 ab
	2	4,7 a	5,7 a	6,6 a
	3	3,0 b	7,2 a	8,3 ab
	4	4,0 b	8,7 a	5,1 b
	5	6,6 a	6,8 a	6,9 a
	$\bar{x}$	4,9 a	6,2 a	6,6 a
Sementes Duras (D)	1	21,5 b	35,7 a	32,0 a
	2	23,2 b	38,8 a	29,3 b
	3	15,0 c	39,2 a	20,9 b
	4	5,2 b	14,1 a	9,9 a
	5	17,0 b	35,9 a	22,4 b
	$\bar{x}$	16,3 c	32,7 a	22,9 b

Continua ...

Tabela 48: Continuação

Avaliações	Lotes	Classes de Densidade*		
		< D	> D	Não Classificadas
N + D	1	57,6 c	85,3 a	71,8 b
	2	62,9 c	84,2 a	73,8 b
	3	22,0 c	55,4 a	32,0 b
	4	19,0 c	43,2 a	31,2 b
	5	53,4 c	85,5 a	66,8 b
	$\bar{x}$	42,9 c	70,7 a	55,1 b
Sementes Mortas	1	36,0	11,1	23,7
	2	32,2	9,3	19,2
	3	74,8	37,0	59,6
	4	76,8	48,0	63,2
	5	39,8	7,5	26,2
	$\bar{x}$	51,9 a	22,5 c	38,3 b
Emergência	1	18,1 b	26,8 a	28,0 a
	2	17,3 b	27,6 a	25,0 a
	3	7,6 b	18,3 a	9,3 b
	4	7,1 b	17,1 a	10,1 b
	5	17,5 b	22,5 ab	26,5 a
	$\bar{x}$	13,5 c	22,4 a	19,7 b

Os valores seguidos pelas mesmas letras, na linha, não diferem

( $P > 0,05$ ) pelo Teste de Tukey.

\* > D = amostra de maior densidade; < D = amostra de menor densidade.

A relação entre densidade e os demais parâmetros de avaliação a que foram submetidas as sementes ficou bem caracterizada pelos coeficientes de correlação linear, mostrados na Tabela 49. A densidade relacionou-se significativa e inversamente às percentagens de sementes intumescidas, nos três períodos de embebição testados, e com as percentagens de sementes mortas.

De modo igualmente significativo, porém diretamente, a densidade relacionou-se com as percentagens de sementes duras, de emergência em casa de vegetação e da soma das percentagens de sementes duras com as de plântulas normais.

Constatou-se, portanto, que a densidade das sementes esteve associada tanto com sua velocidade de absorção de água quanto com sua qualidade fisiológica. As amostras de menor densidade absorveram água mais rapidamente e apresentaram menor qualidade fisiológica do que amostras de densidade superior.



Tabela 49: Fase VI - Coeficientes de correlação linear simples entre os dados de densidade e os dados dos testes de embebição, de germinação e de emergência em casa de vegetação de amostras classificadas pela densidade.

Densidade versus		Coeficiente de Correlação Linear
Sementes Intumescidas	3 horas	- 0.8747 **
	5 horas	- 0.8494 **
	7 horas	- 0.8055 **
Primeira Contagem		0.1382
Plântulas Normais (N)		0.4528
Plântulas Anormais		0.2508
Sementes Duras (D)		0.7048 **
N + D		0.6298 *
Sementes Mortas		- 0.6359 **
Emergência		0.6466 **

\*\* , \* - indicam significância, respectivamente, nos níveis de 1% e 5% pelo teste "t".

#### 4.7. Fase VII: Cor da semente e sua relação com a embebição e a qualidade fisiológica

A alteração da cor das sementes durante o armazenamento e sua relação com a qualidade fisiológica é um fenômeno não muito raro, apesar de não inteiramente compreendido (ROLSTON, 1978), entre espécies da família Leguminosae. Neste trabalho buscou-se determinar a existência desta relação em Calopogonium mucunoides, membro desta família e, adicionalmente, caracterizar eventuais associações entre cor e absorção de água.

A classificação das sementes pela cor, resultou na obtenção de três frações, que representaram proporções variadas das amostras originais (Tabela 50). Dentre estas frações, observou-se que as maiores variações foram apresentadas pelas sementes de cor marrom; assim, a fração marrom-escura representou 54,0% do lote 2 e 39,2% do lote 1, por exemplo.

A classificação das amostras por meio da identificação visual, constituiu-se em tarefa subjetiva e, como tal, muito provavelmente, imprecisa. A distinção das sementes amarelo-clara, foi relativamente fácil. No entanto, entre marrom-claro e marrom-escuro, o número muito grande de cores intermediárias impossibilitou a composição de amostras nitidamente distintas destas duas classes de cor.

Tabela 50: Fase VII - Composição, em percentagem, de três amostras de sementes de Calopogonium mucunoides classificadas visualmente pela cor.

Lotes	Cores *		
	A.C.	M.C.	M.E.
	%		
1	18.2	42.6	39.2
2	18.5	27.5	54.0
3	23.3	34.4	42.3

\* A.C. = amarelo-claro; M.C. = marrom-claro; M.E. = marrom-escuro.

Deste modo, apesar de, nas amostras de cada classe, sementes de uma única cor haverem predominado, foi inevitável que certo número de sementes de determinadas cores próximas à das predominantes, principalmente dentro da faixa compreendida entre 5,0YR a 7,5YR (KOLLMORGEN, 1976), fizesse parte de ambas as classes da cor marrom. Esperava-se que este fato levasse à diminuições de eventuais diferenças existentes entre os parâmetros avaliados.

Assim como no caso dos estudos sobre Tamanho e Densidade nas Fases Experimentais anteriores, os fatores Lotes e Períodos de Embebição foram responsáveis por efeitos significativos sobre as variações observadas entre os dados de sementes intumescidas, avaliadas pela análise de variância (Tabela 51). É provável que isto se

deva às mesmas razões anteriormente discutidas.

Todavia, mesmo considerando-se as limitações impostas pela identificação visual à composição das amostras, a distinção alcançada foi, aparentemente, suficiente, tanto que a análise de variância indicou que o fator Cor constituiu-se em outra causa altamente significativa de variação entre os dados de sementes intumescidas (Tabela 51).

Foi, desta forma, confirmada a hipótese de que as cores das sementes, em Calopogonium mucunoides, estavam associadas a diferentes padrões de absorção de água e, portanto, a diferentes graus de permeabilidade de seus tegumentos, a exemplo do já verificado em outras espécies (KANNENBERG & ALLARD, 1964; WYATT, 1977; TULLY et alii, 1981; POWELL et alii, 1986a; POWELL, 1989).

Entretanto, conforme indicaram as significâncias das interações Cor X Lotes na análise de variância, nas amostras de sementes de uma mesma cor, a absorção variou em função dos respectivos lotes os quais representaram. Conforme já discutido em uma das Fases experimentais anteriores, trata-se de um efeito plenamente justificável.

Tabela 51: Fase VII - Resumo da análise de variância dos dados de percentagem de sementes intumescidas obtidas de amostras classificadas pela cor.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Valores de "F"
Blocos	4	5,48 **
Lotes (L)	2	45,40 **
Períodos de Embebição (P)	2	122,03 **
L x P	4	0,35
Resíduo (a)	32	
<hr/>		
Cores (C)	3	1.578,37 **
C x L	6	27,73 **
C x P	6	13,12 **
C x L X P	12	0,92
Resíduo (b)	108	
<hr/>		
TOTAL	179	
<hr/>		
Coeficiente de variação	6,82	
<hr/>		

\*\* - indica  $P < 0,01$ .

Estes fatos foram bem evidenciados pelas médias dos tratamentos, mostrados na Tabela 52. Elas revelaram que as sementes amarelo-claras, independentemente do lote do qual originaram ou do períodos de embebição, resultaram nas menores percentagens de sementes intumescidas, sugerindo uma baixa permeabilidade de seu tegumento.

Apesar das diferenças haverem se revelado significativas entre as médias das cores, quando se consideraram também os lotes, verificou-se que as médias das sementes marrom-claro nem sempre diferiram das médias das sementes marrom-escuro. Muito provavelmente, isto pode ser atribuído à presença de sementes de mesma cor que, face às dificuldades impostas pela identificação visual, fizeram parte das duas classes, diminuindo as diferenças entre elas.

As amostras não classificadas quanto à cor, invariavelmente, apresentaram valores intermediários de percentagem de sementes intumescidas entre os das classes marrom-claro e marrom-escuro, as quais constituíram as maiores frações dos lotes (Tabela 52).

O comportamento das amostras em relação aos períodos de embebição, foi melhor representado, gráficamente, por uma reta ascendente (Figura 4) cujas equações são mostradas no Tabela 53. Ficou ali evidenciado que as cores testadas variaram quanto a taxa de absorção de água, sendo que a menor delas foi apresentada pelas sementes amarelo-claras e, a maior, pelas sementes marrom-escuro.

Tabela 52: Fase VII - Percentagens de sementes intumescidas resultantes de amostras classificadas pela cor.

Lotes	Períodos de Embebição (Horas)	Classes de Cor <sup>a</sup>			
		A.C.	M.C.	M.E.	Não classificadas
1	3	1,6 a	45,4 a	47,1 a	48,2 a
	5	3,7 b	63,3 a	64,9 a	60,8 a
	7	5,3 c	76,4 ab	82,0 a	67,2 b
	$\bar{x}$	3,5 c	61,7 a	64,7 a	58,7 b
2	3	11,4 c	46,5 b	65,4 a	55,9 b
	5	17,9 c	72,6 b	82,3 a	75,4 b
	7	22,9 c	83,1 ab	88,9 a	81,1 a
	$\bar{x}$	17,4 d	67,4 c	78,9 a	70,8 b
3	3	8,0 d	30,3 c	57,4 a	42,6 b
	5	13,3 c	49,5 b	75,4 a	55,5 b
	7	16,9 c	66,0 b	85,1 a	64,7 b
	$\bar{x}$	12,8 d	48,6 c	72,6 a	54,3 b

Os valores seguidos pela mesma letra, na linha, não diferem entre si ( $P > 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

<sup>a</sup> A.C. = amarelo-clara; M.C. = marrom-clara; M.E. = marrom-escura.

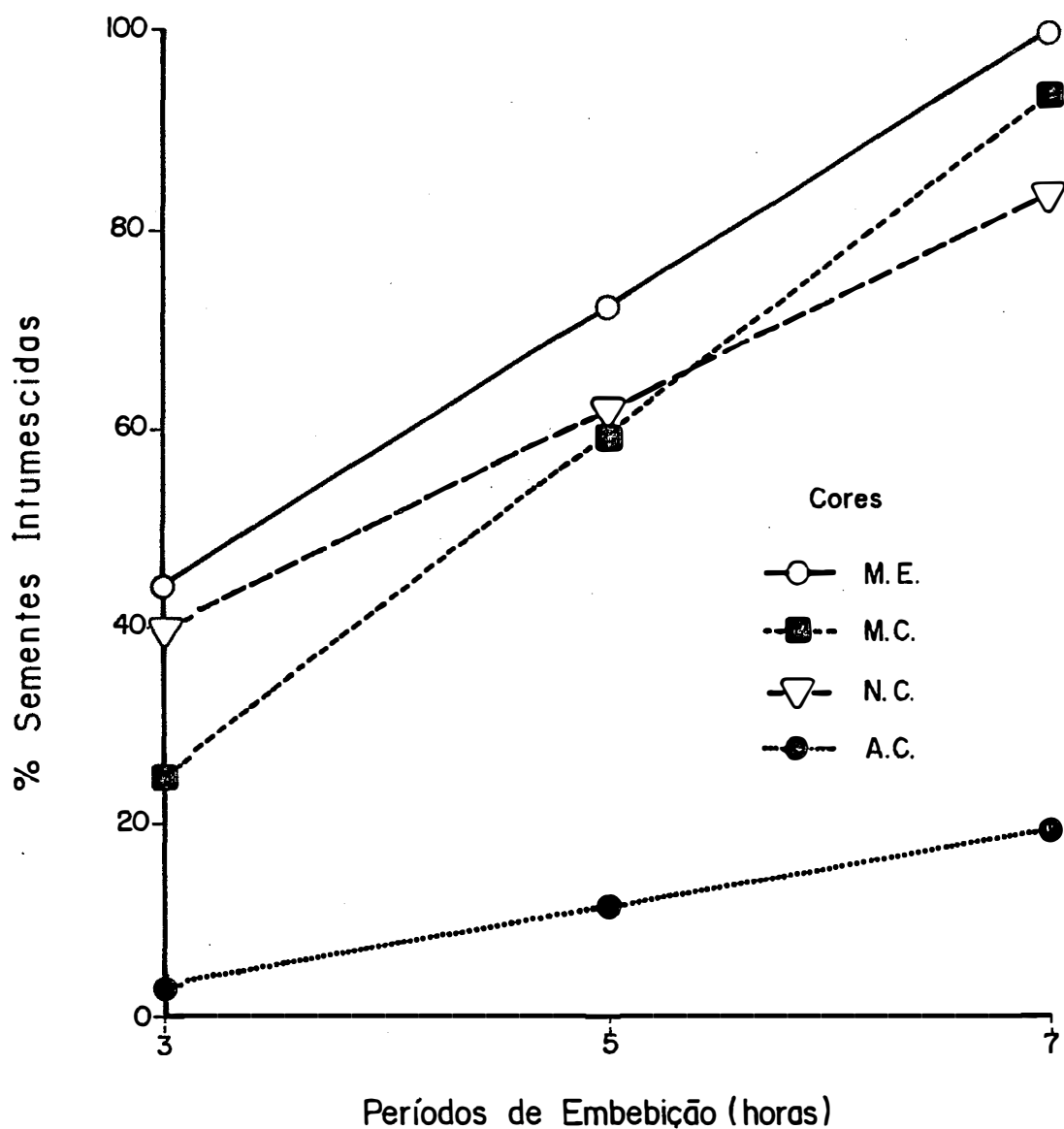


Figura 4: Fase VII - Representação gráfica da regressão linear simples, conforme equações mostradas na Tabela 53, dos dados de porcentagem de sementes intumescidas de amostras classificadas pela cor.

M.E.= marrom-escuro; M.C.= marrom-claro; N.C.= não classificada; A.C.= amarelo-claro.



Tabela 53: Fase VII - Resumo da análise de regressão a que foram submetidos os dados de percentagem de sementes intumescidas de amostras classificadas pela cor.

Lotes	Cores <sup>a</sup>	Coeficiêntes da equação $y = a + bx$		Coeficiente de determinação $r^2$
		a	b	
Todos	A.C.	3,2	4,0	0,1975 **
	M.C.	24,8	17,2	0,6843 **
	M.E.	43,4	14,4	0,7061 **
	N.C.	39,2	11,0	0,4886 **
1	A.C.	-0,2	1,9	0,5864 **
	M.C.	30,7	15,5	0,8350 **
	M.E.	29,7	17,5	0,9128 **
	N.C.	39,7	9,5	0,6598 **
2	A.C.	5,8	5,8	0,5929 **
	M.C.	30,8	18,3	0,8620 **
	M.E.	55,4	11,8	0,8681 **
	N.C.	45,6	12,6	0,6815 **
3	A.C.	3,9	4,4	0,5672 **
	M.C.	12,9	17,9	0,9273 **
	M.E.	45,0	13,8	0,8343 **
	N.C.	32,3	11,1	0,4948 **

\*\* - indica  $P < 0,01$ .

<sup>a</sup> A.C. = amarelo-clara; M.C. = marrom-clara; M.E. = marrom-escuro; N.C. = não classificada.

Outra vez, entretanto, estas conclusões restringem-se aos períodos testados, pois os valores do ponto de intercessão destas retas com o eixo Y, sugerem que, tivessem sido considerados períodos menores de embebição, as sementes marrom-escuro, muito provavelmente, apresentariam as maiores taxas de absorção. Este fato, porém, não teria alterado o fato de que as sementes amarelo-claro foram as menos permeáveis, consideradas todas as demais evidências neste sentido.

As evidências coletadas permitiram observar que, nos três lotes de sementes de Calopogonium mucunoides estudados, amostras onde predominaram sementes da cor amarelo-clara (10YR5/7), apresentaram baixas percentagens de sementes intumescidas, podendo ser consideradas, portanto, como possuidoras de tegumento pouco permeável. O contrário verificou-se com as amostras onde predominaram sementes da cor marrom-escuro (7,5YR4/6); das sementes marrom-claro, resultaram valores intermediários entre os das demais cores.

Amostras de sementes das diferentes cores, submetidas a testes para avaliação de sua qualidade fisiológica, confirmaram as observações feitas nas Fases Experimentais anteriores, de que as sementes de qualidade mais alta foram as de menor permeabilidade (Tabelas 54 e 55).

Tabela 54: Fase VI - Resumo das análises de variância dos dados de percentagem, resultantes dos testes padrão de germinação, primeira contagem de germinação e emergência em casa de vegetação de amostras classificadas pela cor.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Primeira Contagem	Plântulas Normais (N)	Plântulas Anormais	Sementes Duras (D)	N + D	Sementes Mortas
Blocos	4	0,48	1,02	1,01	0,62	0,71	0,69
Cores (C)	3	138,49**	99,63**	21,70**	714,68**	646,25**	515,24**
Lotes (L)	2	518,60**	397,19**	0,42	21,93**	256,15**	223,59**
L x C	6	31,20**	30,82**	3,07*	11,72**	31,05**	20,77**
Resíduo	44						
<b>TOTAL</b>	<b>59</b>						
Coeficiente de variação %		8,88	8,59	33,31	14,97	7,00	8,94

\*\* , \* - indicam, respectivamente,  $P < 0,01$  e  $P < 0,05$ .

Tabela 55: Fase VII - Resultados dos testes de primeira contagem de germinação, padrão de germinação e emergência em casa de vegetação de amostras classificadas pela cor.

Avaliação	Lotes	Classes de Cor <sup>a</sup>			
		A.C.	M.C.	M.E.	N.C.
Primeira Contagem	1	5,0 bc	12,3 a	2,5 c	7,5 b
	2	21,8 b	35,8 a	11,4 c	20,6 b
	3	16,1 c	66,6 a	36,8 b	43,4 b
	$\bar{x}$	14,3 c	38,2 a	16,9 c	23,8 b
Plântulas Normais (N)	1	12,3 b	18,9 a	4,8 c	13,8 ab
	2	37,1 a	39,4 a	13,0 c	25,7 b
	3	27,9 c	77,2 a	43,2 b	50,8 c
	$\bar{x}$	25,7 b	45,1 a	20,3 c	30,1 b
Plântulas Anormais	1	0,2 b	8,7 a	4,8 a	6,1 a
	2	0,9 b	6,2 a	2,7 ab	4,8 a
	3	0,9 b	3,2 ab	7,4 a	4,7 a
	$\bar{x}$	0,6 b	6,0 a	4,8 a	5,2 a
Sementes Duras (D)	1	84,4 a	1,1 c	0,6 c	15,3 b
	2	51,4 a	2,2 c	0,2 d	9,5 b
	3	69,3 a	4,2 c	1,1 d	16,9 b
	$\bar{x}$	68,3 a	2,5 c	0,6 d	13,8 b

continua ...

Tabela 55: Continuação

Avaliação	Lotes	Classes de Cor <sup>a</sup>			
		A.C.	M.C.	M.E.	N.C.
N + D	1	97,6 a	20,3 c	6,0 d	29,2 b
	2	88,8 a	41,8 b	13,2 c	35,4 b
	3	97,2 a	81,7 b	44,6 d	67,9 c
	$\bar{x}$	94,5 a	47,9 b	21,2 c	44,0 b
Sementes Mortas	1	2,0 c	71,3 b	88,5 a	66,4 b
	2	9,5 c	51,8 b	84,1 a	59,5 b
	3	1,2 d	14,2 c	48,0 a	27,0 b
	$\bar{x}$	4,2 c	47,5 b	73,5 a	50,9 b

<sup>a</sup> A.C. = amarelo-clara; M.C. = marrom-clara; M.E. = marrom-escuro; N.C. = não classificada.

As médias seguidas por letras distintas, nas linhas, diferem entre si ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Os dados de percentagens de plântulas normais e de primeira contagem de germinação, aparentemente, contradizem esta constatação. Ocorre, porém, que, no caso das sementes amarelo-claras, os valores foram limitados pelas altas percentagens de sementes duras que integraram estas amostras, enquanto que, no caso das sementes marrom-escuro, os limites foram impostos pelas sementes mortas.

Ficou, portanto, caracterizada uma relação entre a cor das sementes e sua qualidade fisiológica. Tal fato permite supor que a eliminação das sementes escuras,

via beneficiamento, poderia resultar em sensível melhoria da qualidade fisiológica do lote, nas situações em que estas sementes representem uma fração considerável do lote.

#### 4.8. Fase VIII: O peso da semente e sua relação com a embebição de água

Nesta Fase Experimental procurou-se caracterizar possíveis relações entre a absorção de água pelas sementes e seu peso médio da matéria seca. A estratégia adotada constituiu da secagem e pesagem das sementes que se mostraram intumescidas no final de vários períodos de embebição.

Os resultados da análise de variância, mostrados na Tabela 56, repetiram os efeitos já constatados nas Fases Experimentais anteriores quanto às sementes intumescidas. No tocante à variável peso seco das sementes intumescidas, verificou-se efeito significativo de lotes e períodos de embebição. Ficou, desta forma caracterizado o fato de que o peso das sementes que intumesceram variou em função do período em que as sementes permaneceram em contato com o substrato úmido.

Tabela 56: Fase VIII - Resumo da análise de variância dos dados de percentagem de sementes intumescidas e de seus respectivos pesos secos (g) médios.

Causas de Variação	Graus de Liberdade	Valores de "F"	
		Sementes Intumescidas	Peso Seco
Blocos	4	7.70 **	6.25 **
Lotes (L)	4	458.91 **	20.38 **
Períodos de Embebição (P)	3	741.00 **	11.81 **
L * P	12	14.96 **	1.22
Resíduo	76		
Total	99		
Coeficiente de Variação (%)		5.85	4.07

\*\* - indica  $P < 0.01$ .

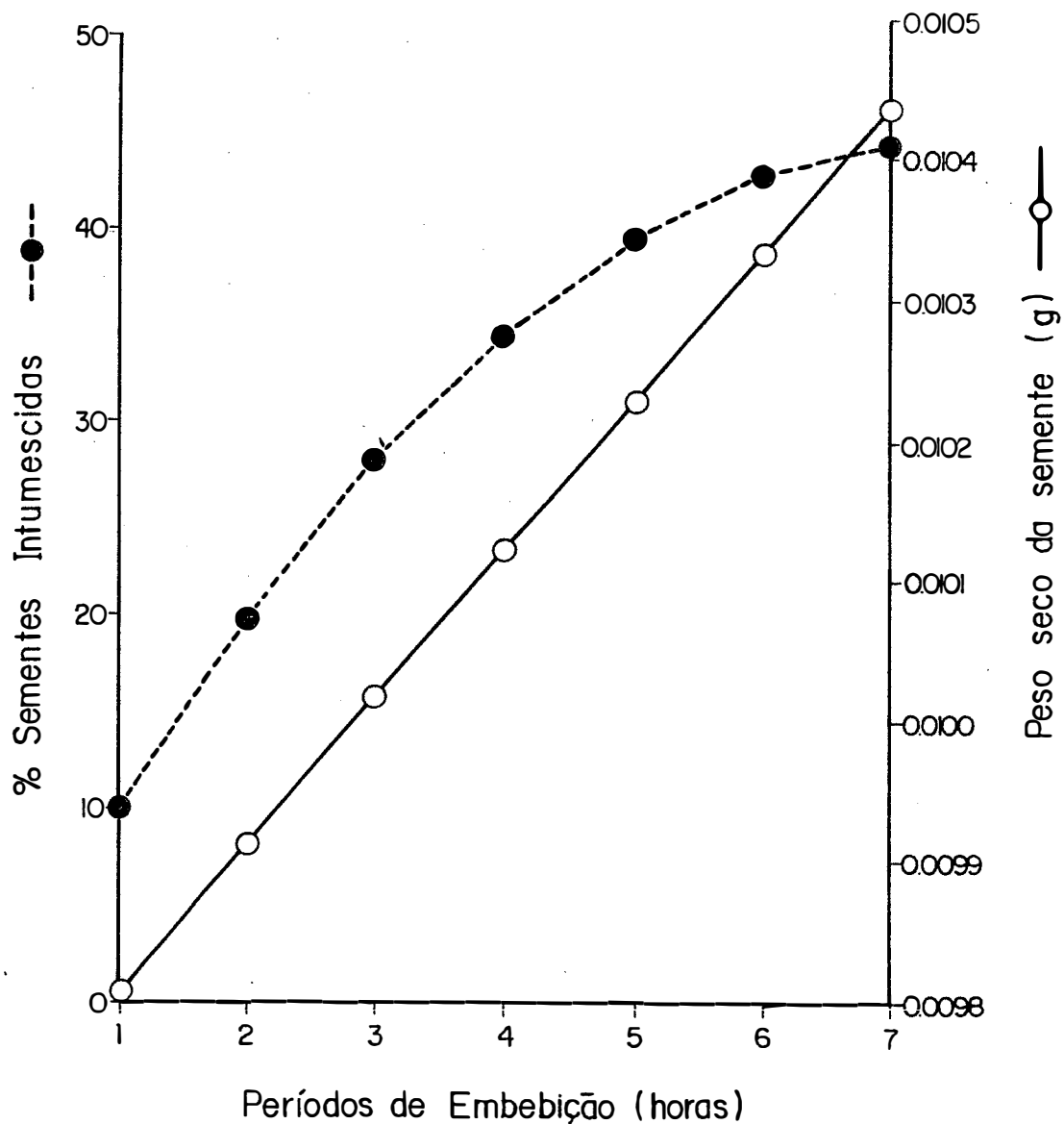
Esta relação foi melhor explicada pela análise de regressão (Figura 5). Enquanto que o padrão de intumescimento das sementes durante o período de 1 a 7 horas de embebição foi melhor descrito por uma curva de segundo grau, o peso seco das sementes intumescidas variou de acordo com um padrão linear ascendente a uma taxa que corres-

pondeu a, aproximadamente, 1,2% do peso seco inicial por hora. Isto significa que, dentro do período estudado, quanto menor o peso seco da semente, mais rapidamente ela absorveu água.

O menor peso seco da semente decorre de menor tamanho ou de menor densidade, ou seja, de características que, nas Fases Experimentais anteriores, estiveram associadas à rapidez de absorção de água e à baixa qualidade fisiológica. Desta forma, os dados desta Fase, estão coerentes com as observações anteriores.

Considerando-se que a relação entre a permeabilidade do tegumento e qualidade fisiológica das sementes foi consistentemente observada neste trabalho, é bastante provável que o peso seco das sementes esteja também a ela relacionado.





Equações da regressão:

Sementes intumescidas:

$$Y = 10,1564 + 10,5037 X - 0,8025 X^2; r = 0,9876 **$$

Peso seco médio:

$$Y = 0,009704 + 0,0001044 X; r = 0,9073 **$$

Figura 5: Fase VIII - Representação gráfica da regressão polinomial dos dados de percentagem de sementes intumescidas e dos seus respectivos peso seco médio.

#### 4.9. Considerações gerais:

Neste trabalho ficou caracterizada uma relação entre um processo físico, que é a absorção de água, e a qualidade fisiológica em sementes de Calopogonium mucunoides. Apesar desta mesma relação haver sido constatada por outros autores em outras espécies leguminosas (LUEDDERS & BURRIS, 1979; NANGJU, 1979; POWELL & MATTEWS, 1979, 1981; TULLY et alii, 1981; VIEIRA et alii, 1982; OLIVEIRA et alii, 1984) o grau em que ela foi aqui verificada provavelmente esteve relacionado às características do tegumento que, nesta espécie, apresenta variações extremas de permeabilidade.

Entretanto, apesar de serem justificadas as tentativas de desenvolvimento de testes para a estimativa da qualidade fisiológica de amostras de sementes baseados nas suas características de absorção de água, faz necessário, primeiramente, identificar os fatores determinantes da relação permeabilidade-qualidade fisiológica. Destes, verificou-se neste trabalho que o estágio de maturidade e dano mecânico são importantes. Entretanto, por sua vez, a permeabilidade não esteve associada à qualidade fisiológica em todos os lotes comparados.

Desta forma, para que sejam apropriadamente identificados os fatores envolvidos nesta relação, é neces-

sário que seja estudado um número maior de lotes do que aquele envolvido neste estudo e que, principalmente, sejam conhecidos os históricos de produção e de manuseio destes lotes.

Determinou-se, também, neste trabalho a relação entre tamanho, densidade e cor e suas respectivas características de absorção de água. A natureza desta relação está relativamente bem estabelecida no caso de cor (KANNENBERG & ALLARD, 1964; MARBACH & MAYER, 1974; WYATT, 1977; TULLY et alii, 1981; SLATTERY et alii, 1982; POWELL et alii, 1986; POWELL, 1989). Entretanto, as características dos tegumentos associadas a sementes de diferentes tamanhos foram muito pouco estudadas (CALERO et alii, 1981), enquanto que não foram encontrados trabalhos de idênticos propósitos envolvendo densidade. De qualquer modo, em nenhum destes trabalhos citados, o Calopogonium mucunoides ou qualquer outra leguminosa de clima tropical foi a espécie estudada.

Outra constatação deste estudo foi o grande potencial da utilização do processo de embebição como fundamento para testes que objetivem a estimativa da qualidade fisiológica de lotes de sementes de Calopogonium mucunoides. Apesar da avaliação das sementes intumescidas após um único determinado período de embebição não ter sido precisa o suficiente para distinguir todos os lotes comparados,

outras alternativas, igualmente baseadas na embebição, poderão revelar-se mais discriminantes e merecem, portanto, ser estudadas.

A utilização de testes baseados na absorção de água pelas sementes na comparação da qualidade fisiológica de diferentes lotes em outras espécies, como por exemplo a soja, poderá se constituir em alternativa interessante à medida em que o caráter genético "dureza de tegumento" vier a ser incorporado em novas variedades. A literatura especializada documenta crescente interesse por esta incorporação, com vistas ao aumento da resistência das sementes a variações climáticas no final do período de maturação bem como a danos mecânicos durante a colheita e posteriormente (POTTS et alii, 1978; KUO, 1989).

No que diz respeito às cultivares tradicionais, cujos tegumentos apresentam menor restrição à entrada de água, seria interessante determinar, primeiramente, se, também nestes casos, persiste a relação entre absorção de água e qualidade fisiológica. Para tanto, é provável que os procedimentos adotados neste trabalho resultariam em danos indesejáveis às sementes em consequência de absorção muito rápida. Assim sendo, procedimentos alternativos deverão ser buscados.

## 5. CONCLUSOES:

Os resultados obtidos, no presente trabalho, permitiram concluir que:

- a) a absorção de água por amostras de sementes de vários lotes de Calopogonium mucunoides, dentro do período de 1 a 7 horas de embebição sobre substrato de papel úmido, obedecem a um padrão descrito por uma curva do segundo grau, onde se distinguiu, portanto, uma fase exponencial seguida de outra linear e crescente;
- b) a partir de 3 horas de embebição, todos os lotes comparados alcançaram níveis distintos e estáveis de sementes intumescidas; o período de embebição no qual a distinção foi mais acentuada, no entanto, dependeu das características dos lotes comparados;
- c) a velocidade de absorção de água pelas sementes relacionou-se à sua qualidade fisiológica; as sementes que se intumesceram mais rapidamente apresentaram menor qualidade fisiológica;
- d) houve relações consistentes entre estágio de maturidade, dano-mecânico, tamanho, densidade,

cor, peso, velocidade de embebição e qualidade fisiológica da semente;

- e) o teste de embebição apresentou bom potencial de discriminação dos lotes quanto à qualidade fisiológica de suas sementes; houve, entretanto, lotes constituídos por sementes cujas características de permeabilidade do tegumento não se mostraram, associadas à sua qualidade fisiológica.

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:**

- AGUIAR, P.A.A. Some relationships between seed diameter and quality in soybean (Glycine max (L.) Merril). Mississippi, 1973. 72p. (M.S.-Mississippi State University).
- ARECHAVALETA-MEDINA, F. & SNYDER, H.E. Water imbibition by normal and hard soybeans. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Champaign, 58: 976-9, 1981.
- BACIU-MICLAUS, D. Contributions to the study of hard seed and coat structure properties of soybeans. **Proceedings of the International Seed Testing Association**, Zurich, 35: 599-617, 1970.
- BEWLEY, J.D. & BLACK, M. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination**. New York, Springer-Verlag, 1978. v.1, 306p.
- BEWLEY, J.D. & BLACK, M. **Seeds; physiology of development and germination**. New York, Plenum, 1984. 367p.

- BHATNAGAR, S.P. & JOHRI, B.M. Development of angiosperm seeds. In: Kozlowski, T.T., **Seed biology**. New York, Academic Press, 1972. v.1, p.77-149.
- BLACK, J.N. Seed size in herbage legumes. **Herbage Abstracts**, Farnham Royal, **29(4)**: 235-41, 1959.
- BRASIL, Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes**. Brasília, Departamento Nacional de Produção Vegetal, Divisão de Sementes e Mudas, 1980, 188p.
- BRYANT, J.A. **Fisiologia da semente**. São Paulo, EPU, 1989. 86p. (Temas de Biologia, 31).
- BURCH, T.A. & DELOUCHE, J.C. Water absorption by seeds. **Proceedings of the Association of Official Seed Analysts**, Oklahoma City, **49**: 142-50, 1959.
- CALERO, E.; WEST, S.H.; HINSON, K. Water absorption of soybean seed and associated causal factors. **Crop Science**, Madison, **21(6)**: 926-33, 1981.
- CARDWELL, V.B. Seed germination and crop production. In: TESAR, M.B., ed. **Physiological basis of crop growth and development**. Madison, ASA, 1984. cap. 3, p.53-92.
- CARVALHO, N.M. & NAKAGAWA, J. **Sementes; ciência, tecnolo-**



gia e produção. 3. ed. Campinas, Fundação Cargill, 1988.  
424 p.

CHING, T.M. & SCHOOLCRAFT, I. Physiological and chemical differences in aged seeds. **Crop Science**, Madison, **8**: 407-9, 1968.

COPELAND, L.O. **Seed science and technology**. 2. ed. Minneapolis, Burgess Publishing, 1976. 369p.

DALIANIS, C.D. Effect of seed coat colour on germination, seedling elongation and emergence rates of berseem and Persian clovers (Trifolium alexandrinum and T. resupinatum). **Seed Science and Technology**, Zurich, **8(3)**: 333-40, 1980.

DELOUCHE, J.C. Environmental effects on seed development and seed quality. **HortScience**, Alexandria, **15**: 775-9, 1980.

DUKE, S.H. & KAKEFUDA, G. Role of the testa in preventing cellular rupture during imbibition of legume seeds **Plant Physiology**, Bethesda, **67**: 449-56, 1981.

DUKE, S.H.; KAKEFUDA, G.; HARVEY, T. Differential leakage of intracellular substances from imbibing soybean seeds. **Plant Physiology**, Bethesda, **72**: 919-24, 1983.

- DUKE, S.H.; KAKEFUDA, G.; HENSON, C.A.; LOEFFLER, N.L.;  
VanHULLE, N.M. Role of the testa epidermis in the  
leakage of intracellular substances from imbibing soy-  
bean seeds and its implications for seedling survival.  
*Physiologia Plantarum*, Copenhagen, **68**: 625-31, 1986.
- EDWARDS JR., C.J. & HARTWIG, E.E. Effect of seed size upon  
rate of germination in soybean. *Agronomy Journal*, Madi-  
son, **63**: 429-30, 1971.
- EGLEY, G.H.; PAUL, R.N.; VAUGHAN, K.C.; DUKE, S.O. Role  
of peroxidase in the development of water-impermeable  
seed coats in *Sida spinosa* L. *Planta*, New York, **157**:  
224-32, 1983.
- ELLIOT, B. Construction of seed box for use in the acce-  
lerated aging chamber. *The Newsletter of AOSA*, **56(3)**:  
61-4, 1982.
- ESAU, K. *Anatomy of seed plants*. 2. ed. New York, John  
Wiley, 1977. 550p.
- FICK, G.L. & HIBBARD, R.P. A method for determining seed  
viability by electrical conductivity measurements.  
*Papers of the Michigan Academy of Science, Arts and  
Letters*, Ann Arbor, **5**: 95-103, 1926.

- FRANÇA NETO, J.B.; PEREIRA, L.A.G.; COSTA, N.P.;  
KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A. **Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina, EMBRAPA/CNPSO. 1988. 37p. (EMBRAPA/CNPSO. Documentos, 32).
- GRAY, D. & STECKEL, J.R.A. Viability of onion (Allium cepa) seed as influenced by temperature during seed growth. **Annals of Applied Biology**, Wellesbourne, **104**: 375-82, 1984.
- HAMLY, D.H. Softening of the seeds of Melilotus alba. **Botanical Gazette**, Crawfordville, **96**: 345-75, 1932.
- HEYDECKER, W. Vigour. In: Roberts, E.H. **Viability of seeds**. Syracuse, Syracuse University Press, 1972. cap. 8, p.209-52.
- HIBBARD, R.P. & MILLER, E.V. Biochemical studies on seed viability. I. Measurements of conductance and reduction. **Plant Physiology**, Bethesda, **3**: 335-52, 1928.
- HILL, H.J.; WEST, S.H.; HINSON, K. Effect of water stress during seedfill on impermeable seed expression in soybean. **Crop Science**, Madison, **26**: 807-12, 1986a.
- HILL, H.J.; WEST, S.H.; HINSON, K. Soybean seed size influences expression of the impermeable seed-coat trait.

Crop Science, Madison, 26: 634-7, 1986b.

HOTTES, C.F. & HUELSEN, W.A. The determination of quality in sweet corn seed by means of the optical measurement of leached materials. *Journal of Agricultural Research*, Washington, 35: 147-66, 1927.

HSU, K.H.; KIM, C.J.; WILSON, L.A. Factors affecting water uptake by soybeans during soaking. *Cereal Chemistry*, St. Paul, 60(3): 208-11, 1983.

HYDE, E.O.C. The function of the hilum in some Papilionaceae in relation to the ripening of the seed and the permeability of the testa. *Annals of Botany*, London, 18: 241-56, 1954.

JOHNSON, D.R. & LEUDDERS, V.D. Effects of planted seed size on emergence and yield in soybeans (Glycine max (L.) Merril). *Agronomy Journal*, 66: 117-8, 1974.

KANNENBERG, L.W. & ALLARD, R.W. An association between pigment and lignin formation in the seed coat of the lima bean. *Crop Science*, Madison, 4: 621-2, 1964.

KOLLMORGEN CORPORATION *Munsell book of color*. Baltimore, Neighboring Hues, 1976. 48p.

- KRUL, W.R. Diffusible inhibitor(s) of imbibition from senescent soybean pods. *HortScience*, Alexandria, 13: 42-3, 1978.
- KUO, W.H.J. Delayed permeability of soybean seeds: characteristics and screening methodology. *Seed Science and Technology*, Zurich, 17: 131-42, 1989.
- LABOURIAU, L.G. *A germinação das sementes*. Washington, OEA, 1983. 174 p. (Coleção de Monografias Científicas - Biológicas, 24).
- LeDEUNFF, Y. Hydratation des semences de pois (*Pisum sativum*). *Seed Science and Tecnology*, Zurich, 17: 471-83, 1989.
- LEOPOLD, A.C. Temperature effects on soybean imbibition and leakage. *Plant Physiology*, Bethesda, 65: 1096-8, 1980.
- LIBERAL, O.H.T.; SMITH, D.C.; FORSYTH, D.D. Interrelations of seed colour, weight, germination and origin in alsike, red and white clovers. *Proceedings of the Association of Official Seed Analysts*, Oklahoma City, 65: 52-9, 1975.
- LUEDDERS, V.D. & BURRIS, J.S. Effect of broken seed coats

on field emergence of soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, 71(5): 877-9, 1979.

MAEDA, J.A.; PASSOS, F.A.; BERNARDI, J.B. Influência da cor e do tamanho no vigor de sementes de quiabo. II. Testes de laboratório. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, 2(2): 99-105, 1980.

MARBACH, I. & MAYER, A.M. Permeability of seed coats to water as related to drying conditions and metabolism of phenolics. **Plant Physiology**, Bethesda, 54: 817-20, 1974.

MARCOS FILHO, J. Germinação de sementes. In: SEMANA DE ATUALIZAÇÃO EM PRODUÇÃO DE SEMENTES, 1., Piracicaba, 1986. Campinas, Fundação Cargill, 1986. p. 11-39.

MARCOS FILHO, J. & AVANCINE, F. Tamanho da semente e desempenho do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 18(9): 1001-8, 1983.

MARCOS FILHO, J.; CICERO, S.M.; SILVA, W.R. Avaliação da qualidade das sementes. Piracicaba, FEALQ, 1987. 230p.

MATTHEWS, S. & BRADNOCK, W.T. Relationship between seed evaluation and field emergence in peas and French beans. **Horticultural Research**, Edinburgh, 8: 89-93,

1968.

MAYER, A.M. & POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**, 3. ed. New York, Pergamon Press, 1975. 210p.

McDONALD JR., M.B.; VERTUCCI, C.W.; ROOS, E.C. Seed coat regulation of soybean imbibition. **Crop Science**, Madison, 28: 987-92, 1988a.

McDONALD JR., M.B.; VERTUCCI, C.W.; ROOS, E.C. Soybean seed imbibition: water absorption by seed parts. **Crop Science**, Madison, 28: 993-7, 1988b.

McKEE, G.W.; PEIFFER, R.A.; MOSHENIN, N.N. Seed coat structure in Coronilla varia L. and its relation to hard seed. **Agronomy Journal**, Madison, 69: 53-8, 1977.

MIKLAS, P.N.; TOWNSEND, C.E.; LADD, S.L. Seed coat anatomy and the scarification of cicer milkvetch seed. **Crop Science**, Madison, 27: 766-72, 1987.

MURPHY, J.B. & NOLAND, T.L. Temperature effects on seed imbibition and leakage mediated by viscosity and membranes. **Plant Physiology**, Bethesda, 69: 428-31, 1982.

NAKAMURA, S. Germination of legume seeds. **Proceedings of the International Seed Testing Association**, Zurich, 27:

694-709, 1962.

NANGJU, D. Seed characters and germination in soybeans. **Experimental Agriculture**, Cambridge, 15: 385-92, 1979.

OLIVEIRA, M.D.; MATTHEWS, S.; POWELL, A.A. The role of split seed coats in determining seed vigour in commercial seed lots of soybean, as measured by the electrical conductivity test. **Seed Science and Technology**, Zurich, 12: 659-68, 1984.

ORSI, E.W.L. A comparative study between two methods for the determination of the volume of 100 seeds of rice. **Il riso**, Milan, 15(1): 21-3, 1966.

PARRISH, D.J. & LEOPOLD, A.C. On the mechanism of ageing in soybean seeds. **Plant Physiology**, Bethesda, 61: 365-8, 1978.

PESKE, S.T. & PEREIRA, L.A.G. Tegumento da sementes de soja. **Tecnologia de Sementes**, Pelotas, 6(1/2): 23-34, 1983.

POTTS, H.C.; DUANGPATRA, J.; HAIRSTON, W.G.; DELOUCHE, J.C. Some influences of hardseededness on soybean seed quality. **Crop Science**, Madison, 18(2): 221-4, 1978.



- POWELL, A.A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **Journal of Seed Technology**, East Lansing, 10(2): 81-100, 1986.
- POWELL, A.A. The importance of genetically determined seed coat characteristics to seed quality in grain legumes. **Annals of Botany**, London, 63: 169-75, 1989.
- POWELL, A.A. & MATTHEWS, S. The damaging effect of water on dry pea embryos during imbibition. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, 29: 1215-29, 1978.
- POWELL, A.A. & MATTHEWS, S. The influence of testa condition on the imbibition and vigour of pea seeds. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, 30: 193-7, 1979.
- POWELL, A.A. & MATTHEWS, S. The significance of seed coat damage in the production of high quality legume seeds. **Acta Horticulturae**, Wageningen, 3: 227-33, 1981.
- POWELL, A.A.; OLIVEIRA, M. A.; MATTHEWS, S. The role of imbibition damage in determining the vigor of white and coloured seed lots of dwarf French bean (Phaseolus vulgaris). **Journal of Experimental Botany**, Oxford, 37: 716-22, 1986a.

- POWELL, A.A.; OLIVEIRA, M. A.; MATTHEWS, S. Seed vigour in cultivars of dwarf French bean (Phaseolus vulgaris) in relation to the colour of the testa. **Journal of Agricultural Science, Cambridge**, 106: 419-25, 1986b.
- QUINLIVAN, B.J. Hard seeds in lupins. **Journal of the Department of Agriculture of Western Australia, South Perth**, 3(9):683-90, 1962.
- QUINLIVAN, B.J. & MILLINGTON, A.J. The effect of a Mediterranean summer environment on the permeability of hard seeds of subterranean clover. **Australian Journal of Agricultural Research, Melbourne**, 13(3): 377-87, 1962.
- RAGUS, L.N. Role of water absorbing capacity in soybean germination and seedling vigour. **Seed Science and Technology, Zurich**, 15: 285-96, 1987.
- ROCHA, V.S.; SEDIYAMA, T.; SILVA, R.F. da; SEDIYAMA, C.S.; THIEBAUT, J.T.L. Embebição de água e qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes, Brasília**, 6(2): 51-66, 1984.
- ROLSTON, M.P. Water impermeable seed dormancy. **The Botanical Review, New York**, 44(3): 365-96, 1978.

- SACCO, J.C. Botânica de semente. In: CURSO DE PRODUÇÃO E TECNOLOGIA DE SEMENTES, Pelotas, 1973. Pelotas, UFPel, 1973. v. 1., p.20-8. (Mimeografado).
- SAIO, K. Soybeans resistant to water absorption. *Cereal Foods World*, St. Paul, 21(4): 168-73, 1976.
- SAS INSTITUTE, Inc. SAS user's guide. Statistics version. 5. ed. SAS Institute, Inc., Cary, 1985.
- SHIOGA, P.S. Desenvolvimento do tegumento em sementes de leguminosas e sua relação com qualidade fisiológica. Piracicaba, ESALQ, 1989. 47p.
- SILVA, A.A.; CARMELLO, S.M.; NAKAGAWA, J. Germinação e vigor de sementes de Crotalaria lanceolata E.Mey. I. Influência da cor do tegumento e da posição dos frutos na infrutescência. *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, 10(2): 67-73, 1988.
- SKERMAN, P.J. *Tropical forage legumes*. Roma, FAO, 1977. 609p.
- SLATTERY, H.D.; ATWELL, B.J.; KUO, J. Relationship between colour, phenolic content and impermeability in the seed coat of various Trifolium subterraneum L. genotypes. *Annals of Botany*, London, 50(3): 373-78,

1982.

SMITH, A.R. & NASH, A.M. Water absorption of soybean.

**Journal of the American Oil Chemists Society**, Champaign,  
**38:120-3**, 1961.

SMITH, G.R. Screening subterranean clover for persistent  
hard seed. **Crop Science**, Madison, **28: 998-1000**, 1988.

SPURNY, M. The imbibition process. In: HEYDECKER, W. **Seed  
ecology**. London, Butherworth, 1973. cap. 21, p.367-89.

TOLEDO, F.F. & MARCOS FILHO, J. **Manual das sementes;  
tecnologia da produção..** São Paulo, Agronômica Ce-  
res, 1977. 224p.

TULLY, R.E.; MUSGRAVE, M.E.; LEOPOLD, A.C. The seed coat  
as a control of imbibitional chilling injury. **Crop  
Science**, Madison, **21:312-7**, 1981.

VAUGHAN, C.E. & DELOUCHE, J.C. Physical properties of  
seeds associated with viability on small seeded legu-  
mes. **Proceeding of the Association of Official Seed  
Analysts**, Oklahoma City, **58: 128-41**, 1968.

VAUGHAN, D.A.; BERNARD, R.L.; SINCLAIR, J.B.; KUNWAR, I.K.  
Soybean seed coat development. **Crop Science**, Madison,

27: 759-65, 1987.

VERTUCCI, C.W. & LEOPOLD, A.C. Dynamics of imbibition of soybean embryos. *Plant Physiology*, Bethesda, 72: 190-3, 1983.

VIEIRA, R.D.; SEDIYAMA, T.; SILVA, R.F.; SEDIYAMA, C.S.; THIEBAUT, J.T.L.; XIMENES, P.A. Estudo da qualidade fisiológica de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), cultivar UFV-1, em quinze épocas de colheita. In: SEMINARIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., Brasília, 1981. *Anais*. Londrina, EMBRAPA/CNPSO, 1982. v.1, p.633-44 (EMBRAPA/CNPSO, Documentos, 1).

WAGGONER, P.E. & PARLANGE, J.Y. Water uptake and water diffusivity of seeds. *Plant Physiology*, Bethesda, 57: 153-6, 1976.

WARD, H.L. & BUTT, J.L. Hygroscopic equilibrium and viability of naturally and artificially dried seeds of Crimson clover (*Trifolium incarnatum*). *Agronomy Journal*, Madison, 47: 576-9, 1955.

WEST, S.H.; HARRIS, H.C. Seed coat colors associated with physiological changes in alfalfa and crimson and white clover. *Crop Science*, Madison, 3(3): 190-3, 1963.

- WETZEL, C.T. Some effects of seed size on performance of soybean (Glycine max (L.) Merril). Mississippi, 1975. 117p. (Ph.D.- Mississippi State University).
- WETZEL, C.T. Efeito do tamanho das sementes de soja. In: SEMINARIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 1, Londrina, 1978. Anais ..., Londrina, EMBRAPA - CNPSo, 1979. v.2., p. 333-41.
- WOLF, W.J.; BAKER, F.L. Scanning electron microscopy of soybeans and soybean protein products. **Scanning Electron Microscopy**, Chicago, 3: 621-34, 1980.
- WOLF, W.J.; BAKER, F.L.; BERNARD, R.L. Soybean seed coat structural features: pits, deposits and cracks. **Scanning Electron Microscopy**, Chicago, 3: 531-44, 1981.
- WOODSTOCK, L.W. Seed imbibition: a critical period for successful germination. **Journal of Seed Technology**, East Lansing, 12(1): 1-15, 1988.
- WOODSTOCK, L.W. & TAO, K.J. Prevention of imbibitional injury in low vigor soybean embryonic axes by osmotic control of water uptake. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, 51: 133-9, 1981.
- WYATT, J.E. Seed coat and water absorption properties of

seeds of near-isogenic snap beans lines differing in seed coat color. **Journal of the American Society of Horticultural Science**, Alexandria, **102**: 478-80, 1977.

YAKLICH, R.W.; VIGIL, E.L.; WERGIN, W.P. Scanning Electron microscopy of soybean coat. **Scanning Electron Microscopy**, Chicago, **2**: 991-1000, 1984.

YAKLICH, R.W.; VIGIL, E.L.; WERGIN, W.P. Pore development and seed coat permeability in soybean. **Crop Science**, Madison, **26**: 616-24, 1986.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.D.; SILVEIRA JR., P. Sistemas de análise estatística para microcomputadores - SANEST. Pelotas, UFPel, 1984. (Registro SEI nº 06606-0, Categoria A0).