

RENATO MENDES GUIMARÃES

EFEITO DO CONDICIONAMENTO OSMÓTICO SOBRE A GERMINAÇÃO E DESEMPENHO DE SEMENTES DE ALGODÃO (*Gossypium hirsutum* L.) SOB CONDIÇÕES IDEAIS E DE ESTRESSE TÉRMICO, HÍDRICO E SALINO.

*Renato M. G.*

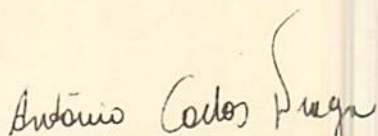
Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras como parte das exigências do curso de Mestrado em Agronomia, Área de Concentração Fítotecnia, para obtenção do grau de "MESTRE"

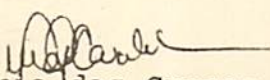
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS  
LAVRAS - MINAS GERAIS

1991

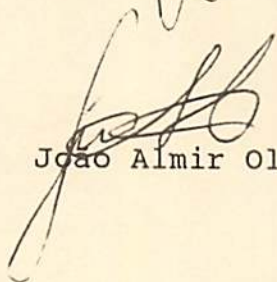
EFEITO DO CONDICIONAMENTO OSMÓTICO SOBRE A GERMINAÇÃO E  
DESEMPENHO DE SEMENTES DE ALGODÃO (*Gossypium hirsutum* L.) SOB  
CONDIÇÕES IDEAIS E DE ESTRESSE TÉRMICO, HÍDRICO E SALINO.

APROVADA:

  
Prof. Antonio Carlos Fraga

  
Prof<sup>a</sup>. Maria das Graças G. Carvalho Vieira

  
Prof. José Ferreira da Silveira

  
João Almir Oliveira

s meus pais,

Nilson (in memorian) e Edanéé

com gratidão e carinho,

DEDICO

A minha esposa Heloisa,

aos meus filhos Nilson César,

Renata e Gabriel,

aos meus irmãos, Edilson,

Rubens e Nilce,

pela compreensão,

amor e incentivo

OFEREÇO

## AGRADECIMENTOS

A Deus.

A Escola Superior de Agricultura de Lavras - ESAL, especialmente ao Departamento de Agricultura pela oportunidade concedida para realização do Curso de Mestrado.

Ao Professor Antonio Carlos Fraga, pela orientação, confiança, fundamental apoio.

À Professora Maria das Graças Guimarães Carvalho Vieira, pela valiosa colaboração durante o desenvolvimento deste trabalho, pela amizade e pela oportunidade de crescimento técnico e pessoal proporcionada durante o curso.

Ao Professor José Ferreira da Silveira, pela amizade, confiança, apoio e pelos conhecimentos transmitidos no decorrer do curso e na produção de sementes.

Ao Professor José da Cruz Machado, pela amizade e colaboração.

Ao Professor Wagner Pereira Reis, pelo incentivo e constante estímulo.

A Heloisa, minha esposa, pela fundamental colaboração nos serviços de digitação e revisão deste trabalho.

Aos colegas e amigos do curso de pós-graduação, em especial a Elter, Antonio, João Almir, Mário Jorge e Édila.

Aos funcionários dos Laboratórios de Análise de Sementes e Patologia de Sementes pela contribuição no decorrer do curso.

Aos amigos e produtores rurais da cidade de Mutum, onde iniciei a carreira de Engenheiro Agrônomo, que muito me ajudaram e incentivaram, em especial a Joaquim Rodrigues Costa, Silon Gomes Camargo, Heraldo Bento da Costa, Geraldo da Silva Mazzo e Délio Carvalho.

Aos sogros Sebastião e Nair e tios Adilio e Suely, pelo apoio constante e hospitalidade na época de minha volta à Lavras.

Aos amigos José Ricardo e Maria Selma pela amizade e colaboração.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão de Bolsa de Estudos.

À Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão - FAEPE, pela oportunidade de trabalho oferecida antes do término do curso, pela compreensão na fase de redação deste trabalho e pelo auxílio na publicação.

## ÍNDICE

## Página

1.	INTRODUÇÃO.....	01
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	04
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	18
3.1.	Primeira etapa.....	18
3.1.1.	Condicionamento osmótico das sementes.....	18
3.1.1.1.	Preparo das soluções de Manitol....	20
3.1.1.2.	Processo do condicionamento osmótico.....	20
3.1.2.	Avaliação dos efeitos dos métodos de condicionamento.....	21
3.1.2.1.	Teste padrão de germinação.....	21
3.1.2.2.	Teste de germinação sob estresse hídrico.....	22
3.1.2.3.	Teste de germinação sob estresse salino.....	22
3.1.2.4.	Teste de germinação sob estresse térmico.....	22
3.1.3.	Delineamento estatístico.....	23

3.2.	Segunda etapa.....	24
3.2.1.	Condicionamento osmótico das sementes.....	25
3.2.1.1.	Preparo das soluções de manitol....	25
3.2.1.2.	Processo do condicionamento osmótico.....	25
3.2.2.	Avaliação dos efeitos dos métodos de condicionamento.....	26
3.2.2.1.	Teste de germinação sob condições ideais.....	27
3.2.2.2.	Teste de germinação sob estresse hídrico.....	27
3.2.2.3.	Teste de germinação sob estresse salino.....	28
3.2.2.4.	Teste de germinação sob estresse térmico.....	28
3.2.3.	Delineamento estatístico.....	28
	RESULTADO E DISCUSSÃO.....	30
5.	CONCLUSÕES.....	60
6.	RESUMO.....	61
7.	SUMMARY.....	63
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
	APÊNDICE.....	74

## LISTA DE TABELAS

Tabelas	Páginas	
1	Tratamento relativo ao condicionamento osmótico das sementes de algodão. ESAL, Lavras-MG, 1990.	19
2	Tratamentos relativos ao condicionamento osmótico de sementes de algodão ( <i>Gossypium hirsutum</i> L.), etapa II. ESAL, Lavras-MG, 1990.	26

## LISTA DE QUADROS

Quadros	Páginas	
1	Valores percentuais médios relativos à umidade, pureza, germinação e sanidade obtidos nas determinações preliminares efetuadas em uma amostra de sementes de algodão ( <i>Gossypium hirsutum</i> L.). ESAL, Lavras-MG, 1990.....	30
2	Valores percentuais médios de plântulas normais detectados pelos testes: padrão de germinação, estresse térmico, estresse hídrico e estresse salino em sementes de algodão ( <i>Gossypium hirsutum</i> L.), submetidas a 18 métodos de condicionamento em comparação com sementes não condicionadas. ESAL, Lavras-MG, 1990.....	32
3	Percentuais médios de plântulas normais detectadas pelo teste padrão de germinação em sementes de algodão ( <i>Gossypium hirsutum</i> L.), submetidas a embebição em soluções com diversos potenciais osmóticos por diferentes tempos. ESAL, Lavras-MG, 1990.....	35

- 4            Percentuais médios de plântulas normais detectados pelo teste de estresse térmico em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a embebição em soluções com diferentes potenciais osmóticos por diferentes tempos. ESAL, Lavras-MG, 1990..... 37
- 5            Percentuais médios de plântulas normais detectados pelo teste de estresse hídrico em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a embebição em soluções com 3 diferentes potenciais osmóticos por 6 diferentes tempos. ESAL, Lavras-MG, 1990..... 38
- 6            Percentuais médios de plântulas normais detectados pelo teste de estresse salino em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a embebição em soluções com 3 diferentes potenciais osmóticos por 6 diferentes tempos. ESAL, Lavras-MG, 1990..... 40

- 7        Percentuais médios de plântulas normais e índice de velocidade de germinação obtidos nos testes de germinação sob condições ideais, estresse térmico, estresse hídrico e estresse salino, em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a diversos métodos de condicionamento osmótico e em sementes sem condicionamento. ESAL, Lavras-MG, 1990..... 44
- 8        Percentuais médios de plântulas normais e índices de velocidade de germinação detectados pelo teste de germinação sob condições ideais em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a embebição em soluções com 3 diferentes potenciais osmóticos por 4 diferentes tempos. ESAL, Lavras-MG, 1990..... 47
- 9        Percentuais médios de plântulas normais e índices de velocidade de germinação detectados pelo teste de germinação sob estresse térmico em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a embebição em soluções com 3 diferentes potenciais osmóticos por 4 diferentes tempos. ESAL, Lavras-MG, 1990..... 50

- 10      Percentuais médios de plântulas normais e índices de velocidade de germinação detectados pelo teste de germinação sob estresse hídrico de -4 atm's, em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a embebição em soluções com 3 diferentes potenciais osmóticos por 4 diferentes tempos. ESAL, Lavras-MG, 1990..... 52
- 11      Percentuais médios de plântulas normais e índices de velocidade de germinação detectados pelo teste de germinação sob estresse salino -4 atm's em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a embebição em soluções com 3 diferentes potenciais osmóticos por 4 diferentes tempos. ESAL, Lavras-MG, 1990..... 54
- 1A      Resumo da análise de variância dos dados obtidos nos testes de avaliação da qualidade de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a diversos métodos de condicionamento osmótico em comparação com sementes sem condicionamento. ESAL, Lavras-MG, 1990..... 75

2A	Resumo das análises de variância dos dados obtidos nos diversos testes de avaliação em sementes de algodão ( <i>Gossypium hirsutum</i> L.), submetidas a embebição em soluções com 3 diferentes potenciais osmóticos por 6 diferentes tempos. ESAL, Lavras-MG, 1990.....	76
3A	Resumo das análises de variância dos dados obtidos nos diversos testes de avaliação em sementes de algodão ( <i>Gossypium hirsutum</i> L.), submetidas a diversos métodos de condicionamento osmótico comparados com sementes sem condicionamento. ESAL, Lavras-MG, 1990.....	77
4A	Resumo das análises de variância em esquema fatorial, dos dados obtidos nos diversos testes de avaliação de sementes de algodão ( <i>Gossypium hirsutum</i> L.), submetidas a alguns métodos de condicionamento osmótico. ESAL, Lavras-MG, 1990.....	78

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos fatores limitantes para o sucesso da cultura do algodão tem sido a dificuldade de se obter sementes com qualidades físicas, fisiológicas e sanitárias capazes de proporcionar o estabelecimento de culturas com população ideal e com plântulas uniformes e vigorosas.

Durante o processo de produção de sementes de algodão, fatores como a desuniformidade de maturação das sementes, presença de microorganismos e danos mecânicos ocorridos durante o beneficiamento, em muitos casos impedem que as sementes tenham um bom desempenho no campo.

Para enfrentar tais problemas, os produtores de algodão têm utilizado a prática de semear uma quantidade de sementes muito acima do número de plantas que necessitam na sua cultura para garantir uma população satisfatória. Esta prática, além de poder contribuir para a introdução de maior quantidade de inóculos de organismos patogênicos no solo, acarreta, um

significativo aumento no custo de produção da cultura, não só pela necessidade de um volume maior de sementes como também pela necessidade da realização de desbastes para se chegar à população ideal.

Durante a germinação de sementes no campo, a fase mais crítica é representada pelo período compreendido entre a sementeira e a emergência das plântulas. Neste período as condições ambientais podem não ser adequadas, ocorrendo frequentes estresses físicos, tais como temperaturas supra ótimas, excesso ou deficiência de água, salinidade ou compactação do solo, bem como, a ocorrência de microorganismos.

Do ponto de vista sanitário, o tratamento de sementes de algodão com produtos químicos tem demonstrado eficiência para propiciar um incremento na percentagem de germinação no campo, enquanto que do ponto de vista fisiológico vários aspectos ligados à produção das sementes, como adubação, época e forma de colheita, beneficiamento de sementes são trabalhados no sentido de melhorar a qualidade das sementes.

Pesquisas mais recentes, no sentido de melhorar o desempenho de sementes no campo, referem-se aos estudos sobre o condicionamento osmótico que consiste na pré-embebição das sementes em solução de potencial osmótico conhecido, de modo a permitir a ocorrência das etapas iniciais do processo de germinação, seguida por secagem das sementes. Desta forma, após a sementeira, a emergência das plântulas ocorreria mais rápida e uniformemente, com maiores possibilidades de sucesso no

estabelecimento da cultura, mesmo com a utilização de um menor número de sementes no plantio.

Desta maneira, o presente trabalho teve como objetivo o estudo da eficiência do condicionamento osmótico de sementes de algodão sobre o percentual e velocidade de germinação sob condições de estresse hídrico, salino e térmico.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

A densidade populacional e o arranjo espacial de seus indivíduos são fatores intimamente ligados ao rendimento agrícola. Contudo a formação de populações ideais já recomendadas pelas pesquisas fitotécnicas têm encontrado barreiras causadas principalmente pela qualidade fisiológica das sementes e ocorrência de condições ambientais desfavoráveis. Dentre estas, a deficiência hídrica aliada a presença de microorganismos no solo, constituem-se em situações frequentemente responsabilizadas por reduções populacionais no período de emergência das plântulas (KHAN et alii, 1976).

A queda na germinação, associada a um aumento do prazo decorrido entre o início da embebição e a emissão da radícula, é tida como um dos mais importantes efeitos da deterioração. Paralelamente, se considerado o lote, são notórios os progressivos diferenciais de desempenho entre indivíduos, conforme avança a perda de qualidade. Este aumento no tempo de permanência da semente no solo contribui ainda mais para a deterioração da semente já que fatores como: condições

inadequadas de luminosidade, temperaturas sub ou supra-ótimas, presença de gases prejudiciais, condições osmóticas desfavoráveis, toxidade química resultante do uso excessivo de defensivos agrícolas, alta incidência de microorganismos, insetos ou roedores, propriedades adversas do solo, além de outras formas de estresse podem direta ou indiretamente contribuir para a deterioração destas sementes (KHAN et alii, 1976 e KHAN, et alii, 1980/81).

A resistência das sementes de alta qualidade às condições adversas de campo e a conseqüente germinação e produção de plantas têm grande importância na agricultura atual, fazendo com que as tentativas para resolução desses problemas constituam-se em objetivos básicos da pesquisa sobre vigor de sementes; esta vem procurando obter informações sobre o manejo de lotes durante o processamento e armazenamento de sementes, de modo a possibilitar a manutenção do alto vigor das sementes pelo maior período de tempo possível (EIRA, 1988).

Vários estudos têm sido realizados com o intuito de diminuir esse período de tempo entre a semeadura e a emergência, fazendo com que as sementes não fiquem submetidas às condições adversas do solo (KHAN et alii, 1976; HEYDECKER & COOLBEAR, 1977; TONKIN, 1979; KHAN, 1980; TONKIN, 1984 e BRADFORD, 1986). Tratamentos como incubação das sementes sob umidade alta e temperatura baixa, exposição das sementes a ciclos de hidratação/secagem (referidos como "hardening" ou "aduaning"), tratamentos osmóticos, tratamentos físicos (como escarificação química ou mecânica do tegumento), peletização e tratamentos

químicos com protetores como defensivos, nutrientes e reguladores de crescimento, têm na maioria das vezes se mostrado eficientes. Entretanto, dentre todos, o condicionamento osmótico (também denominado "priming" ou "envigoramento") mostrou-se o mais promissor (KHAN et alii, 1976).

A técnica de condicionamento desenvolvida por HEYDECKER et alii (1973 e 1975), consiste basicamente em submeter as sementes a um período de pré-embebição, em condições favoráveis para que sejam cumpridas algumas fases da germinação nestas condições e posteriormente suas radículas possam emergir mais rapidamente que o normal.

A germinação é definida como sendo a retomada do crescimento e desenvolvimento do embrião da semente, após um período de quiescência, que se inicia com a absorção de água (POPINIGIS, 1977; BEWLEY & BLACK, 1983; CARVALHO & NAKAGAWA, 1983; YOUNG et alii, 1983 e BEWLEY & BLACK, 1985).

Após a embebição, ocorrem, no interior da semente, diversas mudanças físico-químicas, que foram colocadas em diferentes seqüência por vários autores dedicados ao estudo da germinação, dependendo do tipo de abordagem. POPINIGIS (1977), citou duas seqüências de fases, uma do ponto de vista puramente fisiológico que compreenderia: embebição; alongamento de células; divisão celular; diferenciação das células em tecidos. Sob o aspecto físico-químico, esse autor considera as seguintes fases: embebição; aumento de respiração; formação de enzimas; digestão enzimática das reservas; mobilização e transporte das reservas; assimilação metabólica; crescimento e diferenciação dos tecidos.

Essas divisões, no entanto, servem apenas para o estudo detalhado do processo; porque diferentes partes da semente embebem água com velocidades distintas e, numa mesma semente, as diversas fases podem estar ocorrendo simultaneamente..

A germinação inicia-se pela embebição, que é um processo físico relacionado com as propriedades dos colóides e sua extensão depende da composição química da semente, da permeabilidade do tegumento, da disponibilidade de água no ambiente, da área de contato semente/água, da temperatura, da pressão hidrostática e da condição fisiológica da semente (POPINIGIS, 1977; COPELAND, 1976; MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1982; CARVALHO & NAKAGAWA, 1983; LABOURIAU, 1983 e YOUNG et alii, 1983).

A fase de embebição constitui-se numa etapa crítica do processo de germinação. Em condições de baixa disponibilidade de água, onde esta é suficiente apenas para iniciar o processo, o embrião não terá condições para se desenvolver normalmente e a percentagem de germinação pode ser severamente reduzida. Por outro lado, os estágios iniciais da germinação podem ocorrer em condições de excesso de umidade, embora a manutenção desta condição não seja adequada para todo o processo (COPELAND, 1976).

BEWLEY & BLACK (1978), apresentam a embebição da semente num padrão trifásico. A fase I (embebição) caracterizada por uma rápida entrada de água no interior da semente, simplesmente por diferença do potencial osmótico entre a semente e o substrato. Esta fase, ocorre tanto em tecidos vivos como nos

tecidos mortos e é portanto, independente da atividade metabólica da semente, ainda que o metabolismo comece rapidamente em consequência desta hidratação. A fase II é um período no qual ocorre uma menor velocidade de embebição, já que o potencial hídrico da semente e do substrato se aproximam. A maior parte dos eventos metabólicos que tomam parte na preparação para a germinação como ativação de enzimas e digestões enzimáticas das reservas, indubitavelmente, ocorrem nesta fase. A fase III, é caracterizada pelo aumento na velocidade de embebição e pelo crescimento visível do eixo embrionário. Nesta fase, ocorre a assimilação metabólica das substâncias preparadas na fase II, para formar o citoplasma, o protoplasma e as paredes celulares permitindo o crescimento do eixo embrionário.

Para que atinja a fase III e haja o início visível da germinação, a semente em embebição deve atingir um determinado conteúdo de água (HUNTER & ERICKSON, 1952; BURCH & DELOUCHE, 1959 e BEWLEY & BLACK, 1983), nesta ocasião, as três fases ocorrem simultaneamente..

Desde que o processo de germinação tenha sido iniciado, as sementes apresentam uma fase de tolerância à dessecação, gradualmente decrescente a partir da fase I, assim, a desidratação durante esta etapa não provoca injúrias definitivas ao embrião, de modo que o fornecimento subsequente de água ainda permite a continuidade da germinação. No entanto, a partir da transição entre as fases II e III (emergência da radícula) os danos provocados pela deficiência hídrica são irreparáveis (BEWLEY & BLACK, 1978).

A técnica do envigoramento consiste então, no controle da velocidade de embebição e do total de água absorvida, com a imersão das sementes em soluções aquosas de polietileno glicol (PEG) ou Manitol. Esta técnica tem permitido pelo ajuste do potencial hídrico da solução, que as sementes desenvolvam todos os processos fisiológicos iniciais em condições ambientes adequadas, sem atingir umidade suficiente para o alongamento de células e, conseqüentemente, para a emergência da radícula. Desta maneira, as sementes de menor vigor (mais lentas) nivelam-se qualitativamente com as de maior vigor (mais rápidas) durante a embebição controlada, sendo portanto, a germinação subsequente mais uniforme, mesmo em condições desfavoráveis. A técnica permite tanto o desdobramento de reservas alimentícias quanto a síntese de materiais necessários à germinação, possibilitando que as sementes germinem mais rapidamente. Isso resulta em crescimento instantâneo, assim que o obstáculo à embebição é removido, isto é, quando as sementes são transferidas da solução osmótica para substrato ou solo suficientemente úmido. Além disso, as sementes submetidas ao envigoramento podem ser submetidas a secagem até atingirem seu conteúdo de água original, e armazenadas durante várias semanas com pequena perda do efeito do tratamento (HEYDECKER et alii, 1975).

O mesmo autor cita ainda outras vantagens da técnica, tais como:

a) Após a semeadura em condições de estresse, as sementes não permanecem intactas no solo durante longo período e portanto, são menos expostas em relação às não tratadas, o que resulta em

melhores estandes;

b) O condicionamento sob temperaturas apropriadas pode fazer com que sementes estejam aptas a germinar quando expostas a temperaturas mais baixas ou mais altas em relação à ótima;

c) Emergindo mais rapidamente, as plântulas poderão competir mais eficientemente com as invasoras e permitir que a aplicação de herbicidas de pós-emergência sejam mais eficientes;

d) Em climas quente, a água pode evaporar da superfície do solo, antes que as sementes tenham tempo suficiente para germinar, o que pode ser solucionado com o condicionamento osmótico das sementes, já que resulta em "germinação instantânea" após o plantio.

Outro fator que deve ser lembrado como grande vantagem do método, é que as sementes podem ser condicionadas sem nenhum equipamento especializado, passarem por secagem e armazenamento e serem semeadas usando máquinas convencionais (BRADFORD, 1986).

Para a execução da técnica, várias substâncias vem sendo pesquisadas. Segundo SLAVIK (1974), uma solução que esteja em contato com tecidos vivos deve ter várias propriedades importantes: - Não deve ser tóxica ou causar alterações estruturais em sementes; - O soluto não pode penetrar através do sistema de membranas das sementes; - O soluto não deve ser metabolizado pela planta nem estar sujeito a mudanças causadas por microorganismos durante a prolongada imersão do tecido na solução. Sacarose, sais de potássio, manitol e polietileno glicol são os solutos mais comumente utilizados, embora nenhum deles obedeça todas as regras.

Para THIMANN (1954) e JACKSON (1962), o manitol, um álcool hexanídrico de fórmula  $C_6H_{14}O_6$ , não é tóxico para as sementes e é um dos melhores produtos químicos a serem usados. Opiniões divergentes foram emitidas por NABORS & LANG (1971); SLAVIK (1974) e YOUNG et alii (1983), que consideram que o manitol pode penetrar nas sementes durante a germinação, apresentando inclusive fitotoxicidade.

Além do soluto, outros fatores devem ser considerados durante o pré-condicionamento para obtenção de condições favoráveis: a temperatura, a concentração da solução (potencial osmótico) e o período de embebição são muito importantes (HEYDECKER et alii, 1975).

Existem discordâncias entre alguns autores com relação a eficiência do tratamento em uma mesma espécie. Para HEYDECKER & COOLBEAR (1977), o fato se deve a grande quantidade de combinações experimentais que podem ser realizadas. Um outro fator que pode determinar as divergências nos resultados são as diferenças de qualidade fisiológica das sementes utilizadas nas diversas pesquisas (HEYDECKER et alii, 1975; HEYDECKER e COOLBEAR, 1977; GUEDES & CANTLIFFE, 1979; BODSWORTH & BEWLEY, 1981 e CANTLIFFE, 1981).

Quanto ao efeito da secagem e do armazenamento das sementes após o tratamento, existem divergências entre várias pesquisas. Inicialmente, a secagem foi considerada benéfica por HEYDECKER et alii (1975), e KHAN et alii (1978). Em trabalhos posteriores diversos autores consideraram que a secagem reverteu os efeitos benéficos do tratamento (HEYDECKER & COOLBEAR, 1977;

HEYDECKER, 1980 e BODSWORTH & BEWLEY, 1981). Entretanto, a maioria desses autores consideraram como reversão do tratamento a menor velocidade de germinação, devido ao período de tempo necessário para a reumbebição.

O prazo de manutenção dos ganhos obtidos com a preparação fisiológica necessita de investigações complementares. TILDEN & WEST (1985), relatam uma predisposição das sementes deterioradas reverterem os benefícios adquiridos no pré-tratamento, como resultado de transformações em seus componentes estruturais. Por outro lado, resultados promissores foram obtidos por KHAN et alii (1976) e GUEDES & CANTLIFFE (1980). Desta forma, estudos mais detalhados, principalmente quanto a embalagem, ambiente e período de armazenamento apropriados são necessários para elucidação desses efeitos.

Os objetivos da técnica do envigoramento referem-se a melhoria da qualidade fisiológica das sementes, atributo avaliado por testes de viabilidade e vigor. A viabilidade é avaliada, principalmente, pelo teste de germinação, no qual as sementes são colocadas sob condições ideais, buscando qualificar todo o potencial de germinação do lote. Por esse motivo, este teste geralmente superestima a germinação das sementes em relação à emergência em campo, já que inclui no resultado sementes com vigor insuficiente para emergir em condições sub ótimas ou desfavoráveis, como normalmente ocorre no campo (POPINIGIS, 1977).

O vigor representa atributos mais sutis de qualidade fisiológica, não revelados pelo teste de germinação. Várias

propostas para conceituação de vigor foram feitas, embora nenhuma tenha conseguido ser tão abrangente para englobar os vários significados do termo. Atualmente, os dois conceitos mais aceitos são os utilizados pela International Seed Testing Association - ISTA e pela Associação of Official Seed Analysts - AOSA.

O conceito utilizado pela ISTA foi proposto por PERRY (1978), considerando que "vigor de sementes é o conjunto de propriedades que determinam o potencial de atividade e desempenho de uma semente ou de um lote de sementes durante a germinação e emergência de plântulas". Já a conceituação da AOSA, proposta por MCDONALD JUNIOR (1980), estabelece que "vigor é o conjunto de características ou propriedades que determinam o potencial para uma emergência rápida e uniforme sob ampla diversidade de condições de ambiente".

Segundo HEYDECKER (1972), o vigor de sementes pode se expressar, de modo geral, de quatro maneiras: sobrevivência durante a fase quiescente, sobrevivência no campo, capacidade de estabelecer plântulas e capacidade de crescer. Ainda segundo este pesquisador, o nível de vigor na semente pode ter causa genética, fisiológica, morfológica, citológica, mecânica ou microbiótica.

Devido ao grande número de fatores que, isoladamente ou em interação, podem influenciar o vigor de sementes, diversos testes têm sido idealizados procurando avaliar e correlacionar com precisão o comportamento de lotes de sementes no laboratório e no campo. POPINIGIS (1977), classifica estes testes em diretos e indiretos. Os testes diretos simulam em laboratório condições que possam ocorrer no campo, e indiretos avaliam atributos

fisiológicos das sementes relacionados com o vigor. Já WOODSTOCK (1973), classifica os testes de vigor em fisiológicos e bioquímicos

A AOSA (1983), considera o teste de estresse como um método de determinação de vigor. Este teste consiste em submeter a semente a uma ou mais condições de estresse de ambiente que ela poderia encontrar no solo. Os testes normalmente envolvem o monitoramento de alguns aspectos de germinação onde somente as condições de estresse variam. Essas condições podem incluir temperatura e umidade relativa altas como no teste de envelhecimento precoce, baixa temperatura como no teste de frio ou submeter as sementes a estresse osmótico usando soluções apropriadas. Nestes testes, as sementes são submetidas a essas condições durante a embebição, sendo que a germinação permanece como critério de avaliação.

Diferentes espécies apresentam sensibilidade variada ao estresse; uma condição ambiental pode ter efeito de estresse sobre uma determinada espécie e não sobre outra, dependendo da constituição genética e também da constituição fisiológica da semente. Assim, lotes diferentes de um mesmo cultivar podem ter diferenças de sensibilidade ao estresse, caso tenham qualidades fisiológicas diferentes, com os lotes de baixo vigor apresentando menor desenvolvimento e velocidade de crescimento reduzida em relação aos lotes de maior vigor (POLLOCK & MANALO, 1971; PERRY, 1973; HEYDECKER, 1980 e AOSA, 1983).

A sensibilidade de diversas espécies à deficiência hídrica têm sido destacada na literatura, JENSEN (1971),

verificou, com algodão (*Gossypium hirsutum* L.), que o número de plântulas emergidas decrescem progressivamente à medida que as tensões de água do solo superam 4 atm; a emergência não ocorreu com tensões superiores a 12 atm; confirmando a teoria, a velocidade de germinação foi afetada precocemente, ou seja, quando as tensões superaram a 2 atm. HUNTER & ERICKSON (1972), constataram que sementes de milho (*Zea mays* L.) não germinaram quando a tensão da água no solo superou 12,5 atm; para arroz (*Oryza sativa* L.) o fato ocorreu quando este valor ultrapassou 7,9 atm; para soja (*Glycine max* (L.) Merrill), 6,6 atm. MAGALHÃES & CARELLI (1972), verificaram que, em sementes de feijão, pressões osmóticas superiores a 3,5 atm provocaram redução da percentagem e velocidade de germinação.

Outro fator que pode causar estresse durante o processo de germinação é a temperatura. Os efeitos da temperatura sobre a germinação podem ser expressos em termos de temperaturas cardinais: máxima, ótima e mínima. A temperatura ótima poderia ser definida como aquela na qual ocorre a maior quantidade de germinação no menor espaço de tempo, a mínima, aquela abaixo da qual não haveria germinação por um espaço de tempo razoável e a máxima, aquela acima da qual não há germinação. Os valores destes pontos críticos podem variar em função da condição fisiológica da semente, presença de dormência, da espécie e cultivar, da condição climática na qual a semente foi produzida (COPELAND, 1976 e POPINIGIS, 1977).

A temperatura tem influência sobre o processo de germinação, tanto no que se refere a quantidade como na

velocidade de germinação, já que influencia diretamente sobre a velocidade de absorção de água, como por afetar também as reações bioquímicas que determinam o processo (GULLIVER & HEYDEKER, 1973).

Com relação a percentagem de germinação, temperaturas crescentes tendem a estimular a germinação até certo limite onde o efeito da temperatura se inverte e a germinação começa a cair, até que o ponto da temperatura máxima é atingida, além do qual nenhuma semente germina. Os efeitos deste fator sobre a velocidade diferem daqueles observados para a quantidade de germinação. O ótimo para velocidade é sempre um pouco mais alto do que para o total de germinação. Temperaturas acima da ótima aceleram a velocidade do processo, mas desorganizando-o, de modo que o número de sementes que conseguem completá-lo vai caindo rapidamente (GULLIVER & HEYDECKER, 1973).

Um outro tipo de estresse ao qual as sementes são expostas durante a germinação se refere a altas concentrações de sais no solo, tanto pelo efeito osmótico produzido como pelo efeito tóxico dos ions (EL-SHARKAWI & SPRINGUEL, 1979; HEYDECKER, 1980; BEWLEY & BLACK, 1983 e MAYER & POLJAKOFF-MAYBER, 1982).

Em muitos estudos sobre salinidade, especialmente aqueles relacionados com germinação, uma simples solução de cloreto de sódio é usada como substrato osmótico (PALMER et alii 1969; WILLIAMS & UNGAR, 1972 e UDOVENCO & ALEKSEEVA, 1973). Nestes estudos, observaram que a velocidade e porcentagem de germinação decrescem com o aumento da salinidade. Por outro lado, tem sido observado estimulação de germinação e crescimento de

algumas espécies quando submetidas a baixa salinidades (UNGAR, 1962 e BARBOUR, 1970).

Trabalhos de simulação de estresse salinico têm sido realizados a potenciais osmóticos próximos a - 4 atm, usando principalmente o cloreto de sódio na concentração de 0,1 Molar (GRAY & STECKEL, 1976; KHAN et alii, 1976 e SCORER et alii, 1985).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram conduzidos no Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Escola Superior de Agricultura de Lavras, em Lavras, Minas Gerais, no ano de 1990.

Utilizou-se sementes fiscalizadas de algodão da cultivar IAC-20, provenientes do Norte de Minas Gerais.

Após a recepção em setembro de 1989, as sementes foram agrupadas e homogeneizadas obtendo-se uma única amostra composta, acondicionadas em embalagem porosa e armazenadas em condições normais de ambiente. Em seguida, foram recolhidas pequenas amostras para a realização das determinações preliminares (umidade, pureza, germinação e sanidade). O trabalho foi realizado em duas etapas. A primeira etapa foi realizada durante o mês de janeiro de 1990 e a segunda durante os meses de setembro e outubro de 1990.

#### 3.1. Primeira etapa

##### 3.1.1. Condicionamento osmótico das sementes

As sementes foram submersas em soluções de manitol com diversas concentrações (potenciais osmóticos) por diversos tempos constituindo os tratamentos apresentados na tabela I.

TABELA I - Tratamento relativo ao condicionamento osmótico das sementes de algodão. ESAL, Lavras-MG, 1990.

TRATAMENTOS	POTENCIAL OSMÓTICO DA SOLUÇÃO		TEMPO EM HORAS
	concentração mol/l	Pot. osmótico (atm)	
1	0,25	-6	12
2	0,25	-6	24
3	0,25	-6	48
4	0,25	-6	72
5	0,25	-6	96
6	0,25	-6	120
7	0,37	-9	12
8	0,37	-9	24
9	0,37	-9	48
10	0,37	-9	72
11	0,37	-9	96
12	0,37	-9	120
13	0,50	-12	12
14	0,50	-12	24
15	0,50	-12	48
16	0,50	-12	72
17	0,50	-12	96
18	0,50	-12	120
19	Sem condicionamento		

### 3.1.1.1. Preparo das soluções de manitol

Para se obter as concentrações das soluções de manitol relativas aos potenciais osmóticos de -6, -9 e -12 atms requeridos nos tratamentos, utilizaram-se a fórmula de Vant'Hoff, ou seja:

$$Y_{osm} = - RTC, \text{ onde}$$

$Y_{osm}$  = Potencial osmótico (atmosferas);

R = Constante geral dos gases =  $0,082 \text{ (atm.l.mol}^{-1}.\text{°K}^{-1}\text{)}$ ;

T = Temperatura em  $\text{°K}$ ;

C = Concentração (mol/l);

Desta maneira, utilizando o manitol de peso molecular 182,17 g a uma temperatura constante de  $20^{\circ}\text{C}$  ( $293^{\circ}\text{K}$ ) as soluções de manitol de -6, -9 e -12 atm tiveram concentrações de 0,25 mol/l (45,54 g/litro); 0,37 mol/l (68,31 g/litro) e 0,50 mol/l (91,08 g/litro) respectivamente.

Estas soluções foram preparadas misturando-se no interior de balões volumétricos 1,2 litros de água destilada com a quantidade respectiva de manitol para cada potencial osmótico, com agitação manual até a completa homogeneização.

### 3.1.1.2. Processo do condicionamento osmótico

Para cada tratamento tomaram-se, aleatoriamente, amostras com 900 sementes, as quais foram submersas em soluções de manitol no interior de caixas tipo "Gerbox", com auxílio de uma tela de arame (usada no teste de envelhecimento precoce), que

as pressionava para o fundo. Os Gerbox foram tampados e colocados em germinador regulado para manter temperatura constante de 20°C, e em presença de luz. Decorridos cada tempo de condicionamento, as sementes foram retiradas, colocadas em peneiras e lavadas em água corrente durante 1 (um) minuto. Posteriormente, foram espalhadas uniformemente sobre 2 folhas de papel toalha e deixadas em condições normais de ambiente do Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura, durante 24 horas para secagem.

### 3.1.2. Avaliação dos efeitos dos Métodos de condicionamento

As sementes após receberem a secagem, foram submetidas a testes para avaliação dos efeitos dos métodos de condicionamento sobre a germinação. Para tanto, foram usados os testes: Padrão de germinação, germinação sob estresse hídrico, germinação sob estresse térmico e germinação sob estresse salino. Foram utilizadas 150 sementes distribuídas em seis repetições de 25 sementes em cada teste. Cada conjunto de 50 sementes representou uma das 3 repetições adotadas no delineamento estatístico.

#### 3.1.2.1. Teste Padrão de Germinação

Como substrato utilizou-se rolo de papel toalha umedecido com água na quantidade de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos contendo as sementes foram mantidos em germinador regulado

à temperatura constante de 25°C. Após 4 dias, foi realizada uma contagem, considerando apenas as plântulas normais, seguindo critérios das Regras para análise de Sementes. (BRASIL, 1980)

#### 3.1.2.2. Teste de Germinação sob estresse hídrico

A metodologia seguida foi semelhante à descrita em 3.1.2.1. para o teste padrão de germinação, sendo porém, o substrato umedecido com solução de manitol de potencial osmótico igual a -4 atm, simulando condição de estresse hídrico, durante a germinação.

O preparo da solução de manitol usada para umedecimento do substrato foi realizado conforme descrito no item 3.1.1.1., considerando neste caso, a temperatura de 25°C (298°K).

#### 3.1.2.3. Testes de germinação sob estresse salino

A metodologia seguida para a realização destes testes foi semelhante à descrita no item 3.1.2.1, sendo porém, o substrato umedecido com solução de cloreto de sódio com concentração correspondente a -4 atm's, calculado pela fórmula de Vant'Hoff.

#### 3.1.2.4. Teste de germinação sob estresse térmico

A metodologia utilizada foi semelhante à descrita no item 3.1.2.1., alternando-se apenas a temperatura do germinador

que neste caso foi mantida em 35°C constante.

### 3.1.3. Delineamento estatístico

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado com 3 repetições, sendo as análises de variância realizadas para cada teste segundo os esquemas abaixo:

a) Esquema da análise de variância dos dados obtidos nas avaliações de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) submetidas a diversos métodos de condicionamento osmótico, e um tratamento adicional constituído de sementes sem condicionamento.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL
Condicionamentos	18
Resíduo	38
TOTAL	56

As médias foram comparadas pelo teste de agrupamento de médias de SCOTT KNOTT ao nível de 5% de probabilidade.

b) Esquema da análise de variância em fatorial 3 x 6, dos dados obtidos nas avaliações de sementes de algodão submetidas a submersão em soluções com 3 diferentes potenciais osmóticos por 6 diferentes tempos.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL
Tempos de submersão (TS)	5
Potencial osmótico da solução (PO)	2
T.S. X P.O.	10
Resíduo	36
TOTAL	53

As médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados em percentagem foram transformados em  $\arcsin x/100$ .

### 3.2. Segunda Etapa

Nesta segunda etapa utilizou-se o mesmo material e metodologias semelhantes a aquelas usadas na primeira etapa para o condicionamento das sementes e preparo das soluções, variando apenas as concentrações das soluções de manitol e os tempos de submersão das sementes. Na avaliação dos resultados considerou-se o índice de velocidade de germinação e a percentagem de plântulas normais germinadas.

### 3.2.1. Condicionamento osmótico das sementes.

As sementes foram submersas em soluções de manitol com diversas concentrações, por intervalos de tempo variados constituindo os tratamentos apresentados na tabela II.

#### 3.2.1.1. Preparo das soluções de manitol

As soluções foram preparadas conforme descrito no item 3.1.1.1. variando as concentrações que neste caso foram as seguintes:

- a) Água destilada correspondendo a 0 atm de potencial osmótico.
- b) 0,125 mol/l ou 22,28g/litro de manitol, em água destilada correspondendo a -3 atm de potencial osmótico.
- c) 0,25 mol/litro ou 45,54 g/litro de manitol em água destilada, correspondendo a -6 atm de potencial osmótico.

#### 3.2.1.2. Processo do condicionamento osmótico

Foi realizado com aproximadamente 2.000 sementes para cada tratamento, seguindo a mesma técnica utilizada no item 3.1.1.2.

3.1.1.2.

TABELA II - Tratamentos relativos ao condicionamento osmótico de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), etapa II.ESAL, Lavras-MG, 1990.

TRATAMENTOS	POT. OSMÓTICO DA SOLUÇÃO		TEMPO DE EMBEBIÇÃO (h)
	concentr.mol/l	Pot. osmótico (atm)	
1	0	0	3
2	0	0	6
3	0	0	9
4	0	0	12
5	0,125	-3	3
6	0,125	-3	6
7	0,125	-3	9
8	0,125	-3	12
9	0,25	-6	3
10	0,25	-6	6
11	0,25	-6	9
12	0,25	-6	12
13	Sem condicionamento		

### 3.2.2. Avaliação dos efeitos dos métodos de condicionamento

Após a secagem, as sementes foram colocadas para germinar sob condições ideais e sob condições de estresse térmico, hídrico e salino. Em cada teste utilizou-se 200 sementes distribuídas em 8 repetições de 25. A média de duas repetições

representou uma parcela do ensaio.

A partir do primeiro dia após a instalação dos testes foram realizadas avaliações diárias, que constaram da contagem e eliminação das plântulas normais que apresentavam comprimento de radícula igual ou superior a 3 cm. Após 4 dias de contagens, foram calculados o percentual de germinação considerando o total de plântulas normais, e o índice de velocidade de germinação pela fórmula proposta por MAGUIRE (1962), ou seja:

$$IVG = \sum \frac{G}{T}$$

Onde:

IVG = Índice de velocidade de germinação

G = Número de plântulas emergidas a cada dia

T = Número de dias até a contagem.

### 3.2.2.1. Teste de Germinação sob condições ideais

Utilizou-se rolos de papel toalha umedecido com água destilada na quantidade de 2,3 vezes o peso do papel. Os rolos contendo as sementes foram mantidos em germinador regulado à temperatura constante de 25°C (BRASIL, 1980).

### 3.2 2.2. Teste de germinação sob estresse hídrico

A instalação do teste foi semelhantes à descrita no item 3.2.2.1., com uma modificação: o substrato foi umedecido com

solução de manitol de 29,15 g/litro simulando uma condição de estresse hídrico de -4 atm's, calculados pela fórmula de Vant'Hoff.

### 3.2.2.3 Teste de Germinação sob estresse salino

A instalação e avaliação do teste foram semelhantes às descritas no item 3.2.2.1., com uma modificação: - o substrato foi umedecido com solução de cloreto de sódio de concentração 4,79 g/litro, simulando uma condição de estresse salino de -4 atm's, calculado pela fórmula de Vant'Hoff.

### 3.2.2.4. Teste de germinação sob estresse térmico

A instalação e avaliação do teste foram semelhantes às descritas no item 3.2.2.1., com uma modificação: - os rolos de papel contendo as sementes foram mantidos em germinador regulado à temperatura constante de 35°C.

### 3.2.3. Delineamento estatístico

O delineamento estatístico, utilizado foi o inteiramente casualizado com 4 repetições. As análises de variância foram realizadas para cada teste segundo os esquemas abaixo:

a) Esquema da análise de variância dos dados obtidos, de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a diversos métodos de condicionamento osmótico, e um tratamento com sementes sem condicionamento.

CAUSAS DE VARIAÇÕES	GL
Condicionamentos	12
Resíduo	39
TOTAL	51

b) Esquema da análise de variância em fatorial 3 x 4, dos dados obtidos em laboratório, de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a submersão em soluções com 3 diferentes potenciais osmóticos, por 4 diferentes tempos. ESAL, Lavras.

CAUSAS DE VARIAÇÃO	GL
Potencial osmótico da solução	2
Tempo de submersão	3
P.Q. x T.S.	6
Resíduo	36
TOTAL	47

As médias foram comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados em percentagem foram transformados para  $\arcsin \frac{x}{100}$ .

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O quadro 1 apresenta os resultados obtidos nas determinações preliminares com o lote de sementes.

QUADRO 1 - Valores percentuais médios relativos a umidade, pureza, germinação e sanidade obtidos nas determinações preliminares efetuadas em uma amostra de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.). ESAL, Lavras-MG, 1990.

---

TESTES	VALORES MÉDIOS (%)
Teor de umidade	11,50
Percentagem de pureza	97,00
Percentagem de germinação	35,00
Sanidade - <i>Aspergillus</i> sp.	12,00
- <i>Colletotrichum gossypii</i>	0,25
- <i>Fusarium</i> sp.	1,50
- <i>Penicillium</i> sp.	0,50

---

Os resultados relativos ao teor de umidade e pureza física apresentaram-se dentro dos padrões estabelecidos para a espécie em Minas Gerais. (SECRETARIA DA AGRICULTURA - CESM-MG, 1985).

A baixa qualidade fisiológica do lote indicada pelos resultados do teste padrão de germinação, contribuiu para que os efeitos dos métodos de condicionamento osmótico pudessem ser melhor observados.

Com relação ao aspecto de sanidade das sementes, foi notada a presença destacada de fungos de armazenamento, do gênero *Aspergillus* spp.. Os fungos patogênicos à espécie apresentaram-se em níveis relativamente baixos.

Estão apresentados no quadro 1A os dados relativos a análises de variância obtidos nos testes de avaliação da qualidade das sementes de algodão submetidas a diversos métodos de condicionamento osmótico em comparação com sementes sem condicionamento.

As análises mostraram diferenças significativas na qualidade das sementes quando submetidas aos diferentes métodos de condicionamento em todos os testes adotados para avaliação.

O quadro 2 apresenta os percentuais médios de plântulas normais germinadas detectadas pelos testes: padrão de germinação, estresse térmico, estresse hídrico e estresse salino, nas sementes submetidas aos diversos tratamentos para condicionamento de sementes de algodão, em comparação com sementes não condicionadas, submetidas aos mesmos testes, na primeira etapa.

QUADRO 2 - Valores percentuais médios de plântulas normais detectados pelos testes: padrão de germinação, estresse térmico, estresse hídrico e estresse salino em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a 18 métodos de condicionamento em comparação com sementes não condicionadas. Etapa 1. ESAL, Lavras, 1990.

TRATAMENTO	MÉTODOS DE CONDICIONAMENTO			TESTES		
	POTENCIAL OSMÓTICO (atm)	TEMPO EM HORAS	TPG	ESTRESSE TÉRMICO	ESTRESSE HÍDRICO	ESTRESSE SALINO
1	-6	12	74,00 A	73,33 A	60,00 B	72,00 A
2	-6	24	62,00 A	47,33 C	51,33 C	52,66 B
3	-6	48	44,00 B	26,00 D	28,00 E	43,33 C
4	-6	72	70,00 A	65,33 B	64,66 B	50,66 C
5	-6	96	47,33 B	30,66 D	26,00 E	34,00 C
6	-6	120	61,33 A	72,00 A	49,33 C	37,33 C
7	-9	12	68,00 A	80,00 A	78,66 A	72,00 A
8	-9	24	61,33 A	42,00 C	48,00 C	54,66 B
9	-9	48	57,33 A	50,00 C	30,66 E	48,66 C
10	-9	72	64,00 A	58,00 B	62,00 B	58,00 B
11	-9	96	53,33 B	61,33 B	40,00 D	40,00 C
12	-9	120	57,33 A	40,00 C	42,66 D	38,00 C
13	-12	12	56,33 A	80,00 A	66,66 B	68,66 A
14	-12	24	70,00 A	42,00 C	49,33 C	58,00 B
15	-12	48	66,00 A	57,33 B	48,00 C	64,66 A
16	-12	72	62,00 A	56,00 B	65,33 B	60,00 B
17	-12	96	47,33 B	50,66 C	34,00 E	44,66 C
18	-12	120	52,00 B	64,66 B	51,33 C	38,66 C
19	Sem condicionamento		30,00 C	50,66 C	32,66 E	38,00 C

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias de SCOTT KNOTT, ao nível de 5% de probabilidade.

Com base nos resultados apresentados no quadro 2, foram discutidas apenas as diferenças encontradas entre os percentuais médios de plântulas normais das sementes que não foram submetidas a condicionamento osmótico, em comparação com as sementes condicionadas, com o objetivo de demonstrar os efeitos dos diversos tratamentos em relação a uma testemunha.

Nota-se pelos resultados, que as sementes de algodão que não foram submetidas ao condicionamento osmótico, mostraram percentuais médios de plântulas normais equivalentes ou inferiores àqueles encontrados para sementes previamente condicionadas, em todos os testes de avaliação.

Pelo teste padrão de germinação, a diferença verificada entre o método de condicionamento osmótico que apresentou maior percentual de plântulas normais em comparação com o resultado apresentado pelas sementes sem condicionamento foi de 44 pontos percentuais. Já pelo teste de germinação sob estresse térmico, esta diferença foi de 29,34 pontos. Sob estresse hidrico, de 46,00 pontos e sob estresse salino, de 34,00 pontos.

Observou-se ainda que os maiores percentuais de plântulas normais foram verificados quando as sementes eram submersas por um período de 12 horas.

Estes resultados são coerentes com afirmações de HEYDECKER et alii (1975), que cita como uma das vantagens da técnica os melhores standes conseguidos por sementes submetidas ao condicionamento osmóticos mesmo em condições de estresse em relação às sementes não condicionadas.

No quadro 2A são apresentados os resumos das análises de variância dos dados obtidos nos testes Padrão de germinação, estresse térmico, estresse hídrico e estresse salino, em esquema fatorial, considerando como fatores os três potenciais hídricos das soluções e os seis tempos de embebição.

Observa-se que as sementes colocadas a germinar sob estresse hídrico e estresse salino mostraram diferenças para os diversos potenciais osmóticos das soluções de embebição. Os efeitos dos tempos de embebição das sementes foram observados em todos os testes de avaliação. A interação dos efeitos dos potenciais osmóticos e tempos de embebição não induziram a diferenças significativas apenas no teste de estresse salino. Estes resultados, indicaram que houveram diferenças entre benefícios induzidos pelos métodos de condicionamento osmótico em todas as condições nas quais foram avaliadas as sementes.

No quadro de 3 a 6, estão apresentados os percentuais médios de plântulas normais detectados pelo teste padrão de germinação; estresse térmico, hídrico e salino em sementes de algodão submetidas à embebição em soluções com potenciais osmóticos de -6, -9 e -12 atm's por 12, 24, 48, 72, 96 e 120 horas. Nestes casos, foram discutidos os efeitos dos fatores: tempo de embebição, potencial osmótico da solução e a interação deles sobre as amostras de sementes submetidas a condicionamento.

QUADRO 3 - Percentuais médios de plântulas normais detectadas pelo teste padrão de germinação em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a embebição em soluções com diversos potenciais osmóticos por diferentes tempos. ESAL - LAVRAS - 1990.

POTENCIAL OSMOTICO atm	TEMPOS DE EMBEBIÇÃO (horas)						
	12	24	48	72	96	120	$\bar{x}$
-6	74,00Aa	62,00Aa	44,00Bb	70,00Aa	47,33Ab	61,33Aab	59,77A
-9	68,00Aa	61,33Aa	57,33ABa	64,00Aa	53,33Aa	57,33Aa	60,22A
-12	66,00Aab	70,00Aa	66,00Aab	62,00Aab	47,33Ab	52,00Ab	60,55A
$\bar{x}$	69,33a	64,44ab	55,77b	65,33ab	49,33b	56,88b	60,18

As médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Pelo teste padrão de germinação, foram detectadas diferenças com relação ao potencial osmótico da solução usada para a embebição das sementes apenas no tempo de 48 horas, que apresentou resultado inferior aos demais que foram iguais entre si. Nos demais tempos, a variação do potencial osmótico não

induziu diferenças significativas. Os percentuais médios de plântulas normais também não foram diferentes com relação ao tempo de embebição, quando as sementes foram submersas em solução com  $-9$  atm's.

No potencial osmótico de  $-6$  atm's, os tempos de 12, 24 e 72 horas apresentaram percentuais médios superiores aos tempos de 48, 96 e 120 horas, e os dois grupos foram iguais entre si.

Sementes submetidas ao condicionamento em soluções com potencial osmótico de  $-12$  atm's apresentaram resultados semelhantes para os tempos de embebição de 12, 24, 48 e 72 horas, que foram superiores àqueles apresentados nos tempos de 96 e 120 horas.

De uma maneira geral, as sementes submersas condicionadas por 12 horas obtiveram os maiores percentuais médios de plântulas normais. Nas submersões por 24 e 72 horas, os resultados foram semelhantes ao maior, embora com tendência a se igualar àqueles obtidos nos tempos de 48, 96 e 120 horas., que foram os menores.

Com relação aos diversos potenciais osmóticos, as médias gerais de plântulas normais não apresentaram diferenças significativas.

QUADRO 4 - Percentuais médios de plântulas normais detectados pelo teste de estresse térmico em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a embebição em soluções com diferentes potenciais osmóticos por diferentes tempos. ESAL - LAVRAS - 1990.

POTENCIAL OSMOTICO atm	TEMPOS DE EMBEBIÇÃO (horas)						
	12	24	48	72	96	120	$\bar{x}$
-6	73,33Aa	47,33Ab	26,00Bc	63,33Aab	30,66Bbc	72,00Aa	52,44A
-9	80,00Aa	42,00Ac	50,00Abc	58,00Abc	61,33Ab	40,00Bc	55,22A
-12	80,00Aa	42,00Ac	57,33Abc	56,33Abc	50,66Abc	64,66Aab	58,44A
$\bar{x}$	77,77a	43,77c	44,44c	59,77b	47,55c	58,88b	58,60

As médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Nota-se, pelo quadro 4, que as sementes submersas por 12 horas obtiveram as melhores médias independente do potencial osmótico da solução de embebição utilizada. Nos demais tempos observaram-se reduções no potencial de germinação das sementes em relação ao tempo de 12 horas, com exceção das sementes condicionadas por 72 horas em solução com potencial osmótico de -6 atm's e 120 horas em soluções com potenciais osmóticos de -12 e -6 atm's, as quais apresentaram percentagens de germinação equivalentes.

De uma maneira geral, as sementes submersas por 12 horas apresentaram o maior percentual médio de plântulas normais, seguido daquelas condicionadas por 72 e 120 horas, que apresentaram resultados iguais entre si. As sementes submersas por 24, 48 e 96 horas apresentaram os menores percentuais médios de plântulas normais.

Os potenciais osmóticos das soluções de embebição não induziram diferenças no percentual de plântulas normais quando analisados independentemente dos tempos de embebição.

QUADRO 5 - Percentuais médios de plântulas normais detectados pelo teste de estresse hídrico em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a embebição em soluções com 3 diferentes potenciais osmóticos por 6 diferentes tempos. ESAL - LAVRAS - 1990.

POTENCIAL OSMOTICO atm	TEMPOS DE EMBEBIÇÃO (horas)						
	12	24	48	72	96	120	$\bar{x}$
-6	60,00Bab	51,33Aab	28,00Bc	64,66Aa	26,00Bc	49,33Ab	46,55B
-9	78,66Aa	48,00Abc	30,66Bc	62,00Ab	40,00Ac	42,66Ac	50,33AB
-12	66,00Ba	49,33Ab	48,00Ab	65,33Aa	34,00Bc	51,33Aab	52,44A
$\bar{x}$	68,44a	49,55b	35,55c	64,00a	33,33c	47,77b	49,77

As médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No quadro 5, observa-se, que no potencial osmótico de -6 atm's as sementes embebidas por 72 horas apresentaram os maiores potenciais médios de plântulas normais. As sementes embebidas por 12 e 24 horas apresentaram resultados semelhantes, embora com tendência a se igualarem às sementes com 120 horas de embebição, que apresentaram resultados intermediários. As sementes submetidas aos tempos de embebição de 48 e 96 horas obtiveram resultados inferiores às demais e iguais entre si. No potencial de -9 atm's, as sementes embebidas por 12 horas apresentaram os melhores resultados. No tempo de 72 horas, os resultados foram intermediários e semelhantes àqueles apresentados no tempo de 24 horas, embora este último tempo tenha apresentado tendência de se igualar aos piores resultados que foram apresentados nos tempos de 48, 96 e 120 horas.

No potencial de -12 atm's, os melhores resultados foram observados nos tempos de 12, 72 e 120 horas, embora os resultados do tempo de 120 horas apresentassem tendência de se igualarem aos resultados dos tempos de 24 e 48 horas que foram intermediários e iguais entre si. No tempo de 96 horas, foram observados os piores resultados.

Nos tempos de 24, 72 e 120 horas, os diferentes potenciais osmóticos das soluções de embebição não induziram diferenças significativas.

Nos tempos de 12 e 96 horas, os melhores resultados foram apresentados quando as sementes foram submersas em solução com potencial osmótico de -9 atm's. Nos potenciais de -6 e -12 atm's, os resultados foram semelhantes. Já no tempo de 48 horas,

os melhores resultados foram apresentados no potencial osmótico de -12 atm's, seguidos dos resultados dos potenciais de -6 e -9 atm's que foram iguais entre si.

Observa-se, de uma maneira geral, que nos tempos de 12 e 72 horas foram obtidos os melhores resultados. Sementes condicionadas por 24 e 120 horas alcançaram resultados intermediários, enquanto aquelas submersas por 48 e 96 horas tiveram os mais baixos percentuais médios de plântulas normais. Com relação aos efeitos dos potenciais osmóticos, nota-se que os resultados foram decrescendo à medida que decresceram as restrições hídricas das soluções.

QUADRO 6 - Percentuais médios de plântulas normais detectados pelo teste de estresse salino em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a embebição em soluções com 3 diferentes potenciais osmóticos por 6 diferentes tempos. ESAL - Lavras - 1990.

POTENCIAL OSMÓTICO atm	TEMPOS DE EMBEBIÇÃO (horas)						$\bar{x}$
	12	24	48	72	96	120	
-6	72,00	52,66	43,33	50,66	34,00	37,33	48,33B
-9	72,00	54,66	48,66	58,00	40,00	38,00	51,88AB
-12	68,66	58,00	64,66	60,00	44,66	38,66	55,88A
$\bar{x}$	70,88a	55,11b	52,22b	56,44b	39,55c	38,00c	52,03

As médias seguidas da mesma letra maiúscula nas colunas e minúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Pelo quadro 6, observa-se que, de uma maneira geral, os resultados obtidos pelas sementes condicionadas por 12 horas foi o melhor, seguido pelos resultados obtidos nos tempos de 24, 48 e 72 horas, que foram iguais entre si e superiores àqueles obtidos nos tempos de 96 e 120 horas, os quais também foram iguais entre si. Os efeitos dos potenciais osmóticos das soluções induziram a potenciais médios de plântulas normais decrescentes à medida que decresceu a restrição hídrica da solução.

Observa-se nos quadros 3 a 6 que em todos os testes aplicados há uma tendência do tempo de submersão das sementes por 12 horas apresentar os maiores percentuais de plântulas normais, em todos os potenciais osmóticos das soluções e que as sementes submersas por 72 horas, apresentaram acréscimos na percentagem de germinação quando comparadas com aquelas submersas por 24, 48, 96 e 120 horas, apesar de mostrarem, na maioria das vezes, valores percentuais inferiores às sementes submersas por 12 horas.

O comportamento diferenciado das sementes em função das variações nos potenciais osmóticos das soluções de embebição, foi detectado a partir do tempo de 48 horas com tendência a mostrar maiores benefícios para as sementes colocadas a embeber em soluções com potenciais mais negativos. Estes resultados, sugerem que o bloqueio da embebição em função do equilíbrio entre os potenciais osmóticos das sementes e da solução ocorreu entre 24 e 48 horas.

Observa-se, também, que no tempo de 72 horas de embebição houve acréscimo na percentagem de germinação das

sementes independente do potencial osmótico da solução usada para o condicionamento. Nos tempos subseqüentes 96 e 120 horas algumas sementes apresentaram germinação visível, durante a avaliação.

Comparando estas observações, com o padrão trifásico de absorção de água por sementes em germinação proposto por BEWLEY & BLACK (1978), nota-se que o ponto de transição entre a fase II e fase III, para as sementes de algodoeiro estudadas nas condições deste trabalho, ocorreu no período de embebição entre 72 e 96 horas, independente do potencial osmótico da solução de embebição.

Estes resultados são coerentes com os de BURCH & DELOUCHE (1959), que estudando a velocidade de embebição em sementes de algodão, colocadas em embebição à temperatura de 30°C demonstraram um acréscimo de 40 pontos percentuais no teor de umidade nas primeiras 48 horas e de 0,8 pontos no intervalo entre 48 e 96 horas de embebição, indicando que neste período de menor embebição as sementes se encontravam na fase II.

Embora as evidências indiquem que o envigoreamento das sementes conforme concepção de HEYDECKER et alii (1978), tenha ocorrido nas sementes embebidas por 72 horas, resultados favoráveis foram encontrados no menor tempo de embebição (12 horas), nesta primeira etapa. Desenvolveu-se então uma segunda etapa, na qual foram incluídos também, testes de velocidade de germinação, buscando avaliar efeitos mais sutis que eventualmente surgissem.

No quadro 3A, estão apresentados os resumos da análise de variância dos dados obtidos na segunda fase dos ensaios, nos

testes: de germinação sob condições ideais, estresse térmico, estresse hídrico e estresse salino, avaliados pelo percentual de plântulas normais e pelo índice de velocidade de germinação em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas aos diversos processos de condicionamento osmótico comparados com sementes sem condicionamento.

Neste quadro, nota-se que quando avaliou-se o percentual de plântulas normais germinadas, os testes sob estresse hídrico e salino não foram capazes de detectar diferenças significativas entre os diversos tratamentos, enquanto que os testes de germinação sob condições ideais e sob estresse térmico detectaram alguma diferença. Já na avaliação pelo índice de velocidade de germinação foram detectadas diferenças por todos os testes.

Os percentuais médios de plântulas normais e índices médios de velocidade de germinação detectados nos testes de avaliação (teste de germinação sob condições ideais, estresse hídrico, estresse salino e estresse térmico), para os diversos processos de condicionamento osmótico utilizados, comparados com sementes sem condicionamento, encontram-se no quadro 7.

QUADRO 7 - Percentuais médios de plântulas normais e índice de velocidade de germinação obtidos nos testes de germinação sob condições ideais, estresse térmico, estresse hídrico e estresse salino, em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a diversos métodos de condicionamento osmótico e em sementes sem condicionamento. ESAL - Lavras - 1990.

POTENCIAL OSMÓTICO atm	TEMPO DE SUBMERSÃO horas	PADRÃO DE GERMINAÇÃO		ESTRESSE TÉRMICO		ESTRESSE HÍDRICO		ESTRESSE SALINO	
		%	IVG	%	IVG	%	IVG	%	IVG
0	3	67,5 C	28,79 DE	67,0AB	44,17ABCD	76,5A	29,87ABC	81,5A	32,12 BC
0	6	83,0A	38,08 C	77,0A	48,58AB	75,0A	27,49 BC	75,0A	29,25 BC
0	9	82,5A	39,20 C	67,0AB	43,58ABCD	80,5A	35,37AB	79,0A	33,41ABC
0	12	78,5ABC	40,70 C	65,5AB	40,08 BCD	74,0A	33,16ABC	76,0A	35,37AB
-3	3	79,0ABC	38,75 C	65,5AB	50,75A	79,0A	30,08ABC	67,0A	27,90 C
-3	6	75,0ABC	36,79 C	70,0AB	42,33ABCD	76,0A	27,54 BC	72,5A	29,91 BC
-3	9	78,5ABC	38,25 C	60,0 B	37,16 CD	71,0A	30,25ABC	76,0A	33,66ABC
-3	12	80,5AB	57,91A	66,0AB	48,41AB	74,5A	36,66A	73,5A	36,08AB
-6	3	77,5ABC	38,24 C	58,0 B	41,50ABCD	73,5A	29,25ABC	74,5A	30,91 BC
-6	6	76,5ABC	37,46 C	65,5AB	39,95 BCD	76,5A	27,79 BC	74,5A	31,95 BC
-6	9	76,5ABC	35,20 CD	66,0AB	45,91ABC	73,5A	29,91ABC	73,0A	27,45 C
-6	12	83,0A	47,95 B	70,5AB	46,08ABC	78,5A	37,12A	80,0A	39,83A
sem condicionamento		69,0 BC	28,04 E	60,0 B	35,91 D	75,5A	25,74 C	78,0A	31,20 BC

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

% - Percentuais médios de plântulas normais IVG - Índice de Velocidade de Germinação

Observa-se pelo quadro 7 que em todos os testes de

avaliação, as sementes que não foram submetidas ao condicionamento osmótico mostraram resultados menores ou equivalentes aos piores resultados observados para sementes condicionadas, tanto na avaliação da porcentagem de germinação quanto no índice de velocidade de germinação.

Estes resultados confirmam os efeitos positivos de alguns processos de condicionamento osmótico em relação ao vigor e viabilidade das sementes. Apenas os testes de avaliação sob estresse hídrico e estresse salino não foram capazes de detectar diferenças significativas entre os tratamentos com relação a porcentagem de germinação encontrando-as, no entanto, quanto ao vigor das sementes pelo Índice de Velocidade de Germinação.

Pelo teste de germinação sob condições ideais a diferença entre a maior porcentagem de plântulas normais produzidas pelas sementes condicionadas em relação às sementes não condicionadas foi de 14 pontos. Já sob estresse térmico, esta diferença foi de 17 pontos.

Com relação ao índice de velocidade de germinação, no teste de germinação sob condições ideais, o valor alcançado pelas sementes sem acondicionamento representaram 48,42% do valor apresentado pelas sementes condicionadas com melhor desempenho. Esta relação nas avaliações sob estresse térmico foi de 70,75%, sob estresse hídrico, de 69,34% e sob estresse salino, de 78,33%.

Estes resultados são coerentes com afirmações de BEWLEY & BLACK (1978), a respeito das fases I e II no processo de germinação, delimitada pelo início da germinação visível, onde a desidratação não provoca danos irreparáveis às sementes, de modo

que o fornecimento subsequente de água ainda permite a retomada do processo de germinação. Concordam também com HEYDECKER et alii (1973, 1975), que reportam aumento na velocidade de germinação de sementes após serem submetidas a um período de pré-embebição em condições favoráveis, para que nestas condições, sejam cumpridas algumas fases da germinação.

No quadro 4A, estão apresentados os resumos das análises de variância em esquema fatorial dos dados obtidos nos testes de germinação sob condições ideais, estresse térmico, estresse hídrico e estresse salino, avaliados pelo percentual de plântulas normais e pelo índice de velocidade de germinação em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a diversos métodos de condicionamento osmótico.

Observa-se que na avaliação pela percentagem de germinação, o teste de germinação sob condições ideais detectou diferenças significativas apenas pelo efeito da interação dos fatores potencial osmótico e tempo de embebição. O teste de germinação sob estresse térmico detectou diferença significativa apenas para o efeito do fator tempo de embebição. Já o teste de germinação sob estresse salino mostrou diferenças significativas pelo efeito do fator potencial osmótico. O teste de germinação sob estresse hídrico não detectou diferenças significativas para os fatores ou para a interação deles.

Com relação a avaliação pelo índice de velocidade de germinação, apenas o teste de germinação sob condições ideais detectou diferenças pelo fator potencial osmótico. O fator tempo de embebição induziu diferenças significativas detectadas pelos

testes de germinação sob condições ideais, sob estresse hídrico e sob estresse salino. A interação entre os fatores induziu diferenças significativas não detectadas apenas pelo teste de germinação sob estresse hídrico.

Os percentuais médios de plântulas normais germinadas e os índices de velocidade de germinação das sementes submetidas aos diversos métodos de condicionamento osmótico e avaliadas pelo teste de germinação sob condições ideais, estresse térmico, hídrico e salino estão apresentadas nos quadros de 8 a 11.

QUADRO 8 - Percentuais médios de plântulas normais e índices de velocidade de germinação detectados pelo teste de germinação sob condições ideais em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a embebição em soluções com 3 diferentes potenciais osmóticos por 4 diferentes tempos. ESAL, Lavras, 1990.

POTENCIAIS OSMÓTICOS atm's	%					IVG				
	TEMPOS DE EMBEBIÇÃO (horas)					TEMPOS DE EMBEBIÇÃO (horas)				
	3	6	9	12	$\bar{x}$	3	6	9	12	$\bar{x}$
0	67,50bB	83,00aA	82,50aA	78,50aA	77,87	28,79bB	39,08aA	39,20aA	40,70aC	36,94C
-3	79,00aA	75,00aA	78,50aA	80,50aA	78,25	38,74bA	36,79bA	38,25bA	57,91aA	42,92A
-6	77,50aA	76,50aA	76,50aA	83,50aA	78,37	38,24bA	37,46bA	35,20bA	47,95aB	39,71B
$\bar{x}$	74,16	78,16	79,16	80,66	78,16	35,26b	37,77b	37,55b	48,85a	39,86

As médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

% - Percentuais médios de plântulas normais.

IVG - Índice de Velocidade de Germinação.

Pelo quadro 8, observa-se que no tocante a percentagem de germinação, apenas as sementes condicionadas em solução com potencial osmótico de 0 atm por um tempo de 3 horas apresentaram valor menor que as sementes condicionadas pelos demais processos, que apresentaram valores iguais entre si. Já na avaliação do vigor (índice de velocidade de germinação), observaram-se que as sementes submetidas ao tempo de 12 horas de embebição apresentaram os maiores índices quando condicionadas em soluções com -3 e -6 atm's. Os demais processo, nestes casos, foram inferiores e iguais entre si. Nas sementes submetidas a embebição em soluções de 0 atm, o tempo de 3 horas apresentou índice menor que os demais que foram iguais entre si.

De uma maneira geral, as sementes submetidas ao tempo de 12 horas apresentaram índice maior que aquelas submetidas aos demais tempos que obtiveram resultados iguais entre si. Quanto ao efeito do potencial osmótico da solução, o maior índice foi alcançado com o condicionamento das sementes em solução com -3 atm's, seguido do condicionamento com -6 atm's, que foi maior que o índice conseguido com 0 atm's.

A predominância de resultados semelhantes detectados no teste de germinação sob condições ideais quando avaliou-se a percentagem de plântulas normais, deve ser atribuída a característica do teste de explorar todo o potencial germinativo das sementes, fornecendo a elas as condições ideais para a germinação. Segundo POPINIGIS (1977), o teste geralmente superestima a germinação das sementes em relação à emergência em campo, já que inclui nos resultados sementes com vigor

insuficientes para emergir em condições desfavoráveis.

Por isso, as diferenças de vigor das sementes ocorridas devido ao processo de condicionamento osmótico não foram mostradas nesta avaliação.

A reação negativa detectada pelo teste nas sementes submetidas a 3 horas de embebição, em solução com potencial osmótico de 0 atm's, devem estar relacionadas com a perda de vigor das sementes durante as primeiras horas de embebição, decorrentes da perda de solutos das sementes para a água de embebição, normalmente verificada até a reestruturação das membranas e equilíbrio do potencial osmótico semente/substrato. Esta mesma reação não foi observada quando a solução de embebição tinha potencial osmótico mais negativo (-3 e -6 atm's).

Por outro lado, os resultados mostrados pelo índice de velocidade de germinação indicam que o tempo de embebição de 12 horas, maximiza os benefícios do condicionamento osmótico. Neste tempo, as sementes condicionadas em solução com -3 atm's, alcançaram o maior índice, seguidas daquelas condicionadas com -6 atm's. No potencial de 0 atm, as sementes apresentaram o resultado mais baixo.

Estes resultados são coerentes com aqueles observados na primeira etapa deste trabalho, onde as sementes embebidas por 12 horas apresentaram maiores ganhos na germinação das mesmas. Indicam ainda, que os benefícios dos tratamentos decrescem quando os tempos de embebição são menores que 12 horas.

QUADRO 9 - Percentuais médios de plântulas normais e índices de velocidade de germinação detectados pelo teste de germinação sob estresse térmico em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a embebição em soluções com 3 diferentes potenciais osmóticos por 4 diferentes tempos. ESAL, Lavras, 1990.

POTENCIAIS OSMÓTICOS atm's	%					IVG				
	TEMPOS DE EMBEBIÇÃO (horas)					TEMPOS DE EMBEBIÇÃO (horas)				
	3	6	9	12	$\bar{x}$	3	6	9	12	$\bar{x}$
0	67,00	77,00	67,00	65,50	69,12	44,17abB	48,58aA	43,58abAB	40,08bB	44,10
-3	65,50	70,00	60,00	66,00	65,37	50,75aA	42,33bAB	37,16bB	48,41abA	44,66
-6	58,00	66,50	66,00	70,50	65,25	41,50aB	39,99aB	45,91aA	46,08aAB	43,37
$\bar{x}$	63,50b	71,16a	64,33b	67,33ab	66,58	45,47	43,63	42,22	44,86	44,05

As médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

% - Percentuais médios de plântulas normais

IVG - Índice de Velocidade de Germinação.

O comportamento das sementes submetidas aos métodos de condicionamento osmótico apresentados no quadro 9, demonstra que nas condições de estresse térmico apenas a variação do tempo de embebição provocaram diferenças significativas em relação a

percentagem de germinação. O melhor desempenho foi observado nas sementes submersas por 6 horas. As sementes submersas por 12 horas tiveram comportamento semelhante às melhores com tendência a se equipararem com aquelas submersas por 3 horas e 9 horas, que mostraram resultados inferiores e equivalentes entre si.

Com relação ao índice de velocidade de germinação, as sementes submersas em soluções de 0 atm por um tempo de 6 horas, alcançaram um maior valor. Os tempos de 3 e 9 horas, alcançaram valores intermediários, com tendência a se igualarem às sementes submersas por 12 horas, que apresentaram um menor índice.

O condicionamento com solução de 0 atm por 6 horas apresentou também um maior índice quando comparado com os métodos de mesmo tempo de submersão e diferentes potenciais osmóticos da solução.

As sementes submersas em solução com potencial osmótico de -3 atm's apresentaram maiores índice nos tempos de 3 e 12 horas, embora as submersas por 12 horas tenham apresentado índices com tendência a se igualarem às sementes submersas por 6 e 9 horas, que apresentaram índices equivalentes entre si e menores em relação às demais.

Os métodos de condicionamento com solução de potencial osmótico igual a -3 atm's e tempos de submersão de 3 e 12 horas obtiveram os maiores índices quando comparados com os processos de mesmos tempos e diferentes potenciais osmóticos das soluções de embebição.

A submersão das sementes em soluções com -6 atm's avaliadas sob estresse térmico, apresentaram índices semelhantes independente do tempo de duração do processo de condicionamento osmótico, embora o método com tempo de 9 horas tenha apresentado índice maior que os demais métodos com o mesmo tempo de submersão e diferentes potenciais osmóticos da solução .

QUADRO 10 - Percentuais médios de plântulas normais e índices de velocidade de germinação detectados pelo teste de germinação sob estresse hidrico de -4 atm's em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a embebição em soluções com 3 diferentes potenciais osmóticos por 4 diferentes tempos. ESAL, Lavras, 1990.

POTENCIAIS OSMÓTICOS atm's	%					IVG				
	TEMPOS DE EMBEBIÇÃO (horas)					TEMPOS DE EMBEBIÇÃO (horas)				
	3	6	9	12	$\bar{x}$	3	6	9	12	$\bar{x}$
0	76,50	75,00	80,50	74,00	76,50	29,87	27,49	35,37	33,16	31,47
-3	79,00	76,00	71,00	74,50	75,12	30,08	27,54	30,24	36,66	31,13
-6	73,50	16,50	73,50	78,50	75,50	29,24	27,79	29,91	37,12	31,01
$\bar{x}$	76,33	75,83	75,00	75,66	75,71	29,73bc	27,61c	31,84b	35,64a	31,21

As médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

% - Percentuais médios de plântulas normais.

IVG - Índice de Velocidade de Germinação.

As sementes submetidas aos diversos métodos de condicionamento osmótico e avaliadas sob estresse hidrico (quadro 10) não apresentaram diferenças quanto a percentagem de germinação. O vigor, medido pelo índice de velocidade de germinação não sofreu alterações sensíveis com a variação do potencial osmótico das soluções adotadas neste trabalho, sendo no entanto, influenciado pela variação dos tempos de submersão das sementes.

Neste caso, o índice apresentou-se decrescente à partir do tempo de submersão por 12 horas. As sementes condicionadas por 9 horas apresentaram índice de valor intermediário, superando aquelas com tempo de submersão de 6 a 3 horas, que mostraram valores iguais entre si.

Estes resultados são semelhantes aos observados na avaliação do teste de germinação sob condições ideais e confirmam que também sob estresse hidrico o tempo de embebição por 12 horas, independente do potencial osmótico da solução proporciona melhor desempenho das sementes de algodão.

QUADRO 11- Percentuais médios de plântulas normais e índices de velocidade de germinação detectados pelo teste de germinação sob estresse salino -4 atm em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a embebição em soluções com 3 diferentes potenciais osmóticos por 4 diferentes tempos. ESAL, Lavras, 1990.

POTENCIAIS OSMÓTICOS atm's	%					IVG				
	TEMPOS DE EMBEBIÇÃO (horas)					TEMPOS DE EMBEBIÇÃO (horas)				
	3	6	9	12	$\bar{x}$	3	6	9	12	$\bar{x}$
0	81,50	75,00	79,00	76,00	77,87A	32,12abA	29,24bA	33,41abA	35,37aA	32,53
-3	67,00	72,50	76,00	73,50	72,25B	27,91bA	29,91bA	33,66abA	36,08aA	31,89
-6	74,50	74,50	73,00	80,00	75,50AB	30,91bA	31,95bA	27,45bB	39,83aA	32,53
$\bar{x}$	74,33	74,00	76,00	76,50	75,20	30,31b	30,37b	31,51b	37,09a	32,32

As médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

% - Percentuais médios de plântulas normais.

IVG - Índice de Velocidade de Germinação.

Pelas avaliações sob estresse salino as percentagens de germinação apresentaram diferenças somente com as variações dos potenciais osmóticos das soluções de embebição. A maior percentagem de germinação foi verificada quando as sementes foram submersas em soluções com 0 atm, seguidas das sementes submersas

em soluções de -6 atm's que foram semelhantes a percentagem de germinação das sementes submersas em soluções de -3 atm's.

Pelo índice de velocidade de germinação, as sementes submetidas à submersão por 12 horas apresentaram valores maiores que aquelas submetidas aos demais tempos em todos os potenciais osmóticos das soluções de embebição. Dentro do tempo 12 horas, os potenciais osmóticos da solução não induziram diferenças significativas.

A avaliação sob estresse salino indica uma tendência de se obter maiores ganhos quando as sementes são submersas apenas em água, pelos resultados observados para percentagem de germinação.

Observa-se, nos quadros 8 a 11, que o comportamento das sementes no teste de germinação sob condições ideais e sob estresse térmico, hidrico e salino, considerando percentagem de germinação ou índice de velocidade de germinação, confirmam os resultados encontrados na primeira etapa desta pesquisa. Na maioria dos casos onde foram detectadas diferenças entre os tratamentos, o tempo de embebição de 12 horas apresentou-se com valores superiores ou equivalentes àqueles encontrados para os demais tratamentos, com exceção, apenas no teste sob estresse térmico, avaliado pelo índice de velocidade de germinação, onde no potencial de 0 atm, o tempo de submersão por 12 horas apresentou o menor índice.

As avaliações pela percentagem de germinação de uma maneira geral, não foram capazes de detectar os benefícios dos processos de condicionamento osmótico na viabilidade das sementes

em condições ideais, de estresse salino e hidrico. A observação das médias gerais destes testes não mostraram diferenças nos valores relativos a percentagem de plântulas normais germinadas (78,16% para o teste de germinação sob condições ideais, 75,71% para estresse hidrico e 75,20% para estresse salino), indicando que as concentrações de manitol e cloreto de sódio usadas nos testes de estresse hidrico e salino respectivamente, não foram capazes de provocar estresse nas sementes de algodão. Esta observação é confirmada pela semelhança entre os resultados encontrados no comportamento geral das sementes submetidas aos diversos processos de condicionamento nos três testes.

Estas observações estão de acordo com as de JANSEM (1971), que verificou um progressivo decréscimo no número de plântulas emergidas à medida que as tensões de água no solo superavam 4 atm, tensão esta, adotada nos testes de estresse. Considerando que não houve estresse às sementes, os três testes em questão ofereceram condições próximas às ideais as sementes, sendo que neste caso, os resultados são coerentes com considerações de POPINIGIS (1977), a respeito de sementes colocadas a germinar em condições próximas as ideais. O autor reporta que neste caso, a germinação é superestimada, por que o resultado inclui sementes com vigor insuficiente para emergir em condições sub-ótimas ou desfavoráveis.

Variações em função dos diferentes potenciais osmóticos das soluções de embebição foram observados nos testes de germinação sob condições ideais, onde o índice de velocidade de germinação apresentou melhor resultado no potencial de -3 atm's,

seguido do potencial de  $-6$  atm's, tanto no tempo de 12 horas como nas médias gerais de cada potencial osmótico. Resultados semelhantes foram observados pelo índice de velocidade de germinação no teste sob estresse térmico, no tempo de 12 horas. Já a percentagem de germinação, no teste sob estresse salino, apresentou, nas médias gerais dos potenciais osmóticos, o maior valor no percentual de germinação em 0 atm e o pior no potencial de  $-3$  atm. A percentagem média de  $-6$  atm's foi intermediária com tendência aos dois extremos (0 atm e  $-3$  atm's), não apresentando, no entanto, diferenças significativas entre os potenciais no tempo de 12 horas, onde ocorreram os maiores índices de velocidade de germinação. Pelo teste sob estresse hídrico, não detectou-se nenhuma diferença significativa em relação as variações do potencial osmótico das soluções de embebição. Pelos testes sob condições ideais e sob estresse térmico, onde o potencial osmótico do substrato era 0 (zero) atm, nota-se uma tendência de melhores resultados no tempo de submersão por 12 horas. Em soluções com potenciais osmóticos de  $-3$  atm's, enquanto que pelos testes sob estresse hídrico e salino, onde o substrato apresentava potencial osmótico de  $-4$  atm's, os melhores resultados indicam o condicionamento das sementes por 12 horas, independente do potencial osmótico da solução com uma tendência favorável para a submersão em solução com 0 (zero) atm. Estes resultados sugerem que o estresse provocado pela restrição hídrica, reduziu a velocidade de germinação das sementes nivelando as diferenças induzidas pela variação do potencial osmótico da solução de embebição.

Comparações feitas através da média geral dos índices de velocidade de germinação obtidos nos quatro testes mostra para o teste de germinação sob condições ideais, um valor igual a 39,86% e no teste sob estresse térmico 45,05%, contra valores de 31,21% para o teste de estresse hidrico e 32,32% para estresse salino.

Estes resultados, também são coerentes com JENSEN (1971), que estudando a sensibilidade de sementes de algodão, observou decréscimo na velocidade de germinação quando as tensões de água no solo superaram a 2 atm's.

Os resultados semelhantes obtidos nos testes de estresse salino e estresse hidrico indicam que a ação do cloreto de sódio no substrato foi relacionada apenas com a restrição hídrica à semente, não causando efeito fitotóxico a ela.

Nas sementes testadas sob estresse térmico os ganhos em viabilidade observados nos tempos de 6 (71,16%) e 12 horas (67,33%) de embebição devem ser ressaltados já que a média geral de plântulas normais germinadas nas condições deste teste (66,58%) foram sensivelmente menores que as médias observadas nos outros testes (78,16% para o teste de germinação sob condições ideais, 75,71% para estresse hidrico e 75,20% para estresse salino). Este fato demonstra que a germinação de sementes de algodão em temperatura acima da ótima é afetada negativamente em maior escala do que em condições de deficiência hidrica e alta salinidade e que a submersão destas sementes por 6 ou 12 horas contribui para a redução deste efeito. Por outro lado, foram observados maiores valores dos índices de velocidade de

germinação neste teste, quando comparado com as demais avaliações.

GULLIVER & HEYDECKER (1973), observaram que a temperatura tem influência sobre o processo de germinação tanto no que se refere a quantidade como a velocidade, alterando a velocidade de absorção de água e também das reações bioquímicas que determinam o processo. Em relação a quantidade, ela decresce à medida que a temperatura cresce acima da ótima, ao contrário a velocidade de germinação é acelerada com o aumento da temperatura, embora desorganize o processo fazendo com que o número de sementes que conseguem completá-lo vai caindo rapidamente.

## 5. CONCLUSÕES

A análise dos dados obtidos nas condições deste trabalho permitem concluir que:

1 - O condicionamento osmótico de sementes de algodão constitui-se numa alternativa viável para melhorar o desempenho destas em condições normais de germinação, sob estresse hídrico, salino ou térmico.

2 - A submersão de sementes de algodão em água por um período de 12 horas, a 20°C e posteriormente a secagem, à sombra, por 24 horas, favorece o desempenho das sementes em condições de estresse hídrico e salino.

3 - Sob condições ideais ou sob estresse térmico, o processo de condicionamento osmótico que mais favoreceu o desempenho das sementes de algodão foi: - submersão em solução de manitol com potencial osmótico de -3 atm's por 12 horas a 20°C com posterior secagem à sombra por 24 horas.

4 - Concentrações salinas ou restrições hídricas de -4 atm's no substrato, não afetam a viabilidade, embora contribuam para redução do vigor de sementes de algodão.

## 6. RESUMO

Com o objetivo de estudar a eficiência de métodos de condicionamento osmótico sobre a germinação e vigor de sementes de algodão em condições de estresse hídrico, salino ou térmico, realizou-se a presente pesquisa no laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Escola Superior de Agricultura de Lavras.

O trabalho foi realizado em duas etapas. Na primeira etapa, sementes de algodão da cultivar IAC - 20 foram submersas em soluções de Manitol com concentrações equivalentes a potenciais osmóticos de -6, -9 e -12 atm's por períodos de tempo de 12, 24, 48, 72, 96 e 120 horas, sob temperatura constante de 20°C e em presença de luz. Após a submersão, as sementes foram submetidas a secagem por 24 horas em condições ambientes e submetidas a testes para avaliação da germinação sob condições ideais para a espécie, sob estresse térmico, hídrico e salino. As avaliações seguiram a metodologia do teste padrão de germinação, modificando-se a temperatura (35°C) para simular o estresse térmico e utilizando-se soluções de manitol (-4 atm's) e cloreto de sódio (-4 atm's) na embebição do substrato para simular as condições de estresse hídrico e salino, respectivamente. Após 4 dias foram computadas as percentagens de plântulas normais germinadas.

Observou-se através dos resultados desta primeira etapa uma tendência para obtenção de maiores ganhos na germinação quando as sementes eram submetidas a embebição em soluções com potenciais osmóticos menos negativos por períodos de tempo menores.

Realizou-se então, a 2<sup>a</sup> etapa do trabalho com metodologia semelhante a adotada na primeira, modificando-se apenas, os potenciais osmóticos da solução de embebição para 0, -3 e -6 atm's e os períodos de tempo para 3, 6, 9 e 12 horas. Para avaliação utilizou-se os mesmos testes adotados na primeira etapa com contagens diárias a partir do primeiro dia após a instalação, eliminando-se as plântulas normais germinadas com comprimento de radícula superior a 3 cm, para avaliar também o vigor das sementes pelo índice de velocidade de germinação.

A análise dos dados e interpretação dos resultados permitiram concluir que a técnica de condicionamento osmótico em sementes de algodão é uma alternativa viável para melhorar o desempenho das mesmas, em condições normais de germinação, sob estresse hídrico, salino ou térmico; e que a submersão de sementes de algodão em água por um período de 12 horas a 25°C com posterior secagem por 24 horas apresentou-se como o melhor método de condicionamento para sementes submetidas a estresse hídrico e salino, enquanto o mesmo processo de condicionamento, com alteração apenas do potencial osmótico da solução de embebição para 3 atm's, apresentou-se como o melhor processo para sementes em condições ideais e submetidas a estresse térmico, nas condições deste trabalho.

## 7. SUMMARY

Aiming to study the efficiency from the method of osmotic conditions over germination and cotton seeds vigour in hydric, salt and thermic conditions, this present research was made in the "Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Agricultura da Escola Superior de Agricultura de Lavras".

That study was made in two parts. The first part, cotton seeds from the cultivar IAC-20 were soaked in manitol solution under equivalent concentrations at osmotic potentials of -6, -9 and -12 atm's for time periods of 12, 24, 48, 72, 96 and 120 hours under constant temperature of 20°C in the presence of light. After soaking, the seeds dried for 24 hours in room temperature and after they were evaluated for germination under ideal conditions for the specie under thermic, hydric and salt stress. The evaluations followed the standard germination test methodology, modifying the (35°C) temperature for simulating the thermic stress and using manitol solutions (-4 atm's) and sodium chloride (-4 atm's) in the soaking substrat for simulate the conditions for hydric and salt stress, respectively. After 4 days were computed the percentage of normal plantlets that germinated.

Observed from the results of that first part, one tendency for higher gains in germination, when the seeds were under soaking solutions with less negative osmotic potential for a lower period of time.

The second part of this work it was used the same methodology adopted in the first one, only modifying the osmotic potentials from the soaking solutions for 0, -3 and -6 atm's and the period of time for 3, 6, 9 and 12 hours. Four evaluation, was used those tests already used in the first part, with daily counting followed from the first day after instalation, with elimination of normal germinated plantlets with root lenght higher than 3cm, also evaluated the seeds vigour by the emergence velocity index.

The datas analyse and results interpretation allowed conclusions that the osmotic conditions thecquinic in cotton seeds is one viable alternative for increasing the purpose of those in normal conditions of germination, under hydric, salt and thermic stress, and that the cotton seeds soaked in water for 12 hours at 25°C followed by 24 hours of dryness showed to be the best method for seeds under hydric and salt stress, while the same conditions process only with different osmotic potential of soaking solution for 3 atm's, showed as the better process for ideal seeds conditions and under thermic stress, for this work conditions.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS Seed vigor testing handbook. Lansing, 1983. 88p. ( Handbook on Seed testing. Contribution, 32).
02. BARBOUR, M.G. Germination and early growth of the strand plant *Cakile maritima*. Bulletin of the Torrey botanical Club, New York, 97:13-22, 1970.
03. BEWLEY, J.D. & BLACK, M. Physiology and biochemistry of seed in relation to germination. Berlin, Springer-Verlag 1978. v.1, 306p.
04. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Physiology and biochemistri of seeds in relation to germination. Berlin, Springer-Verllag, 1983. v.1, 306p.
05. \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_. Seeds; physiology of development and germination. New York, Plenum Press, 1985. 367p.

06. BODSWORTH, S. & BEWLEY, J.D. Osmotic priming of seeds of crop species with polyethylene glycol as a means of enhancing early and synchronous germination at cool temperatures. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, 59(5):672-6, 1981.
07. BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *Hort Science*, Alexandria, 21(5):1105-12, 1986.
08. BRASIL. Ministério da Agricultura. Regras para análise de sementes. Brasília, LANARV/SNAD/MA, 1980. 188p.
09. BURCH, T.A. & DELOUCHE, J.C. Absorption of water by seeds. *Proceedings of the Association of Official Seed Analysts*, Lansing, 49:142-50, 1959.
10. CANTLIFFE, D.J. Priming of lettuce seed for early and uniform emergence under conditions of environmental estress. *Acta Horticulturae*, The Hague, 122:29-38, 1981.
11. CARVALHO, N.M. de & NAKAGAWA, J. Sementes; ciência, tecnologia e produção. 2.ed. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 429p.

12. COPELAND, L. O. Principles of seed science and technology. Minneápolis burgess Publishing Company, 1976. 369p.
13. EIRA, M.T.S. da Condicionamento osmótico de sementes de alface (Lactuca sativa L.), efeitos sobre a germinação e desempenho sob estresse hídrico, salino e térmico. Piracicaba, ESALQ, 1988. 90p. (Tese MS)
14. EL-SHARKAWI, H.M. & SPRINGUEL, T.V. Germination of some crop plant seeds under salinity stress. *Seed Science & Technology*, Zurich, 7(1):27-37, 1979.
15. GRAY, D. & STECKEL, J.R.A. The effects of pre-sowing seed treatments on the germinations and emergence of lettuce seeds at high salt concentrations. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, 5(1):1-9, 1976.
16. GUEDES, A.C. & CANTLIFFE, D.J. Germination of lettuce seeds at high temperature after seed priming. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, St. Joseph, 105(6):777-81, 1980.
17. \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ ; SHULER, K. D. & MUNTER, E. Overcoming thermodormancy in lettuce by seed priming. *Proceedings of the Florida State Horticulture Society*. Lake Alfred, 92:130-3, 1979.

18. GULLIVER, R.L. & REYDECKER, W. Establishment of seedlings in a changeable environment. In: HEYDECKER, W., ed. **Seed Ecology**. London, Butterworth, 1973. P.433-62
19. HEYDECKER, W. Stress and seed germination; an agronomic view. In: KHAN, A.A., ed. **The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination**. 2. ed. Amsterdam, Elsevier/North-Holland, 1980. p.237-82.
20. \_\_\_\_\_ Vigour. In: ROBERTS, E. H., ed. **Viability of seeds**. London, Chapman & Hall, 1972. p.209-52.
21. \_\_\_\_\_ & COOLBEAR, P. Seed treatments for improved performance survey and attempted prognosis. **Seed Science & Technology**, Zürich, 5(2):353-425, 1977.
22. \_\_\_\_\_ ; HIGGINS, J. & GULLIVER, R. L. Accelerated germination by osmotic seed treatment. **Nature**, London, 246(5427):42-4, 1973.
23. \_\_\_\_\_ ; \_\_\_\_\_ & TURNER, Y. J. Invigoration of seeds? **Seed Science & Technology**, Zürich, 3(314):881-8, 1975. }
24. HUNTER, J.R. & ERICKSON, A.E. Relation of seed germination to soil moisture tension. **Agronomy Journal**, Nadison, 44(3):107-9, 1952.

25. JACKSON, W.T. Use of carbowaxes (polyethylene glycols) as osmotic agents. *Plant Physiology*, Lancaster, 37(4):513-9, 1962.
26. JENSEN, K.D. Effects of soil water tension on the emergence and growth of Cotton seedlings. *Agronomy Journal*, 63:766-8, 1971.
27. KHAN, A.A. Preconditioning, germination and performance of seeds. In: KHAN, A.A., ed. *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination*. 2 ed. Amsterdam, Elsevier/North-Holland, 1980. p.283-316.
28. \_\_\_\_\_ ; BRAUN, J.W.; TAO, K.L.; MILLIER, W.F. & BENSIN, R.F. New methods for maintaining seed vigor and improving performance. *Journal of Seed Technology*, Lansing, 1(2):33-57, 1976.
29. \_\_\_\_\_ ; PECK, N.H. & SAMIMY, C. Seed osmoconditioning, physiological and biochemical changes. *Israel Journal of Botany*, Jerusalem, 29(1/4):133-44, 1980/81.
30. \_\_\_\_\_ ; TAO, J.K.; KNYPL, J.S.; BORKOWSKA, B. & POWELL, L.E. Osmotic conditioning of seeds: physiological and biochemical changes. *Acta Horticulturae*, The Hague, 83: 267-78, 1978.

31. LABOURIAU, L.G. A germinação de sementes. Washington, OEA, 1983. 197p. (OEA Coleção de monografias científicas-biológicas, 24).
32. MAGALHÃES, A.C. & CARELLI, M.L.C. Germinação de sementes de feijão sob variadas condições de pressão osmótica. *Bragantia*, Campinas, 31:XIX-XXVI, 1972.
33. MAGUIRRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor, *Crop Science*, Madison, 2:176-77, 1962.
34. MAYER, A.M. & POLJAKOFF-MAYBER, A. The germination of seeds. 3 ed. Oxford, Pergamon Press, 1982. 211p. }
35. NABORS, M.W. & LANG, A. The growth physics and water relations of red-light-induced germination in lettuce seeds. I Embryos germinating in osmoticum. *Plkanta*, Berlim, 101(1):1-25, 1971.
36. PALMER, J.; BEEKER, D.L. & CHAPMAN, J.R. Salinity tolerance studies in Russian wildry (*Elymus juncens*). *Proceedings of Montana Academy of Science*, Missoula, 28:20-7, 1969.

37. PERRY, D. A. Interacting effects of seed vigour and environment on seedling establishment. In: HEYDECKER, W., ed. *Seed ecology*. London, Buterworth, 1973. p.311-23.
38. \_\_\_\_\_ Report of the vigour test committee 1974-1977. *Seed Science & Technology*, Zurich, 6(1):159-81, 1978.
39. POLLOCK, B.M. & MANALO, I.R. The influence of seed-lot history on sensitivity of lettuce seed to temperature and moisture stress. *Hort Science*, Alexandria, 6(5):444-5, 1971.
40. POPINIGIS, F. *Fisiologia de semente*. Brasilia, AGIPLAN, 1977. 289p.
41. SCORER, K.N.; EPEL, B.L. & WAISER, Y. Interations between mild NaCl stress and red light during lettuce (Lactuca sativa L. cv. Grand Rapids), seed germination. *Plant Physiology*, Lancaster, 79(1):149-52, 1985.
42. SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Comissão Estadual de Sementes e Mudas. Belo Horizonte. Normas, padrões e procedimentos para a produção de sementes básicas, certificadas e fiscalizadas. 2 ed. Belo Horizonte, 1985. 110p.

43. SLAVIK, B. Methods of studying plant water relations. New York, Springer-Verlag, 1974. 449p. (Ecological Studies, 9)
44. THIMANN, K.V. The physiology of growth in plant tissues. American Scientist, New Heaven, 42(4):589-606, 1954.
45. TILDEN, R.L. & WEST, S. Reversal of the effects of aging in soybean seeds. Plant Physiology, Washington, 77:584-6, 1985.
46. TONKIN, J.H.B. Pelleting and other presowing treatments. Advances in Research of Technology of Seeds, Wageningen, 4:84-105, 1979.
47. ——— Pelleting and other presowing treatments. Advances in Research of Technology of Seeds, Wageningen, 9:94-127, 1984.
48. UDOVENCO, G.V. & ALEKSEEVAL, L.I. Effects of salinization on initial phases of plant growth. Physiology of Plants, Leningrad, 20: 277-86, 1973.
49. UNGAR, I.A. Influence of salinity on seed germination in succulent halophytes. Ecology, Durban, 43: 763-4, 1962.

50. WILLIAMS, M.D. & UNGAR, I.A. The effect of environmental parameters on the germination, growth and development of *Suaeda depressa*. *Am. J. Bot.*, 59: 912-8, 1972.
51. WOODSTOCK, L.W. Physiological and biochemical tests for seed vigor. *Seed Science and Technology*, New Delhy, 1(1):127-57, 1973.
52. YOUNG, J.A.; EVANS, R.A.; ROUNDY, B. & CLUFF, G. Moisture stress and seed germination. Oakland, Department of Agriculture, 1983. 41p. (*Agricultural Reviews and Manuals*, 36).

APÉNDICE

QUADRO 1A - Resumo da análise de variância dos dados obtidos nos testes de avaliação da qualidade de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a diversos métodos de condicionamento osmótico em comparação com sementes sem condicionamento. ESAL - Lavras - 1990.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS E SIGNIFICÂNCIA			
		TPG	ESTRESSE TÉRMICO	ESTRESSE HIDRICO	ESTRESSE SALINO
TRATAMENTOS	18	353,6141**	708,0078**	654,3782**	463,0331**
RESIDUO	38	47,0174	51,9999	35,7193	57,8246
CV %		11,70	13,08	12,23	14,82

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

QUADRO 2A - Resumo das análises de variância dos dados obtidos nos diversos testes de avaliação em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a embebição em soluções com 3 diferentes potenciais osmóticos por 6 diferentes tempos. ESAL - Lavras - 1990.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS E SIGNIFICÂNCIA			
		TPG	ESTRESSE TERMICO	ESTRESSE HIDRICO	ESTRESSE SALINO -4
POTENCIAL OSMOTICO	2	2,7407 NS	162,2963 NS	160,2222 *	72,0740 *
TEMPO DE EMBEBIÇÃO	5	497,4963 **	1527,719 **	1849,422 **	718,5186 *
PH x TE	10	128,2519 **	471,8075 **	137,9111 **	215,8074NS
RESIDUO	36	43,6297	53,9258	36,7408	47,7777
CV %		10,975	13,262	12,177	12,835

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

NS - Não significativo pelo teste F.

QUADRO 3A - Resumo das análises de variância dos dados obtidos nos diversos testes de avaliação em sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a diversos métodos de condicionamento osmótico comparados com sementes sem condicionamento. ESAL - Lavras - 1990.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS E SIGNIFICÂNCIA							
		%				IVG			
		TPG	ESTRESSE TÉRMICO	ESTRESSE HÍDRICO	ESTRESSE SALINO	TPG	ESTRESSE TÉRMICO	ESTRESSE HÍDRICO	ESTRESSE SALINO
TRATAMENTO	12	0,0132008**	0,0114805*	0,00738149NS	0,00376553NS	229,3748**	80,8020**	48,15444**	53,95176**
RESIDUO	39	0,00374009	0,00474386	0,00435214	0,00794710	6,817984	15,68490	8,133381	11,50063
CV %		5,663	7,241	6,254	8,414	6,703	9,121	8,847	11,015

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

NS - Não significativo pelo teste F.

% - Percentual médio de plântulas normais.

IVG - Índice de Velocidade de Germinação.

QUADRO 4A - Resumo das análises de variância em esquema fatorial, dos dados obtidos nos diversos testes de avaliação de sementes de algodão (*Gossypium hirsutum* L.), submetidas a alguns métodos de condicionamento osmótico. ESAL - Lavras - 1990.

QUADRADOS MÉDIOS E SIGNIFICÂNCIA									
FV	GL	%				IVG			
		TPG	ESTRESSE TÉRMICO	ESTRESSE HÍDRICO	ESTRESSE SALINO	TPG	ESTRESSE TÉRMICO	ESTRESSE HÍDRICO	ESTRESSE SALINO
POT. OSMOTICO	2	0,0000851NS	0,0090844NS	0,00081442NS	0,0163544*	143,2676**	6,725269NS	0,908901NS	2,218801NS
TEMPO EMBEBIÇÃO	3	0,0112405NS	0,0167416*	0,00051239NS	0,0021852NS	447,1317**	24,77293NS	140,9858**	124,9950**
PO x TE	6	0,0136433**	0,0085542NS	0,00693289NS	0,0076595NS	101,3722**	106,2905**	18,70464NS	32,30241**
RESIDUO	36	0,00393151	0,00472689	0,00674709	0,00468238	7,240438	15,93400	10,89831	8,581353
CV %		5,762	7,187	7,755	6,501	6,750	9,063	6,501	9,063

\*\* Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

NS - Não significativo pelo teste F.

% - Percentual médio de plântulas normais.

IVG - Índice de Velocidade de Germinação.