

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**Qualidade fisiológica de sementes de algodão submetidas a estresse hídrico
induzido por polietilenoglicol-6000**

CARLOS HENRIQUE SALVINO GADELHA MENESES

**Areia - Paraíba
Brasil - 2007**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**Qualidade fisiológica de sementes de algodão submetidas a estresse hídrico
induzido por polietilenoglicol-6000**

CARLOS HENRIQUE SALVINO GADELHA MENESES

Areia – Paraíba

Brasil - 2007

Qualidade fisiológica de sementes de algodão submetidas a estresse hídrico induzido por polietilenoglicol-6000

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

**Comitê de Orientação: Prof^ª. Dra. Riselane de Lucena Alcântara Bruno
Prof^ª. Dra. Marcia Soares Vidal**

Areia – Paraíba

Março- 2007

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos
Técnicos da Biblioteca Setorial de Areia – PB, CCA/UFPB.
Bibliotecária:

FICHA CATALOGRÁFICA

M543p

MENESES, Carlos Henrique Salvino Gadelha

Potencial hídrico induzido por polietilenoglicol-6000 na qualidade fisiológica de sementes de algodão. Areia: UFPB, 2007.

97 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). UFPB/CCA.

Inclui bibliografia.

1. *Gossypium hirsutum* L. – Estresse Hídrico – Germinação - Vigor.

CDU 633.51

Qualidade fisiológica de sementes de algodão submetidas a estresse hídrico induzido por polietilenoglicol-6000

Carlos Henrique Salvino Gadelha Meneses

Dissertação defendida e aprovada em ____ de Fev3.65 11.28 Tf 1 0 o450 o45R re 5f 1 0 11.28 Tf 1 0[7

*Aos meus pais Carlos Enrique e Maria de Fátima
Por todo apoio, confiança e incentivo
E por serem meu exemplo de vida
Com todo amor*

OFEREÇO

A minha noiva Priscila, pelo amor, incentivo e carinho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

DEUS, sempre presente em minha vida, que me dá forças para seguir sempre em frente.

À Coordenação de Aperfeiçoamento e Pesquisa do Ensino Superior - CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores Dra. Riselane de Lucena Alcântara Bruno, Dra. Márcia Soares Vidal e Dr. Pedro Dantas Fernandes pela amizade, ensinamentos, ética profissional, paciência, orientação, apoio na realização deste trabalho e pelo exemplo de profissionalismo.

Ao professor Dr. Walter Esfrain Pereira da UFPB e à pesquisadora da Embrapa Algodão, Dra. Marleide Magalhães de Andrade Lima pelas avaliações, críticas e sugestões apresentadas que muito engrandeceram este trabalho.

Ao professor Dr. Genildo Bandeira Bruno (*in memorian*), pela amizade, apoio e ensinamentos.

À secretária de Programa de Pós-graduação em Agronomia, Cícera Eliane pelo apoio e excelência profissional.

À Universidade Federal da Paraíba – UFPB e ao Departamento de Fitotecnia, em particular ao Laboratório de Análise de Sementes, pela acolhida e possibilidade de realização deste trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Análise de Sementes, Rui e Severino pela ajuda e apoio inestimáveis.

À Embrapa Algodão e seus funcionários, pelas facilidades na utilização de materiais, equipamentos e pela prestativa colaboração de seus funcionários.

Aos amigos e companheiros de estudo na Embrapa, Leonardo, Cíntia, Taciana, Valeska, Vanessa, pelo alegre convívio.

Aos colegas da pós-graduação, Lucicléia, Edson, Lucia Helena e Anne, pela amizade, companheirismo e paciência.

Em especial, aos amigos Dr. Nelson Dias Suassuna e MSc. Wirton Macedo Coutinho, pela amizade, incentivo, apoio e valorosos ensinamentos.

Os meus mais sinceros agradecimentos aos colegas, professores, funcionários e todas as pessoas que direta ou indiretamente, contribuíram durante esta caminhada.

“O ser humano vivencia a si mesmo, seus pensamentos, como algo separado do resto do universo - numa espécie de ilusão de ótica de sua consciência. E essa ilusão é um tipo de prisão que nos restringe a nossos desejos pessoais, conceitos e ao afeto apenas pelas pessoas mais próximas. Nossa principal tarefa é a de nos livrarmos dessa prisão, ampliando o nosso círculo de compaixão, para que ele abranja todos os seres vivos e toda a natureza em sua beleza. Ninguém conseguirá atingir completamente este objetivo, mas lutar pela sua

POTENCIAL HÍDRICO INDUZIDO POR POLIETILENOGLICOL-6000 NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE ALGODOEIRO

Autor: Carlos Henrique Salvino Gadelha Meneses

Comitê de orientação: Prof. Dra. Riselane de Lucena Alcântara Bruno
Prof. Dra. Marcia Soares Vidal

RESUMO

As mudanças drásticas na temperatura global promovem alterações nas áreas de cultivos agrícolas, levando-as a desenvolver estratégias de adaptação a esse tipo de estresse abiótico. Isto pode resultar em respostas bastante complexas em nível morfológico, fisiológico e molecular. Esta pesquisa visa o estudo o comportamento germinativo de sementes de quatro genótipos de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) sobre condições de restrição hídrica. Os experimentos foram conduzidos em laboratório, sendo os potenciais simulados por polietilenoglicol-6000 (0,0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 Mpa); foi utilizado papel germitest, em delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial 4 x 6 (genótipos x potenciais), com 4 repetições, cada uma contendo 50 sementes. As variáveis observadas durante o estudo foram: Porcentagem de germinação, anormalidades, sementes mortas, sementes duras, porcentagem da primeira contagem da germinação, IVG (índice de velocidade de germinação), comprimento de radícula, massa do eixo embrionário, classificação de vigor, relação radícula/hipocótilo. O efeito do estresse hídrico sobre a viabilidade das sementes e sobre o vigor das plântulas foi severo a partir de -0,4 MPa. O genótipo CNPA 187 8H foi o menos sensível aos níveis de potencial osmótico: -0,2; -0,4; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa, tanto em termos de germinação, como de vigor, enquanto que os genótipo BRS RUBI e BRS SAFIRA podem ser classificados como medianamente sensíveis. O genótipo BRS 201 foi o mais afetado nos testes de viabilidade e vigor, mostrando-se mais sensível ao estresse hídrico. O percentual de sementes deterioradas aumentou suavemente até -0,8 MPa, acima deste ponto ocorreu uma queda dos valores; a porcentagem de sementes duras aumentou, nos níveis de maior concentração de PEG-6000. Os genótipos de algodoeiro herbáceo utilizados neste estudo mostraram comportamento diferenciado em relação ao desempenho da viabilidade e do vigor em diferentes níveis de estresse hídrico simulado por polietilenoglicol 6000.

Palavras Chaves: *Gossypium hirsutum* L.; Estresse Hídrico; Germinação; Vigor

INDUCED HYDRIC POTENTIAL FOR POLYETHYLENEGLYCOL-6000 IN THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF COTTON SEEDS

Author: Carlos Henrique Salvino Gadelha Meneses

Advisers: Prof. Dra. Riselane de Lucena Alcântara Bruno
Prof. Dra. Marcia Soares Vidal

ABSTRACT

The drastic changes in the globe temperature promote changes in agricultural crop areas, leading them to develop strategies of adaptation to this type of abiotic stress. This can result in a very complex modification of morphologic, physiological and molecular level. In this study four herbaceous cotton (*Gossypium hirsutum* L.) genotypes were analyzed for water stress tolerance during seed germination. The experiments were conducted in the Seed Laboratory of UFPB, Paraíba, Brazil. To evaluate water stress tolerance during germination, 50 seeds of each genotype were placed on *Germitest* paper previously soaked with different concentrations of polyethyleneglycol-6000 to give increased osmotic potentials (0.0; -0.2; -0.4; -0.6; -0.8 and -1.0 MPa). Seeds were incubated in the dark at $25\pm 1^\circ\text{C}$ in completely randomized design arrangement with four replicates each one with 50 seeds. The variables observed during the study were: Percentage of germination, abnormal seedlings, hard seeds, dead seeds, strong normal seedlings, first germination counting, GVI (Germination Velocity Index), embryonic axis mass, radicle length and radicle/hypocotyl.t. The effect of water stress on the viability of the seeds and in the seedling vigor was severe from -0.4 MPa. BRS 187 8H was less sensible to the levels of osmotic potential from -0.2 to -1.0 MPa. In terms of germination and vigor, while that genotype BRS-RUBI and BRS-SAFIRA can be classified as part sensitive, genotype BRS-201 was the most affected in the viability tests and vigor, revealing to be more sensitive to water stress. The percentage of spoiled seeds increased softly up to -0.8 MPa, above of this point a decreasing in the values occurred; the percentage of hard seeds increased, at levels of greater concentration of PEG-6000. The used genotypes of herbaceous cotton plant in this study had shown differentiated behavior in relation to the performance of the viability and of the vigor in different levels of water stress simulated for polyethyleneglycol-6000.

Key-words: *Gossypium hirsutum* L.; Water Stress; Germination; Vigor

LISTA DE FIGURAS

FIGURAS	Pág.
FIGURA 01 - Taxa média do consumo de água pelo algodão com relação ao tempo excedente de desenvolvimento da planta	25
FIGURA 02 – Percentuais médios de germinação (2ª contagem do teste de germinação) dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	48
FIGURA 03 – Percentuais médios de germinação (3ª contagem do teste de germinação) dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	52
FIGURA 04 - Percentuais médios de plântulas anormais dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	55
FIGURA 05 - Percentuais médios de sementes mortas dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	58
FIGURA 06 - Percentuais médios de sementes duras dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	61
FIGURA 07 – Percentuais médios de vigor (1ª contagem do teste de germinação) dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	66
FIGURA 08 - Médias do índice de velocidade de germinação dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	69
FIGURA 09 - Médias do comprimento de radícula dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	73
FIGURA 10 - Médias do comprimento de parte aérea dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	76
FIGURA 11 - Médias da relação radícula/parte aérea dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	79
FIGURA 12 - Médias da massa seca de eixo embrionário dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	82
FIGURA 13 – Percentuais médios de plântulas normais fortes dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	84
FIGURA 14 – Percentuais médios de plântulas normais fracas dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	85

LISTA DE TABELAS

TABELAS	Pág.
TABELA 01 - Concentração de polietilenoglicol (PEG 6000) utilizada para obter os diferentes níveis de potencial osmótico, com temperatura de 25°C.	37
TABELA 02 - Valores médios dos testes preliminares (0,0 MPa) de germinação e de vigor, realizado com 4 genótipos de algodoeiro herbáceo.	42
TABELA 03 - Valores médios dos testes preliminares (0,0 MPa) de umidade e condutividade elétrica, realizado com 4 genótipos de algodoeiro herbáceo.	43
TABELA 04 - Valores médios dos testes preliminares (0,0 MPa) de envelhecimento acelerado, realizado com 4 genótipos de algodoeiro herbáceo.	44
TABELA 05 - Valores de qui-quadrado médio das porcentagem de plântulas normais germinadas na 2ª contagem do teste de germinação, porcentagem de plântulas normais germinadas na 3ª contagem, plântulas anormais, sementes duras e sementes mortas em quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000.	46
TABELA 06 - Percentuais médios de germinação (12 dias) dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	48
TABELA 07 - Percentuais médios de germinação (20 dias) dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	52
TABELA 08 - Percentuais médios de plântulas anormais dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	55
TABELA 09 - Percentuais médios de sementes mortas dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	58
TABELA 10 - Percentuais médios de sementes duras dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	61
TABELA 11 - Valores de qui-quadrado médio das porcentagens de plântulas normais germinadas na 1ª contagem do teste de germinação, do índice de velocidade de germinação e da classificação do vigor em plântulas de quatro genótipos de algodoeiro herbáceo, em seis níveis de PEG 6000.	64
TABELA 12 - Valores do quadrado médio do comprimento de radícula, comprimento de parte aérea, da relação radícula/parte aérea e da massa do eixo embrionário de quatro genótipos de algodoeiro herbáceo, em seis níveis de PEG 6000.	64
TABELA 13 - Percentuais médios de vigor (1ª contagem do teste de germinação) dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	66
TABELA 14 - Médias do índice de velocidade de germinação dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	69
TABELA 15 - Médias do comprimento de radícula dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	73
TABELA 16 - Médias do comprimento de parte aérea dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	76
TABELA 17 - Médias da relação radícula/parte aérea dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	79
TABELA 18 - Médias da massa seca de eixo embrionário dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	82
TABELA 19 - Percentuais médios de plântulas normais fortes dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	84
TABELA 20 - Percentuais médios de plântulas normais fracas dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG-6000.	85

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOSA = ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS

BAG = Banco Ativo de Germoplasma

BOD = Biological Oxygen Demand

CH₄ = Metano

CO = Monóxido de Carbono

CO₂ = Dióxido de Carbono

CV = Coeficiente de Variação

DMS = Diferença Mínima Significativa

GENMOD = Generalized Linear Models

GL = Graus de Liberdade

GLM = General Linear Models

H⁺ = Íons Hidrogênio

ISTA = INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION

IVG = Índice de velocidade de Germinação

LOGIT = Função Ligadora Canônica

MPa = Mega Pascal

O₂ = Oxigênio

OH⁻ = Íon Hidroxila

P.M. = Pó Molhável

PEG-6000 = Polietilenoglicol 6000

QM = Quadrado Médio

R² = Coeficiente de Determinação

RAS = Regras para Análises de Sementes

SAS = Statistical Analyses System

TCC = Taxa De Crescimento Da Cultura

os = Potencial Osmótico

χ^2 = Qui-Quadrado

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
3. REVISÃO DE LITERATURA	18
3.1. Secas	18
3.2. Algodoeiro	19
3.3. Efeito do déficit hídrico na cotonicultura	24
3.4. Germinação	26
3.5. Testes de vigor	30
4. MATERIAL E MÉTODOS	34
4.1. Local do experimento	34
4.2. Genótipos	34
4.3. Deslintamento e desinfestação das sementes	34
4.4. Caracterização inicial das sementes utilizadas no estudo	35
4.4.1. Determinação da Umidade	35
4.4.2. Teste de Germinação	35
4.4.3. Primeira contagem da germinação	35
4.4.4. Envelhecimento acelerado	35
4.4.5. Condutividade elétrica	36
4.5. Simulação do estresse hídrico	36
4.5.1. Teste de germinação	37
4.5.2. Primeira contagem da germinação	37
4.5.3. Índice de velocidade de germinação (IVG)	37
4.5.4. Classificação do vigor da plântula	38
4.5.5. Comprimento de plântula	39
4.5.6. Massa seca de eixos embrionários	39
4.6. Delineamento experimental e análise estatística	39
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1. Caracterização inicial dos genótipos de algodão	42
5.2. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes submetidas a estresse hídrico	45
5.2.1. Avaliação da Viabilidade	45
5.2.1.1. Teste de germinação	47
5.2.1.2. Terceira contagem (adicional)	51
5.2.1.3. Plântulas anormais	53
5.2.1.4. Sementes Mortas	57
5.2.1.5. Sementes Duras	60
5.2.2. Avaliação do vigor	63
5.2.2.1. Primeira contagem do teste de germinação	65
5.2.2.2. Índice de velocidade de germinação (IVG)	68
5.2.2.3. Comprimento de radícula	71
5.2.2.4. Comprimento de parte aérea (Hipocótilo + Epicótilo)	75
5.2.2.5. Relação Radícula/Parte Aérea	78
5.2.2.6. Massa de Eixo embrionário	80
5.2.2.7. Classificação do Vigor em plântulas	83
6. CONCLUSÕES	87
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88

1. INTRODUÇÃO

A produção vegetal está sujeita a uma série de fatores intrínsecos, relacionados às características genéticas das plantas e, extrínsecos, que envolvem as condições de múltiplos estresses abióticos que limitam o seu desenvolvimento e suas chances de sobrevivência.

O algodão (*Gossypium hirsutum* L.) origina-se de plantas selvagens perenes que são adaptadas a ambientes semi-áridos, subtropicais e que toleram à seca e a temperaturas extremas (KOHEL, 1974). As cultivares modernas de algodão são o resultado de um longo e intenso processo de seleção para produzir grandes quantidades de fios na semente (“fibras” ou “Línter”) apropriados para se colher por processos mecânicos. Porém, esta seleção vem involuntariamente estreitando a base genética para a tolerância à seca dentro de cada espécie (ROSENOW et al., 1983).

A germinação, caracterizada como um processo irreversível é um dos estádios mais críticos do ciclo de vida da planta (ALMANSOURI et al., 2001). Estudos durante a fase de germinação são geralmente conduzidos preferencialmente em condições controladas de laboratório, onde as bases fisiológicas podem ser avaliadas satisfatoriamente como pré-requisito para condições de campo.

Khajeh-Hosseini et al. (2003) afirmam que, dos diversos fatores ambientais capazes de influenciar o processo germinativo, a disponibilidade de água é um dos mais importantes. Isto se torna mais evidente, considerando as plantas cultivadas em regiões de escassez de chuvas. Assim, a disponibilidade hídrica é vista como uma limitação para o cultivo, em especial nas regiões tropicais, uma vez que sob o aspecto térmico, as plantas não sofrem restrições acentuadas nas épocas normais de semeadura (GOMES, 1982). Segundo Larcher (2000), um dos métodos mais difundidos para determinação da tolerância das plantas aos estresses abióticos é a observação da capacidade germinativa das sementes nestas condições. Testes de laboratório, sob condições de restrição hídrica, têm ajudado a identificar cultivares mais resistentes a tais adversidades, conforme observaram Pirdashti et al. (2003), em genótipos de arroz e Tonin et al. (2000), em genótipos de milho.

De acordo com Taiz e Zeiger (2004), a primeira etapa da germinação se processa com a absorção de água pela semente, mediante embebição. A água é responsável pela reidratação, através da absorção, estando envolvida, direta ou indiretamente em todas as demais etapas do metabolismo subsequente. Sua partição é

decisiva nas reações enzimáticas, na solubilização e no transporte de metabólicos e como reagente na digestão hidrolítica de proteínas, carboidratos e lipídios dos tecidos de reserva da semente (WOODSTOCK, 1998; MAYER e POLJAKOFF-MAYBER, 1989; DELL'AQUILA, 1992; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

A fim de serem simuladas condições padronizadas de estresse hídrico em condições de laboratório, estudos de germinação têm sido realizados com a utilização de soluções aquosas de polietilenoglicol (PEG), por serem compostos químicos inertes e não tóxicos (MURILLO- AMADOR et al., 2002; FANTI e PEREZ, 2004). Podem-se utilizar também soluções de sacarose ou manitol, porém a complicação fisiológica decorrente é a entrada destes produtos nas sementes, resultando problemas de toxicidade. Além disso, outros agravantes como a possibilidade de contaminação microbiana e simulação infiel das condições naturais são também considerados neste caso.

Considerando que a porcentagem de germinação, a uniformidade e a velocidade de emergência das plântulas se refletem significativamente sobre o produto final e que existem poucas informações, na literatura disponível, sobre o emprego do polietilenoglicol 6000 (PEG-6000) e seus efeitos na germinação de sementes de algodoeiro herbáceo, este trabalho teve como objetivo estudar a qualidade fisiológica das sementes de quatro genótipos de algodoeiro herbáceo, submetidos a diferentes níveis de potenciais osmóticos induzidos por PEG-6000 na fase de germinação.

2. OBJETIVOS

Objetivo geral

Estudar a qualidade fisiológica das sementes de quatro genótipos de algodoeiro herbáceo, submetidos a diferentes níveis de potenciais osmóticos induzidos por PEG-6000 na fase de germinação.

Objetivos Específicos

a) Estudar o comportamento de quatro genótipos de algodoeiro herbáceo, submetidos a diferentes níveis de potenciais osmóticos induzidos por PEG 6000;

b) Identificar o melhor nível de estresse hídrico (níveis de potenciais osmóticos induzidos por PEG 6000), a ser utilizado para estudos de estresse hídrico na fase de germinação em algodoeiro herbáceo;

c) Estabelecer entre os quatro genótipos de algodão herbáceo estudados, os mais tolerantes e os mais sensíveis ao estresse hídrico simulado na fase de germinação.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. SECAS

O fenômeno do aquecimento global, causado pelo acúmulo excessivo de gases chamados de efeito estufa (notadamente CO₂, CO, e CH₄) em uma camada ao redor do planeta, impedindo a radiação de raios infravermelhos de volta ao espaço e aumentando assim o calor retido na atmosfera, é um problema global que já faz sentir seus efeitos.

O problema tem sua origem no ciclo do carbono no planeta, que vem sendo constantemente acelerado pela atividade antrópica, com a extração e queima de petróleo e carvão e, além das queimadas de florestas e das emissões de metano das grandes hidrelétricas, plantações inundadas, como o arroz, e dos grandes rebanhos de gado.

Mudanças climáticas, secas, acentuação do efeito do *El Niño*, catástrofes de grandes proporções, ondas de calor com milhares de mortos na Europa, desequilíbrio das chuvas, grandes enchentes e frio intenso em regiões onde o clima era mais ameno são efeitos já visíveis da grande modificação que o planeta está sofrendo (STENSETH, 2002).

A seca é um fenômeno freqüente e característico do nosso país, com intensidade e efeitos variáveis no espaço e no tempo. A situação geográfica do território brasileiro é favorável à ocorrência de episódios de seca pelo que este fenômeno não constitui propriamente uma surpresa, devendo antes ser encarado como um elemento climático de determinada freqüência, pois tantas vezes já ocorreu no passado e certamente ocorrerá no futuro.

Uma vez que a seca é desencadeada por persistente ausência de pluviometria significativa, a variabilidade espacial da precipitação torna muito mais freqüentes as ocorrências de fenômenos regionais de seca.

As plantas estão sujeitas a uma grande variedade de estresses ambientais, incluindo temperaturas anormais, condições químicas e físicas do solo desfavoráveis e a várias doenças e pragas, contudo, pode-se dizer que o déficit hídrico reduz o crescimento e a produtividade vegetal mais que todos os outros estresses combinados, pois ocorre em qualquer local, mesmo nas regiões consideradas úmidas (CUSHMAN e BOHNERT, 2000).

A agricultura sofrerá abalos com a mudança do regime de chuvas e modificações nos solos, com perda de produtividade e prejuízos à segurança alimentar, e causando migrações e conflitos.

Segundo o IPCC (2001), apesar do aumento da concentração de CO₂ ser um estimulante ao crescimento das plantações, as vantagens desse crescimento não compensam os malefícios causados globalmente pelo excesso do gás. As modificações nas culturas e na criação de animais serão muito caras, pois a adaptação às mudanças climáticas poderá envolver ajustes nas épocas de plantio e colheita, quantidades de fertilizante usado, frequência de irrigação, cuidados com as cultivares e seleção de novas espécies de animais mais adaptadas.

A mudança no regime de chuvas, causando secas em regiões que não tinham este problema, e chuvas excessivas em outras regiões, causará perdas de produtividade, o que por si só já é um grande problema que afeta a saúde das populações, aumentando a possibilidade de doenças pela desnutrição (CSD, 1997).

De acordo com o cenário traçado pelos especialistas, as grandes culturas terão suas áreas de cultivo reduzidas praticamente pela metade assim que a temperatura média da Terra estiver 5,8°C acima da atual, situação prevista para ocorrer num prazo de 50 a 100 anos (TILMAN et al., 2001).

À medida que o solo seca, torna-se mais difícil as plantas absorverem água, porque aumenta a força de retenção e diminui a disponibilidade de água no solo às plantas.

3.2. ALGODOEIRO

Os algodoeiros pertencem ao gênero *Gossypium* (tribo *Gossypieae*, família *Malvaceae*, ordem *Malvales*). Fryxell (1992) relata que esse gênero possui um total de 50 espécies, sendo 45 diplóides ($2n = 2x = 26$ cromossomos), oriundas de zonas tropicais e subtropicais do Velho Mundo, e cinco espécies alotetraplóides ($2n = 4x = 52$ cromossomos).

As espécies cultivadas diplóides, conhecidas como algodoeiros do Velho Mundo, são *Gossypium arboreum* e *Gossypium herbaceum*. A primeira permanece com certa importância em regiões da Índia, Paquistão, China e Tailândia, e a segunda, ocupa uma área significativa apenas na Índia. A contribuição de ambas, para a produção mundial de algodão, não chega a 4% (FUZATTO, 1999).

Com base no tamanho dos cromossomos, essas espécies têm sido reunidas em sete grupos genômicos diplóides (A – B – C – D – E – F – G) e um tetraplóide (AD). As espécies tetraplóides se originaram do cruzamento de uma espécie cultivada diplóide, sendo *G. herbaceum* a hipótese mais aceita, com uma diplóide selvagem do Novo Mundo, *G. raimondii*, ocorrendo a seguir, no híbrido resultante, uma duplicação espontânea no número de cromossomos (ENDRIZZI et al., 1985; FUZATTO, 1999). Dessas espécies, apenas quatro produzem fibras aproveitáveis comercialmente: *G. arboreum* e *G. herbaceum* (diplóides) e *G. barbadense* e *G. hirsutum* (tetraplóides). A espécie *G. barbadense* é cultivada principalmente no Egito, Sudão, Peru, Estados Unidos e alguns países da antiga União Soviética, sendo responsável por pouco mais de 5% da produção mundial. Por outro lado a espécie *G. hirsutum*, conhecida como algodoeiro “Upland” (sequeiro ou terras altas) é responsável por mais de 90% da produção mundial (FUZATTO, 1999); tendo recebido maior atenção da pesquisa, em todo o mundo.

As primeiras referências sobre o algodoeiro datam de muitos séculos antes de Cristo. Nas Américas, há evidências de que civilizações incas utilizavam-no para o artesanato têxtil, em virtude dos vestígios milenares encontrados no Peru. No Brasil, à época do descobrimento, os indígenas já cultivavam o algodoeiro, utilizando a fibra na confecção de tecidos, o caroço amassado e cozido na alimentação e o sumo das folhas como remédio (COSTA e OLIVEIRA, 1982; RESENDE e MOURA, 1990).

De acordo com Gonçalves (1994), o complexo cotonícola tem sido estratégico no desenvolvimento econômico das nações. Assim, ocorreu com a Inglaterra no século XIX, que tinha nessa indústria sua principal força competitiva, e com o Japão que, no período posterior à Segunda Guerra Mundial, teve, nas exportações de têxteis, a base de sustentação da sua recuperação econômica.

No cenário brasileiro, o algodão contribui juntamente com outras matérias primas agrícolas, para a geração de divisas desde a época colonial. Naquele período, sua importância resumia-se ao produto *in natura*. A partir da implantação do parque industrial, na década de 30, o algodoeiro passou a sustentar uma expressiva atividade econômica, seja pela exportação de produtos manufaturados têxteis ou de outros subprodutos (MORAES, 1997).

As cultivares diferenciam-se quanto ao tamanho da fibra (curto, médio, longo), com duração de ciclo (curto: 120 a 140 dias; longo: 150 a 180 dias), porte baixo ou alto, resistência a doenças, entre outras características.

O algodoeiro é uma planta ereta, anual ou perene, dotada de raiz principal cônica, pivotante, profunda e com pequeno número de raízes secundárias grossas e superficiais. O caule herbáceo ou lenhoso tem altura variável e é dotado de ramos vegetativos (4 a 5 intraxilares, na parte de baixo) e ramos frutíferos (extraxilares, na parte superior).

O sistema radicular do algodoeiro é do tipo pivotante, cuja raiz principal pode chegar até 2m ou mais, dependendo do tipo de solo; as raízes secundárias saem lateralmente da principal, ramificando-se rapidamente e situando-se, principalmente, a uma profundidade entre 5 e 30 cm. O caule é ereto, cilíndrico, as vezes ligeiramente retangular ou pentangular, com consistência sublenhosa nas formas anuais e lenhosa nas perenes, como no Mocó, em que chega a 15 cm de diâmetro; uma sucessão de nós e internódios é encontrada no caule, variando a distância de 0,5 a 15 cm, entre e dentro de espécies. Em geral, *G. barbadense* tem internódios mais compridos que *G. hirsutum* (GRIDI-PAPP, 1965).

O metabolismo fotossintético da planta é C₃, tendo elevadas taxas de fotorrespiração, apesar de ser heliófita, não se saturando em condições de campo, mesmo com o máximo de radiação solar de cerca de 1000 W.m⁻² ou 2000 μE.m⁻².s⁻¹, tendo estrutura do dossel planofoliar, com elevadíssimo coeficiente de extinção de luz (BAKER et al., 1972 e BENEDICT, 1984). A taxa de crescimento da cultura (TCC) do algodoeiro herbáceo é baixa, variando em torno de 15 g.m⁻².dia⁻¹

algodão na ordem de 28 a 45%, dependendo da duração do déficit (DOORENBOS et al., 1979).

Genótipo BRS RUBI

Em 1996, realizou-se o cruzamento entre um material introduzido dos EUA que tinha a coloração da fibra marrom escura e a cultivar 7H de fibra branca de boa qualidade e ampla adaptação na região Nordeste. A geração F1 desse cruzamento foi avançada até F3, onde se iniciou um programa de seleção genealógica com o objetivo de selecionar linhagens possuidoras de fibra de coloração marrom escura ou marrom telha de boas características tecnológicas de fibras e boa produtividade. Além dos critérios de seleção normalmente utilizados no algodoeiro, foi dada ênfase a maior intensidade da cor marrom telha. Após vários ciclos foram selecionadas algumas linhagens com fibra marrom escura que participaram de ensaios comparativos de rendimento em vários locais da região Nordeste por dois anos. Nestes ensaios, destacou-se a linhagem CNPA 01-22 por sua intensa coloração marrom telha e também boa produtividade, tendo sido eleita para se tornar uma cultivar com nome BRS RUBI.

A BRS RUBI tem sido bastante produtiva em condições de sequeiro na região Nordeste, obtendo-se um rendimento médio de 1848 Kg.ha⁻¹ de algodão em caroço, semelhante ao da CNPA 7H (1980 kg.ha⁻¹), em três locais no ano de 2003. Já em 2004, a média de três locais quanto ao rendimento da BRS RUBI foi superior a da CNPA 187 8H, usada como testemunha, 1894 kg.ha⁻¹ e de 1539 kg.ha⁻¹, respectivamente. Pela baixa incidência de doenças foliares e de solo na região, esta cultivar se destina preferencialmente ao Nordeste.

Genótipo BRS SAFIRA

Em 1996, realizou-se o cruzamento entre um material introduzido dos EUA que apresentava a coloração da fibra marrom escura e a cultivar CNPA 87-33 de fibra branca de boa qualidade e ampla adaptação a região Nordeste. A geração F1 deste cruzamento foi avançada até F3, onde se iniciou um programa de seleção genealógica com o objetivo de selecionar linhagens possuidoras de fibra de coloração marrom escura ou marrom telha de boas características tecnológicas de fibras e boa produtividade. Além dos critérios de seleção normalmente utilizados no algodoeiro, foi dada ênfase a maior intensidade da cor marrom telha. Após vários ciclos, foram

selecionadas algumas linhagens com fibra marrom escura que participaram de ensaios comparativos de rendimento em vários locais da região Nordeste por dois anos; nesses ensaios, destacou-se a linhagem CNPA 01-55 por sua intensa coloração marrom telha, e também pela boa produtividade, tendo sido eleita para se tornar uma cultivar com nome BRS SAFIRA.

A BRS SAFIRA foi bastante produtiva em condições de sequeiro na região Nordeste, obtendo-se um rendimento médio de 1915 kg/ha de algodão em caroço, semelhante ao da CNPA 7H (1980 Kg.ha⁻¹), em três locais no ano de 2003. Já em 2004 (média de três locais), o rendimento da BRS SAFIRA foi superior ao da CNPA 187 8H, usada como testemunha, 1221 Kg.ha⁻¹ e de 1283 Kg.ha⁻¹, respectivamente. Como a incidência de doenças foliares e de solo é baixa no Nordeste, esta cultivar destina-se preferencialmente a esta região.

Genótipo BRS 201

A cultivar BRS 201 originou-se de um cruzamento dialético parcial, entre um grupo de seis cultivares e outro de 15. A população F1 foi conduzida até a geração F4, por autofecundação, quando se iniciou a seleção visando produtividade e resistência às doenças, o que resultou na linhagem selecionada em 1996, denominada CNPA 96-12, que deu origem à BRS 201.

A BRS 201 possui, em média, ciclo do plantio à colheita de 120 dias podendo ser considerada, em termos de precocidade, de ciclo médio. Os primeiros capulhos abrem-se, em geral, aos 110 dias. O porte da parte se situa, em média, em torno de 1m, nas condições em que foram realizados os experimentos na região do Nordeste. A cor da flor e do pólen é amarela e as folhas das plantas são do tipo palmado.

Genótipo CNPA 187 8H

A cultivar CNPA 187 8H originária do cruzamento entre a linhagem CNPA 77/105, resistente à broca da raiz, e a D3-79, de origem americana. A linhagem CNPA77-105 tem características de alta produtividade, sendo e descendente de um material tolerante à seca, o SU-0450/8909, característica transmitida à CNPA 187 8H, que se mostrou com alta produtividade nos ensaios conduzidos na região Nordeste, durante vários anos, incluindo os de baixa precipitação pluvial. Durante as avaliações das progênes, obteve-se a CNPA 86-1190-5, sempre com rendimento superior em

relação às testemunhas; posteriormente, devido a sua superioridade nos ensaios de linhagens e ensaios regionais de cultivares e linhagens, a mesma foi selecionada para dar origem à cultivar CNPA 187 8H.

A CNPA 187 8H possui ciclo do plantio a colheita de 140 dias, podendo ser considerada de ciclo médio. A planta é pilosa, caule verde, corola amarela abrindo-se os primeiros capulhos em geral, aos 110 dias, o crescimento é intermediário com altura média de 1m, nas condições do Nordeste, a forma da folha é palmada e a maçã é de formato oval, pesando o capulho 6,5 g, em média. Considerando-se a baixa pluviosidade dos anos em que foram realizados os ensaios, mesmo assim a produtividade da cultivar CNPA 187 8H foi 4,6% superior a de outros genótipos, indicativo de ter boa tolerância ao estresse hídrico, característica esta herdada da SU 0450/8909, sabidamente tolerante à seca.

3.3. EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO NA COTONICULTURA

Embora o algodão seja considerado uma cultura tolerante à seca, a quantidade de fibra produzida é proporcional ao volume de água fornecido durante o seu cultivo. Em cada estação, o algodão utiliza aproximadamente 131,70 a 238,32 cm.ha⁻¹ de água. Assim, as irrigações suplementares oportunas e adequadas, bem como a fertilidade, a escolha da cultivar, a prática cultural, o controle de pragas, a colheita na época certa e a gerência de resíduos são fatores que proporcionam a otimização da produção do algodão durante os períodos da seca (BUCKS, 1988).

Os três períodos chaves para crescimento do algodão, nos quais devem haver uma umidade suplementar, ocorrem durante o estabelecimento do *stand*, a pré-floração e logo depois da abertura dos primeiros capulhos. Uma umidade satisfatória no semeio estabelecerá um *stand* de plantas saudáveis e uniformes; para o processo de polinização é necessário o fornecimento de água suficiente antes das primeiras florações. A água é requerida também entre a abertura inicial dos capulhos e a abertura de 50 % destes para que as fibras possam adquirir força e comprimento (McWILLIAMS, 2002).

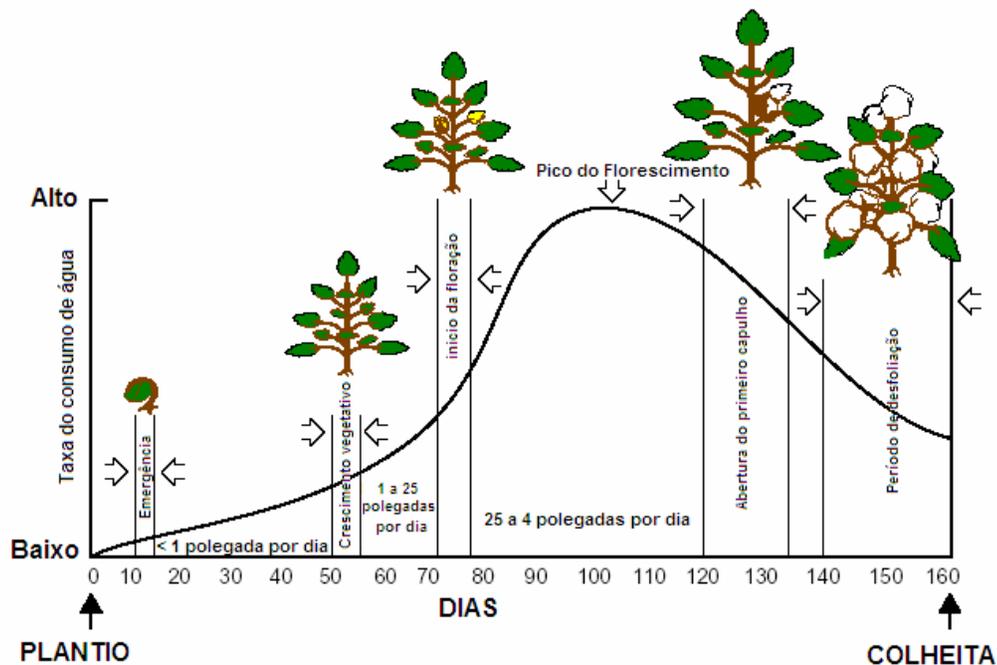


Figura 01. Taxa média do consumo de água pelo algodão com relação ao tempo excedente de desenvolvimento da planta (McWILLIAMS, 2002).

Uma seca severa em plantas de algodão retardará o desenvolvimento da planta e fará com que os capulhos e os quadrantes de cada capulho não se desenvolvam normalmente. As irrigações no período de estabelecimento da pré-floração afetam no rendimento total (WANJURA, 1996).

Se controlado corretamente, o algodão pode suportar uma seca sobre solos que não são irrigados com frequência, com textura grosseira e arenosa, também em condições quentes. Mesmo durante o pico da floração, o algodão usará somente aproximadamente 0,762 a 1,016 cm de água por o dia. Os campos irrigados de algodão, naturalmente, respondem bem à umidade adicional (McWILLIAMS, 2002).

A umidade pode melhorar ou não a qualidade da fibra do algodão. O déficit hídrico abaixo de - 22 ou - 23 bars, particularmente em estádios após a floração, reduzir-se-á o desenvolvimento dos capulhos, a força das fibras nos capulhos e aumentar-se-á o micronaire nos capulhos existentes. O comprimento da fibra de algodão, a força, o peso da semente e a porcentagem do óleo são controlados também pela umidade. O comprimento da fibra é o mais afetado, podendo ocorrer com a suspensão de água durante 16 a 20 dias após o florescimento (WANJURA, 1996).

A força da fibra é afetada entre 25 a 30 dias, e os mais afetados no desenvolvimento do capulho com três a quatro dias antes da abertura do capulho. Durante uma seca extrema, a suspensão repentina da irrigação ou imediatamente depois do pico de florescimento reduzirá a porcentagem de fibras. Uma umidade satisfatória durante o desenvolvimento do capulho incentivar­á o desenvolvimento dos pesos da semente e da fibra, embora o comprimento da fibra e o valor do micronaire podem ser melhorados (McWILLIAMS, 2002).

Variedades de algodão de estação úmida com um tipo indeterminado de crescimento podem permitir que as plantas recuperem seu status hídrico após períodos de seca. As variedades de PIMA e de ACALA podem exigir mais umidade do que outras cultivares. Estas cultivares são frequentemente são melhoradas no aspecto de rendimento (DETAR, 1993).

3.4. GERMINAÇÃO

Germinação, do latim *germinatio*-, pode ser definida como o início do desenvolvimento de um novo indivíduo vegetal a partir de uma semente colocada sob condições favoráveis (LAROUSSE, 1998) dando origem a uma plântula normal (MARCOS FILHO et al., 1987). Labouriau (1983) define o termo, botanicamente, como um fenômeno biológico com uma série de conversões metabólicas que levam ao rompimento do tegumento pela radícula.

O processo germinativo compreende aqueles eventos celulares e metabólicos que se iniciam com a absorção de água por sementes quiescentes e culminam com o alongamento do eixo embrionário, conforme enfatizado por Côme e Tissaoui (1973), Bewley e Black (1994), Bewley (1997) e Egley (1999).

Do ponto de vista dos tecnólogos de semente, o processo é reconhecido desde que as plântulas apresentem tamanho suficiente para que possam avaliar a normalidade de suas partes e a sua possibilidade de sobrevivência. Em tecnologia de sementes, porém, a conceituação de germinação tem um cunho mais prático, incluindo a fase de crescimento da plântula. Portanto, a germinação de sementes, em teste de laboratório, é a emergência das estruturas essenciais do embrião, demonstrando sua aptidão para produzir planta normal sob condições favoráveis de campo (BRASIL, 1992; ISTA, 1993).

Conforme Borges e Rena (1993), para ocorrer a retomada do crescimento das estruturas essenciais do embrião (germinação), a semente deve estar madura, ser

bem constituída e ter conservado o poder germinativo e, ao mesmo tempo, deve receber, do meio exterior, água e oxigênio em quantidade suficiente para assegurar um intenso metabolismo. Por outro lado, Mayer e Poljakoff-Mayber (1989) afirmam que fatores como composição química e balanço hormonal influenciam sobremaneira no processo germinativo.

Temperatura, disponibilidade de água e luz são fatores ambientais que influenciam, consideravelmente, no processo de germinação, sendo que a quantidade desses fatores varia de acordo com as espécies e cultivares. De acordo com Carvalho e Nakagawa (1986), quando a temperatura é elevada, ocorre maior absorção de água, afetando, significativamente, a germinação. Por outro lado, Evenari (1965) considera o elemento luz essencial ao processo, visto que é indicador de classificação de espécies. O mesmo autor designa a sensibilidade das sementes à luz como fotoblastismo positivo ou negativo.

A porcentagem de plântulas normais obtida no teste de germinação representa o máximo que a amostra pode oferecer, uma vez que o teste é conduzido sob condições ótimas, artificiais e padronizadas para cada espécie avaliada.

Durante o processo de germinação, a composição química da semente se altera, e a velocidade de utilização de reservas varia de acordo com a espécie. A

fase de absorção estacionária (fase II) e, em seguida, o restabelecimento da absorção associado com a emergência do eixo embrionário (fase III). Portanto, a absorção de água durante a fase de embebição é suficiente para o reinício das atividades metabólicas que culminam com a efetiva retomada de crescimento pelo eixo embrionário (BEWLEY, 1997).

Adicionalmente, o aumento de volume da semente, resultante da entrada de água em seu interior, provoca a ruptura do tegumento, viabilizando, desse modo, a difusão de oxigênio para os tecidos internos e o início da emergência da raiz primária (MARCOS FILHO, 1986; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). A intensificação da atividade respiratória é uma das alterações iniciais ocorridas a partir da embebição das sementes (BEWLEY, 1997). A respiração envolve a oxidação de matérias orgânicas na semente com a formação de energia e de substâncias intermediárias necessárias aos processos anabólicos da germinação (BEWLEY e BLACK, 1994; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Portanto, o oxigênio é outro fator fundamental para que a germinação ocorra, muito embora, as exigências das sementes com relação a esse elemento sejam, usualmente, baixas comparando-os com os níveis em que ocorre na atmosfera (COPELAND e MCDONALD, 1985; MARCOS FILHO, 1986; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000). Vale salientar que o teor de oxigênio necessário para a germinação aumenta conforme se eleva a temperatura do ambiente e vice-versa (CÔME e TISSAOUI, 1973).

Durante o teste de germinação as sementes são supridas de água por absorção através de substratos como papel, pano, areia e solo. O suprimento de oxigênio, por sua vez, é, em grande parte, determinado pela condição de umidade, uma vez que o excesso de água limita a disponibilidade de O₂ ou desse elemento (POLLOCK, 1974). Adicionalmente, o substrato funciona como um suporte físico para o desenvolvimento das plântulas. Os substratos citados anteriormente são aqueles indicados nas Regras para Análi0.1128 w q 25.8(e)-6(s)]TJ (r)3(a)-6(t)-2(o)10()-190(f)-7(unc)4(i)-2(on

(POPINIGIS, 1977; MARCOS FILHO, 1986; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

relação às espécies arbóreas tropicais e subtropicais, a germinação de suas sementes tem ocorrido com maior eficiência na faixa de 20 a 30°C (BORGES e RENA, 1993). As temperaturas cardeais para a germinação são definidas em função do período de exposição das sementes (MAYER e POLJAKOFF-MAYBER, 1989; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000), devido ao fato de diferentes fases do processo serem afetadas pela temperatura (COPELAND e MCDONALD, 1985). Dentro de certos limites, acréscimos de temperatura contribuem para acelerar o processo de germinação, enquanto temperaturas abaixo da ótima tendem a reduzir a velocidade do processo (MARCOS FILHO, 1986; CARVALHO e NAKAGAWA, 2000).

Existem espécies cujo processo germinativo é favorecido por alternância diária de temperatura; porém, essa necessidade pode estar associada à dormência das sementes, embora a alternância de temperatura possa acelerar a germinação de sementes não dormentes (MACKAY, 1974; THOMSON, 1979; COPELAND e MCDONALD, 1985; Mayer e Poljakoff-Mayber, 1989). Assim, para a condução do teste de germinação temperaturas constantes ou alternadas são indicadas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992; ISTA, 1993) de acordo com a espécie a ser avaliada.

4. TESTES DE VIGOR

Para a Association of Official Seed Analysts - AOSA (1983), o vigor de sementes compreende um conjunto de características que determinam o potencial para a emergência e o rápido desenvolvimento de plântulas normais, sob ampla diversidade de ambiente. Marcos Filho (1999) considera que os objetivos básicos dos testes de vigor são: a identificação de diferenças no potencial fisiológico de lotes com germinação semelhante; distinguir, com segurança, lotes de alto e baixo vigor; classificar lotes em diferentes níveis de vigor, de maneira comparável à emergência de plântulas em campo, resistência ao transporte e potencial de armazenamento.

De acordo com Ellis (1992), o vigor de sementes pode influenciar o desenvolvimento das plantas e a produção através de efeitos diretos e indiretos. Efeitos indiretos podem ocorrer devido à emergência mais precoce e uniforme de lotes de sementes com maior potencial fisiológico, além da produção de plântulas com maior crescimento inicial; esta diferença poderia se manter ao longo do desenvolvimento da cultura, influenciando a densidade populacional, a estatura de

plantas, a produção de matéria seca e, conseqüentemente, a produtividade (KHAH et al., 1989; ELLIS, 1992).

Por outro lado, é possível que o vigor das sementes exerça efeito direto na capacidade dos tecidos da planta acumularem matéria seca. Entretanto, as estruturas da planta, presentes na semente, aparentemente são importantes apenas para o crescimento inicial da plântula, durante período relativamente curto após a emergência, pois, segundo Egli et al. (1990) e Tekrony e Egli (1991), a maioria dos tecidos vegetais envolvidos na produção de matéria seca é formada após a emergência da plântula; assim, parece pouco provável que a influência do vigor da semente possa se estender à capacidade desses tecidos participarem de processos fisiológicos que culminam com o acúmulo de matéria seca.

No estágio de plântula, ou seja, quando o vegetal ainda depende essencialmente das reservas da semente, acredita-se que o vigor exerça efeito direto sobre o seu desenvolvimento (KHAH et al., 1989; TEKRONY e EGLI, 1991; ELLIS, 1992); no entanto, ao atingir o estágio de planta, a influência do vigor da semente não seria tão clara e definida. De acordo com Carvalho (1986), o efeito do vigor da semente é atenuado com o decorrer do desenvolvimento da planta, passando a predominar a influência da interação entre genótipo e ambiente.

Os testes de vigor têm constituído ferramentas de uso cada vez mais rotineiro pela indústria de sementes, visando à determinação do potencial fisiológico. As empresas produtoras e as instituições oficiais têm incluído esses testes em programas internos de controle de qualidade e/ou para garantia da qualidade de sementes destinadas à comercialização. Segundo Marcos Filho (1999), os objetivos básicos dos testes de vigor são: avaliar ou detectar diferenças significativas na qualidade de lotes com germinação semelhante, complementando as informações fornecidas pelo teste de germinação; distinguir, com segurança, lotes de alto e de baixo vigor; separar (ou classificar) lotes em diferentes níveis de vigor, de maneira proporcional à emergência das plântulas em campo, resistência ao transporte e potencial de armazenamento. Frequentemente, observa-se que lotes de sementes apresentando germinação semelhante exibem comportamentos distintos em campo e/ou armazenamento.

A avaliação do vigor de sementes tem evoluído à medida que os testes vêm sendo aperfeiçoados, em direção à obtenção de resultados reproduzíveis, constituindo base para a tomada de decisões destinadas à manutenção do potencial fisiológico das

sementes após a maturidade; no entanto; os procedimentos disponíveis foram desenvolvidos para as sementes de grandes culturas. Os testes utilizados para hortaliças, muitas vezes, são adaptações baseadas em informações provenientes de estudos não específicos. Por outro lado, pesquisas realizadas no exterior demonstram que a atenção voltada ao desenvolvimento de testes direcionados para sementes de hortaliças, tem apresentado contribuições significativas para a indústria de sementes.

Lotes de sementes com germinação semelhante, freqüentemente, exibem comportamentos distintos durante o armazenamento e/ou em campo. As diferenças de vigor entre lotes podem ser explicadas pelo fato de que as primeiras alterações nos processos bioquímicos associados à deterioração ocorrem, em geral, antes que se manifestem os declínios significativos na capacidade germinativa (DELOUCHE e BASKIN, 1973). Por essa razão, o uso de testes de vigor é de grande importância no monitoramento do potencial fisiológico das sementes, a partir da maturidade (DIAS e MARCOS FILHO, 1995).

Vieira e Carvalho (1994) consideraram que cada tipo de teste tem sua eficiência na avaliação do vigor de sementes de determinadas culturas, não existindo, até o momento, nenhum teste de vigor que possa ser recomendado como padrão para todas ou mesmo para uma única espécie, uma vez que o vigor reflete a manifestação de várias características. A Association of Official Seed Analysts - AOSA (1983) enfatizou a importância da precisão dos procedimentos utilizados para a condução de testes de vigor, os problemas enfrentados para a padronização dos procedimentos e a apresentação dos resultados. Ressaltou que o principal desafio das pesquisas sobre testes de vigor está na identificação de parâmetros adequados, comuns à deterioração de sementes, de forma que, quanto mais próximo da maturidade fisiológica ou mais distante da perda da capacidade de germinação estiver o parâmetro avaliado, mais sensível deverá ser o teste, fornecendo, assim, informações complementares às obtidas no teste de germinação.

Portanto, além da necessidade de padronização da metodologia e de interpretação dos resultados, para possibilitar a comparação de dados obtidos por diferentes analistas e laboratórios, os testes de vigor devem preencher outras características, como: relação com a emergência de plântulas em campo, rapidez, objetividade, simplicidade, baixo custo e reprodutibilidade (DELOUCHE, 1976; AOSA, 1983; TEKRONY, 1983). Diante destas considerações, de acordo com Perry (1981) e McDonald (1998), a importância da padronização dos testes de vigor é

fundamental, à medida que as técnicas de manejo cultural se tornam mais sofisticadas, evidenciando a necessidade de se utilizarem sementes de qualidade diferenciada.

O vigor da semente é função de um conjunto de características que determinam o potencial para emergência rápida e uniforme de plântulas normais, sob ampla diversidade de condições de ambiente (AOSA, 1983). Em função disso, o uso de um único teste de vigor (fisiológico, bioquímico ou de resistência a estresse) pode gerar informações incompletas, tanto para uma única espécie como para avaliar o potencial de desempenho das sementes, sob diferentes condições ambientais (HAMPTON e COOLBEAR, 1990). Portanto, segundo Marcos Filho (1999), a tendência predominante é a combinação de resultados de diferentes testes, levando-se sempre em consideração a finalidade do uso dos resultados e as suas limitações.

Deve-se salientar, contudo que, a eficiência dos testes de vigor depende da escolha adequada de procedimentos, em função dos objetivos pretendidos; além disso, existem testes mais promissores para cada espécie e, muitas vezes, para diferentes cultivares da mesma espécie. Assim, a tendência é a combinação de resultados de diferentes testes, pois o uso de apenas um teste pode gerar informações incompletas; sabe-se que o vigor pode ser refletido através de várias características, de modo que um teste isolado é considerado deficiente.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local do Experimento

Esta pesquisa foi conduzida no Laboratório de Análise de Sementes do Centro de Ciências Agrárias - CCA da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Campus II, Areia, PB e na Embrapa Algodão (CNPA) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Campina Grande, PB.

4.2. Genótipos

No experimento foram utilizados quatro genótipos de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* var. *latifolium*), BRS RUBI, BRS SAFIRA, BRS 201 e CNPA 187 8H, provenientes do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa Algodão. Estes genótipos foram considerados, equipe de melhoramento genético, como possíveis fontes de genes que conferem às plantas uma relativa tolerância ao estresse hídrico, uma vez que foram provenientes de regiões de clima bastante árido do Nordeste brasileiro.

4.3. Deslintamento e Desinfestação das Sementes

Para o deslintamento químico das sementes, utilizou-se de ácido sulfúrico concentrado P.A. na proporção, em peso, uma parte de ácido para quatro partes de sementes, que foram ininterruptamente misturadas com uma espátula em um recipiente, até a remoção total do línter. Em seguida, as sementes foram submetidas à lavagem em água corrente (destilada), para remoção total do ácido, evitando-se o aquecimento da amostra; após a lavagem, foram postas para secar à sombra sob temperatura ambiente, seguindo recomendações de Chitarra et al. (2002).

Para redução de agentes contaminantes, após deslintadas, as sementes receberam um tratamento com o fungicida CAPTAN 500 P.M. (n-[(triclorometil)tio]-4-ciclohexeno-1,2-dicarboximida), aplicado sete dias antes da instalação dos experimentos.

4.4. Caracterização inicial dos genótipos de algodão

Inicialmente, as sementes dos genótipos foram submetidas à determinação do grau de umidade e aos testes de germinação e de vigor, descritos a seguir:

4.4.1. Determinação da Umidade

O grau de umidade foi determinado pelo método da estufa a $105\pm 3^{\circ}\text{C}$, durante um período de 24 horas, de acordo com as Regras para Análise de Sementes – RAS (BRASIL, 1992).

4.4.2. Teste de Germinação

As sementes foram avaliadas quanto ao potencial de germinação, utilizando-se de quatro repetições de cinquenta sementes por lote, distribuídas em rolos de papel Germitest umedecidos com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes do peso do substrato seco e colocados para germinar a 25°C em câmara de germinação. As avaliações foram efetuadas de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), aos quatro e 12 dias após a semeadura, sendo os resultados expressos em porcentagem média de plântulas normais para cada lote.

4.4.3. Primeira Contagem da Germinação

Esses dados foram obtidos computando-se a porcentagem de plântulas normais obtidas aos quatro dias após a instalação do teste de germinação. Os resultados foram expressos em porcentagem média de plântulas normais para cada lote.

4.4.4. Envelhecimento Acelerado

As sementes de cada genótipo foram distribuídas sobre uma tela de alumínio fixada em caixas plásticas tipo gerbox, num número de 200 sementes por genótipo, as quais foram acondicionadas em germinador por 72 horas a 41°C . Para o controle da umidade relativa do ar no interior das caixas, foram colocados 40 mL de água. Após esse período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação e determinação do grau de umidade das sementes envelhecidas. A avaliação da porcentagem de plântulas normais foi realizada aos 12 dias após a instalação do teste; uma vez obtido os

resultados, os percentuais de plântulas normais, anormais, sementes mortas e sementes duras foram calculados (GODOY, 1975).

4.4.5. Condutividade Elétrica

Para o teste de condutividade elétrica, foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento. Essas sementes foram pesadas e, a seguir, colocadas em 75 ml de água destilada a 25°C por um período de 24 horas, quando foram feitas as leituras da condutividade elétrica em condutímetro marca DIGIMED, modelo CD 21 A. Os resultados foram expressos em $\text{mS.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ de sementes.

4.5. Simulação do Estresse Hídrico

Para avaliação da influência do potencial hídrico na qualidade fisiológica das sementes, o substrato papel germitest utilizado nos testes de germinação foi embebido com soluções de polietilenoglicol (PEG 6000), nos seguintes níveis de potencial osmótico: 0,0; -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0 MPa (Tabela 01). O nível 0,0 MPa de potencial osmótico correspondeu à testemunha (controle), com a quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. A água utilizada nesse experimento foi desmineralizada e continha 0,02% de CAPTAN 500 PM.

Para o cálculo da quantidade de PEG 6000 a ser adicionada para se obter cada tensão de água, foi utilizada a equação proposta por Michel e Kaufmann (1973), ou seja:

$$os = - (1,18 \times 10^{-2}) C - (1,18 \times 10^{-4}) C^2 + (2,67 \times 10^{-4}) CT + (8,39 \times 10^{-7}) C^2T$$

em que:

os = potencial osmótico (bar);

C = concentração (gramas de PEG 6000/litro de água);

T = temperatura (°C).

As concentrações de PEG 6000, em gramas por litro de água desmineralizada, utilizadas para obter cada tratamento, encontram-se na Tabela 01.

Tabela 01. Concentração de polietilenoglicol (PEG 6000) utilizada para obter os diferentes níveis de potencial osmótico, à temperatura de 25°C.

Potencial osmótico (MPa)	Concentração (g PEG 6000/L H ₂ O)
0,00	0,000
-0,20	119,57
-0,40	178,34
-0,60	223,66
-0,80	261,95
-1,00	295,71

As avaliações foram realizadas através de testes de germinação e testes de vigor.

4.5.1. Teste de Germinação

O teste de germinação foi constituído de quatro subamostras de 50 sementes, colocadas para germinar entre três folhas de papel Germitest, umedecidas com as soluções, e em forma de rolos, condicionados em germinador à temperatura de 25°C.

As avaliações foram realizadas aos quatro dias (primeira contagem), 12 dias (contagem final) e uma contagem adicional, efetuada aos 20 dias, tendo em vista se estar trabalhando com simulação de déficits hídricos crescentes, os quais retardam a germinação das sementes. A percentagem de germinação foi computada segundo os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

4.5.2. Primeira Contagem

Este teste considerado como um indicativo de vigor, visto que a primeira contagem da germinação determina a população inicial de plântulas normais, foi realizado conjuntamente com o teste de germinação.

4.5.3. Índice de Velocidade de Germinação (IVG)

Esse teste foi estabelecido juntamente com o de germinação, obedecendo as prescrições recomendadas na RAS (BRASIL, 1992).

As avaliações das plântulas normais do teste de germinação foram realizadas diariamente e no mesmo horário, a partir do dia em que surgiram as primeiras plântulas normais, as quais foram computadas e retiradas do substrato. Ao

final do teste, foi calculada a velocidade de germinação, empregando-se o índice de velocidade de germinação.

$$IVG = \frac{G1}{N1} + \frac{G2}{N2} + \dots + \frac{Gn}{Nn}$$

Onde: G1, G2, Gn = número de plântulas normais computadas na primeira, na segunda e na última contagem;

N1, N2, Nn = número de dias transcorridos da semeadura à primeira, segunda e última (n) contagem.

4.5.4. Classificação do Vigor da Plântula

O teste de vigor foi realizado juntamente com o da germinação, onde as mesmas plântulas consideradas normais na germinação foram classificadas neste teste, inclusive a avaliação das plântulas normais, foram realizados nas datas e conforme especificações de Vieira e Carvalho (1994). As plântulas normais foram classificadas nas categorias de “fortes” (vigorosas) e normais “fracas” (pouco vigorosas).

Na primeira contagem, todas as plântulas normais que estavam bem desenvolvidas e morfológicamente perfeitas, sem rachaduras ou lesões, foram removidas e computadas como normais fortes. Plântulas que não preencheram esses requisitos permaneceram no teste até a contagem final, momento em que, todas as plântulas remanescentes foram avaliadas como normais e anormais. As plântulas normais foram classificadas como normais fortes e normais fracas, considerando-se algum problema em sua estrutura ou lesões, que não se caracterizaram como anormalidades.

Em algodão, são consideradas normais fracas as plântulas com raiz primária ausente, curta ou grossa; hipocótilo com rachadura, lesões, necrose, torcido ou enrolado; e cotilédone ausente ou com necrose em um ou ambos (VIEIRA e CARVALHO, 1994).

As plântulas normais fortes, computadas na primeira e na segunda foram somadas e posteriormente calculadas as respectivas porcentagens por repetição. Os resultados foram expressos em termos de porcentagem média de plântulas normais fortes e fracas, considerando-se a média aritmética das quatro repetições.

4.5.5. Comprimento de Radícula e Parte Aérea

Para avaliação do comprimento da plântula, foram utilizadas quatro repetições de 20 sementes, colocadas para germinar nas mesmas condições do teste de germinação, sendo distribuídas no sentido longitudinal das folhas, com o hilo voltado para a parte inferior do papel. Em seguida, os substratos em forma de rolos, foram colocados em sacos de plástico de coloração preta, com a finalidade de manter constante a umidade no seu interior e eliminar o efeito da luminosidade. Os rolos foram colocados em posição vertical no germinador regulado à temperatura de 25°C. As medições do comprimento das radículas e das partes aéreas foram realizadas apenas nas plântulas normais, eliminando-se as anormais e as sementes mortas (KRZYZANOWSKI et al., 1991). Foram mensurados o comprimento da radícula e da parte aérea, logo em seguida foi realizada a estimativa da relação radícula/parte aérea.

O tempo de duração dos ensaios precisou ser parcialmente modificado, nos níveis a partir -0,2 MPa, por se tratar de uma simulação de déficit hídrico. O período de avaliação, aumentou com a elevação dos níveis de estresse, estabelecendo-se um tempo máximo de 20 dias. As avaliações foram realizadas, em todos os genótipos, para cada nível de estresse, no momento em que um dos quatro genótipos atingisse 70% das sementes germinadas ou tivesse decorrido um prazo de 20 dias de espera. Logo as contagens foram feitas em diferentes períodos, quatro dias para 0,0 MPa, 12 dias para -0,2 e -0,4 MPa, enquanto os níveis de -0,6; -0,8 e -1,0 MPa foram encerrados no 20º dia.

4.5.6. Massa Seca de Eixos Embrionários

A determinação da massa seca das plântulas foi realizada em conjunto com o comprimento da plântula, removendo-se os cotilédones. Os eixos embrionários de cada repetição foram colocados em sacos de papel e postos para secar em estufa com circulação forçada de ar, regulada à temperatura de 80°C, durante 24 horas. Após esse período, as amostras foram colocadas para resfriar em dessecadores e pesadas em balança com precisão de um miligrama. Os resultados foram expressos em miligrama por plântula, conforme metodologia proposta por Krzyzanowski et al. (1991).

4.6. Delineamento Experimental e Análise Estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em todos os testes, no esquema fatorial 4 x 6 (genótipos x potenciais).

Na caracterização do material também se utilizou um delineamento inteiramente casualizado, onde, as variáveis com distribuição binomial foram submetidas à análise de *deviance* (testes de verossimilhanças para as fontes de variação controladas no modelo), sendo as médias das variáveis, comparadas pelo teste do qui-quadrado (χ^2) a 5% de probabilidade. Pois na pesquisa agrônoma, nos deparamos, não raramente, com situações nas quais os dados obtidos apresentam distribuição binomial. Nestes casos, as pressuposições básicas requeridas para aplicação da metodologia da análise de variância associada ao teste F, técnica normalmente utilizada, são violadas. Negligenciando estas restrições, pode-se incorrer em elevadas taxas de erro para os testes de hipóteses realizados e em inferências pouco confiáveis. Com a utilização dos modelos lineares generalizados, os problemas com escalas são grandemente reduzidos. Já para as umidades antes e depois do envelhecimento e condutividade elétrica, foram realizadas análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os dados de comprimento de radícula, comprimento de parte aérea, relação radícula/parte aérea e massa seca de eixos embrionários foram submetidos à análise de variância, sendo as médias destas variáveis comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e análise de regressão polinomial (MORAES e MENEZES, 2003). As demais variáveis, que apresentaram distribuição binomial (primeira contagem, plântulas normais, plântulas anormais, sementes duras, sementes mortas, plântulas normais fortes, plântulas normais fracas e IVG) foram submetidas à análise de *deviance*, sendo as médias das variáveis comparadas pelo teste do qui-quadrado (χ^2) até 5% de probabilidade, e à análise de regressão logística (ANDERSSON et al., 2002; BORGEM, 2004; VERHOEVEN et al., 2004), onde a regressão logística é um modelo probabilístico que descreve a relação entre uma variável resposta e uma ou mais variáveis explicativas, apresentando a resposta de maneira sucinta, geralmente como um número ou uma série de números, o modelo logístico permite ajustar os dados do problema a um modelo, o que torna mais fácil sua análise.

Em caso de interações significativas foram feitos os desdobramentos.

Quando os dados de primeira contagem, plântulas normais, plântulas anormais, sementes duras, sementes mortas, plântulas normais fortes, plântulas normais fracas e IVG, não apresentaram homocedasticidade de variâncias, os mesmos foram ajustados a um modelo linear generalizado com a função ligadora canônica

LOGIT (DEMÉTRIO, 2002). A análise de *deviance* foi realizada de forma seqüencial (tipo I). Os dados em porcentagem foram estimados utilizando-se da fórmula: $p = \frac{\exp(\mathbf{n}_{ij})}{1 + \exp(\mathbf{n}_{ij})}$ (PAULA, 2001).

Os ajustes foram realizados com base no procedimento GENMOD e GLM do sistema estatístico SAS[®] System/STAT (2006). As análises estatísticas foram realizadas por meio desse mesmo software.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização Inicial dos Genótipos de Algodão

As diferenças no potencial fisiológico inicial das sementes dos genótipos de algodão podem ser observadas pelos resultados dos testes de germinação, primeira contagem, e grau de umidade das sementes.

Todos os genótipos em análise possuíam a germinação superior à estabelecida (75%) nos padrões para a comercialização de sementes de algodão na Paraíba e no Brasil (Tabela 02).

Tabela 02. Valores médios dos testes preliminares (0,0 MPa) de germinação e de vigor, realizado com quatro genótipos de algodoeiro herbáceo. Areia, PB, 2006.

Genótipos	Variáveis Mensuradas						
	Primeira Contagem	Germinação	Plântulas anormais	Sementes duras	Sementes mortas	Normais fortes	Normais fracas
RUBI	80 b	93 b	6 ab	0 a	1 a	91 a	2 b
SAFIRA	82 ab	92 b	7 a	1 a	0 a	87 b	5 a
BRS 201	82 ab	95 ab	3 b	1 a	1 a	88 ab	7 a
CNPA 187 8H	87 a	96 a	3 b	1 a	0 a	92 a	4 ab
χ^2	7,79*	9,04*	8,83*	3,02 ^{ns}	5,57 ^{ns}	12,61**	12,71**
Deviance	43,98	86,05	66,97	24,78	22,36	50,92	50,26

(ns), (*) e (**), não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste do χ^2 .

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste do χ^2 .

Os valores da primeira contagem, assim como da germinação, de plântulas anormais, de sementes mortas, permitiram diferenciar os genótipos cujas médias variam de 80 a 87% para a primeira contagem, de 92 a 96% para a germinação, de 3,25 a 6% para plântulas anormais, e de 0 a 1% para sementes mortas, com exceção da característica sementes duras, que não foi possível diferenciar os genótipos entre si.

Os valores elevados de germinação não significam, necessariamente, que os genótipos possuem alto vigor, uma vez que o teste de germinação é conduzido em condições favoráveis de temperatura, umidade e luminosidade, permitindo ao genótipo expressar o potencial máximo para produzir plântulas normais (MARCO FILHO, et al., 1999). Inclusive, Hampton e Tekrony (1995) observaram que a maior limitação do teste de germinação é sua inabilidade para detectar diferenças de

potencial fisiológico entre os genótipos com alta germinação, indicando a necessidade de completar essa informação.

Contudo, observa-se uma diferença bastante significativa com relação ao percentual de plântulas normais fortes e fracas, que permitiu separar os genótipos em dois grupos. O genótipo BRS SAFIRA apresentou

(TOMES et al., 1998; MARCOS FILHO et al., 1999). No presente trabalho, o grau de umidade das sementes após o período de envelhecimento variou entre os genótipos de 10,44 a 10,75%, sendo essas variações inferiores aos limites toleráveis (Tabela 03).

Os resultados do teste de envelhecimento acelerado estão apresentados na Tabela 04. Onde se observa que o envelhecimento acelerado foi significativo, com exceção do número de sementes mortas.

Tabela 04. Valores médios dos testes preliminares (0,0 MPa) de envelhecimento acelerado, realizado com quatro genótipos de algodoeiro herbáceo. Areia, PB, 2006.

Genótipos	Variáveis Mensuradas			
	% Germinação depois do envelhecimento	Plântulas anormais depois do envelhecimento	Sementes duras depois do envelhecimento	Sementes mortas depois do envelhecimento
RUBI	45 a	17 b	36 c	2 a
SAFIRA	29 b	33 a	37 c	1 a
BRS 201	4 c	8 c	87 a	1 a
CNPA 187 8H	28 b	21 b	49 b	2 a
χ^2	200,53**	86,71**	294,30**	2,76 ^{ns}
Deviance	10,44	23,14	27,93	39,30

(ns) e (**), não significativo, significativo a 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste do χ^2 . Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste do χ^2 .

De forma geral, verificou-se que o período de 72h à temperatura de 41°C proporcionou a identificação de genótipos, onde, o genótipo BRS-201 apresentou-se como o de menor potencial fisiológico, com relação à porcentagem de germinação, e o BRS-RUBI, como o de melhor potencial fisiológico. Os genótipos BRS-SAFIRA e CNPA 187 8H apresentaram-se em nível intermediário, não havendo diferença entre eles.

Com relação ao percentual de anormalidades foi possível, também, separar os genótipos em três grupos: BRS-SAFIRA com maior porcentagem de plântulas anormais; BRS-201 com menor porcentagem de plântulas anormais e CNPA 187 8H e BRS-RUBI apresentaram-se em nível intermediário.

Em relação ao número de sementes duras, pelos dados obtidos foi possível separar os genótipos também em três grupos: BRS-201 com a maior porcentagem de sementes duras; BRS-SAFIRA e BRS-RUBI com a menor porcentagem, não diferindo estatisticamente entre si e a CNPA 187 8H em nível intermediário.

5.2. Avaliação da Qualidade Fisiológica de Sementes Submetidas a Estresse Hídrico

5.2.1. Avaliação da Viabilidade

Os testes de viabilidade são aplicados para determinar se as sementes são capazes ou não de germinar; eles determinam diretamente a germinação sob condições de restrição hídrica.

Houve efeitos significativos ao nível de 1% de probabilidade para genótipos (G), para níveis de potenciais osmóticos (N) simulados pelo PEG 6000 e para a interação genótipos x potenciais osmóticos (Tabela 05). Os quatro genótipos de algodoeiro estudados diferem na capacidade de germinar e de apresentar anormalidades, quando submetidos as diferentes condições de restrição hídrica (Tabelas 06 a 10).

As diferenças observadas entre os quatro genótipos em estudo, dentro de cada potencial osmótico, devem-se, certamente, às variações de origem genética; com relação ao vigor genético, alguns genótipos são mais sensíveis que outros a condições adversas, como o déficit hídrico, mesmo dentro da mesma espécie (PIRDASHTI et al., 2005)

Tabela 05. Valores de qui-quadrado das porcentagens de plântulas normais germinadas na 2ª contagem do teste de germinação, porcentagem de plântulas normais germinadas na 3ª contagem, plântulas anormais, sementes duras e sementes mortas em quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000. Areia, PB, 2006

Fonte de Variação	GL	Germinação	Contagem adicional (20 dias)	Plântulas Anormais	Sementes Duras	Sementes Mortas
-------------------	----	------------	---------------------------------	--------------------	----------------	-----------------

5.2.1.1. Teste de Germinação

Analisando-se a variável porcentagem de germinação aos 12 dias (Tabela 05), verifica-se que houve efeitos significativos ao nível de 1% de probabilidade para genótipos, para níveis de potenciais osmóticos simulados pelo PEG 6000 e para a interação genótipos x potenciais osmóticos.

Os resultados observados na Tabela 06 são condizentes com o esperado, uma vez que a concentração e sais no meio de germinação, neste caso o PEG, controla a absorção de água pelos tecidos da semente, dificultando ou impedindo o início do processo germinativo.

Após o desdobramento da interação, estão organizadas na Tabela 06 e plotadas na Figura 01, as porcentagens médias de germinação (12 dias), dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo, nos seis níveis de polietilenoglicol 6000.

O aumento crescente da concentração de PEG 6000 na solução reduziu a absorção de água (embebição) pelas sementes dos diferentes genótipos (Tabela 06), diminuindo, conseqüentemente, o percentual de germinação dos vários genótipos em estudo (Figura 01), o que está de acordo com Villela (1991). Os resultados obtidos assemelham-se, também aos observados por Jensen (1971), Sharma (1976), Singh e Singh (1983), Rossetto (1997), Queiroz (1998) e Tonin (2000) em estudos com sementes de algodão, forrageiras, trigo, soja, feijão e milho, respectivamente.

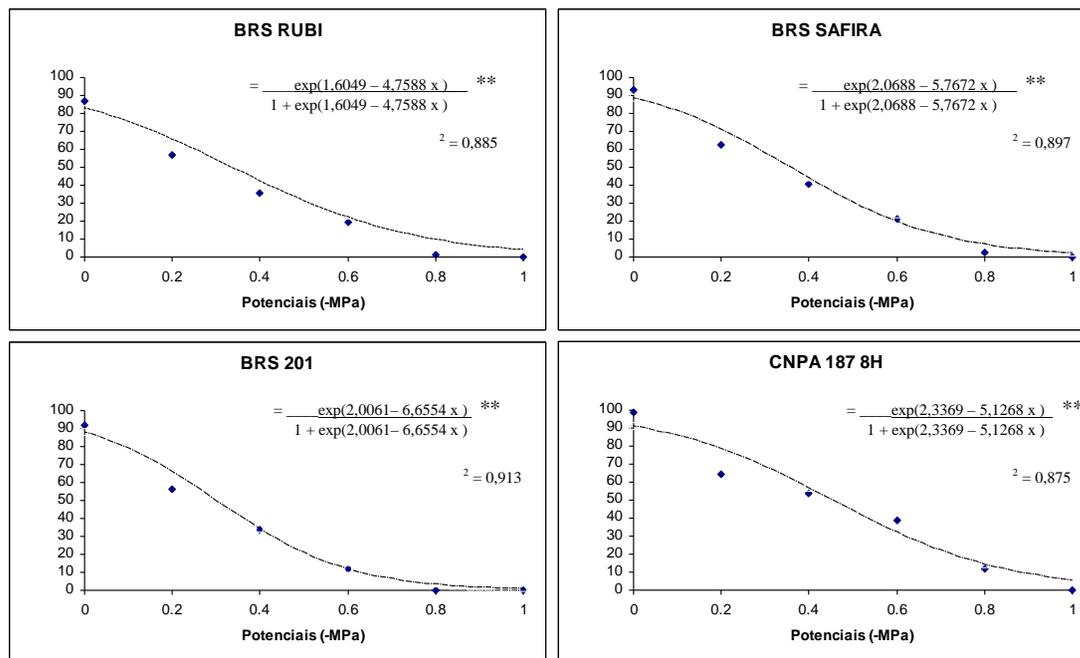
Pereira et al. (1998) trabalhando com algodão, verificaram os efeitos significativos para genótipos, níveis de potencial osmótico simulados pelo PEG 6000 e para a interação entre estes dois fatores, no que se diz respeito ao percentual médio de germinação.

Rosa et al. (2005), apresentam claramente a dificuldade imposta pelos potenciais mais elevados na germinação de Timbó, quando a partir de -0,4 MPa observa-se um decréscimo acentuado na germinação acumulada no decorrer do tempo, sendo agravada ainda mais ao utilizar os potenciais de -0,6 e -0,8 MPa.

Tabela 06. Porcentuais médios de germinação aos 12 dias dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo, em seis níveis de PEG 6000. Areia, PB, 2006.

Genótipos	Potenciais Osmóticos (-MPa)					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
RUBI	87 c	57 a	35,5 b	19,5 b	1,5 b	0 a
SAFIRA	93 ab	62,5 a	40,5 b	21,5 b	2,5 b	0 a
BRS 201	92 b	56,5 a	34 b	12 c	0 b	0 a
CNPA 187 8H	99 a	64,5 a	53,5 a	38,5 a	12 a	0 a

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste do χ^2 .



(*) e (**), significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste do χ^2 .

Figura 02. Porcentuais médios de germinação aos 12 dias dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo, em seis níveis de PEG 6000.

A germinação de *Peltophorum dubium* foi estudada por Perez et al. (2001), em diferentes condições de luminosidade, sob estresse hídrico por PEG 6000. Verificaram a diminuição na germinação em luz e em escuro de -0,6 MPa e -0,8 MPa, respectivamente, Córdoba et al. (1995), ao trabalharem com as mesmas concentrações de PEG 6000 utilizadas para o Timbó, encontraram resultados bastante semelhantes para a germinação de *Esenbeckia leiocarpa*. Segundo os autores, ao aproximar-se do potencial -0,8 MPa observaram-se valores mínimos de germinação. Já para *P. dubium*, o limite de tolerância ao estresse hídrico foi de -1,4 MPa (PEREZ et al., 2001).

Jeller e Perez (2001), trabalhando com sementes de *Senna spectabilis*, submetidas ao estresse hídrico, observaram um decréscimo na germinabilidade. Os valores de germinação

(V)2(e)-6(r)3(t)-2(r)13()-6(om)-2 estctesfi-6(r)13()-metencontpolm ('+äR, '

Okçu et al. (2005), estudando três genótipos de ervilha, em cinco potenciais e dois tipos de estresses, hídrico e salino, observaram que o estresse salino não apresentou efeito significativo, para porcentagem de germinação, entretanto, o estresse hídrico induzido pelo PEG-6000, reduziu a germinação drasticamente.

O genótipo CNPA 187 8H se destacou como o genótipo menos sensível, do potencial de -0,4 MPa até o nível de -0,8MPa, enquanto que as sementes do genótipo BRS 201 foram as que germinaram em percentuais mais baixos no nível de 0,6 MPa (Tabela 06, Figura 01).

Os gráficos de regressão da Figura 01 apresentaram um declínio da germinação, em função do aumento do estresse hídrico, mais drástico na cultivar BRS 201, enquanto que a cultivar CNPA 187 8H, sendo menos afetada, demonstrou menor sensibilidade ao estresse hídrico crescente.

Comparando-se os dados do presente trabalho com os obtidos por Jensen (1971), estudando o efeito da tensão de água no solo sobre a porcentagem de emergência de plântulas de algodão, observa-se que o referido autor encontrou percentuais relativamente maiores no décimo segundo dia após a instalação dos testes para os níveis de -0,5; -2; -4; -6; -8 e -10 bars, correspondentes a 80, 74, 68, 52, 23 e 3%; enquanto que de -11 a -15 bars, não ocorreu germinação. No presente trabalho, a germinação foi reduzida, quase que completamente, a -1,0 MPa (Figura 01). Essa comparação feita com os dados de germinação ao décimo segundo dia, não está de acordo com as considerações feitas por Collis-George e Sands (1962).

Pelos dados do percentual de germinação (Tabela 06), realizado segundo as RAS (BRASIL, 1992), pode-se classificar a cultivar CNPA 187 8H como menos sensível ao estresse hídrico, por ter percentuais maiores de germinação em todos os níveis estudados neste trabalho e se destacando, estatisticamente, nos potenciais -0,4; -0,6 e -0,8 MPa. Num grupo de sensibilidade intermediária, estão os genótipos BRS SAFIRA e BRS RUBI, pois se destacaram entre os melhores índices de germinação suplantadas apenas pelo CNPA 187 8H; e como potencialmente mais sensível, o genótipo BRS 201, pelos menores índices de germinação na maioria dos níveis de potenciais estudados, porem não diferindo estatisticamente dos BRS RUBI e BRS SAFIRA.

Os percentuais de germinação para cada genótipo nos diferentes potenciais osmóticos (Figura 01), e as análises de regressão logísticas possibilitaram a obtenção de equações logísticas. Observa-se, em geral, uma boa resposta entre essas variáveis, expressa pelo coeficiente de determinação R^2 , que permite estimar a porcentagem de germinação de sementes de cada genótipo estudado em função do potencial de água do substrato.

A partir das equações obtidas na Figura 01, pode-se observar que o genótipo BRS 201 perdeu a viabilidade mais rapidamente em relação aos outros genótipos, apenas com exceção do BRS SAFIRA, ao contrário do genótipo CNPA 187 8H que apresentou maior resistência com relação de perda da viabilidade.

5.2.1.2. Terceira Contagem (adicional)

Houve efeitos significativos a 1% de probabilidade para genótipos, para níveis de potenciais osmóticos simulados pelo PEG 6000 e para a interação genótipos x potenciais osmóticos, levando-se em consideração a variável 3ª contagem do teste de germinação.

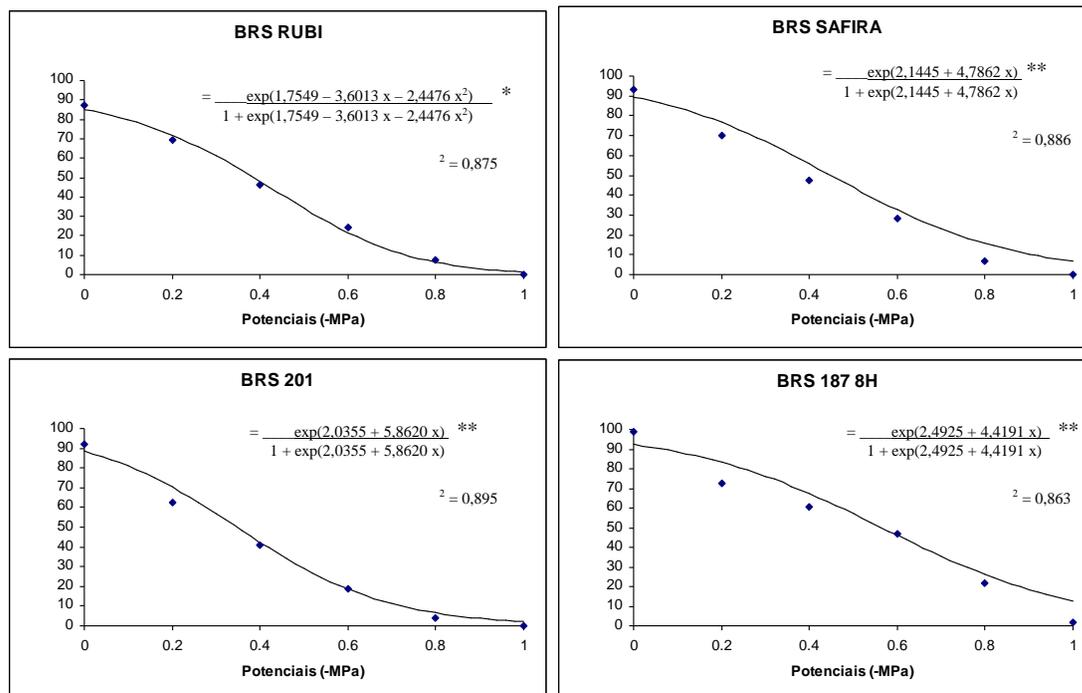
Após o desdobramento da interação, os valores do percentual médio da germinação aos 20 dias, dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo, em seis níveis de polietileno glicol 6000, estão apresentados na Tabela 07, e representados na Figura 02.

Nota-se que houve aumento da porcentagem de germinação da segunda para terceira contagem (Tabela 06 e Tabela 07). Isto é uma evidência da necessidade de se deter às especificações das Regras de Análises de sementes (BRASIL, 1992).

Tabela 07. Porcentuais médios de germinação aos 20 dias dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000. Areia, PB, 2006.

Genótipos	Potenciais Osmóticos (-MPa)					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
CNPA 187 8H	99 a	72,5 a	60,5 a	47 a	22 a	1,5 a
SAFIRA	93 b	70 a	47,5 b	28,5 b	7 bc	0 b
RUBI	87 c	69,5 a	46 b	24,5 b	7,5 b	0 b
BRS 201	92 b	62,5 b	41 b	18,5 c	4 c	0 b

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste do χ^2 .



(*) e (**), significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste do χ^2 .

Figura 03. Porcentuais médios de germinação aos 20 dias dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000.

Portanto, praticamente todas as observações feitas para a segunda contagem são, também, válidas para a terceira contagem, à exceção do nível de maior estresse (-1,0 MPa), em que as sementes do genótipo CNPA 187 8H continuaram a germinar, o que pode ser uma evidência do potencial dessa cultivar em situações de alto estresse hídrico.

Com relação à perda de viabilidade dos genótipos, observa-se um comportamento semelhante a avaliação anterior, onde, o genótipo BRS 201, perdeu a viabilidade mais rápido em relação aos outros genótipos, com exceção do BRS SAFIRA, ao contrario do genótipo CNPA 187 8H que apresentou-se com maior resistência com relação a velocidade de perda da viabilidade.

5.2.1.3.Plântulas Anormais

Verificou-se efeitos significativos para níveis de potenciais osmóticos simulados pelo PEG 6000 e para a interação genótipos x potenciais osmóticos, isso em relação a variável porcentagem de plântulas anormais do teste de germinação.

Pereira et al. (1998) também verificaram efeitos significativos a 1% de probabilidade para dez genótipos de algodoeiro, para seis níveis de potencial osmótico simulados pelo PEG 6000 e para a interação genótipo x potencial osmótico, para o percentual médio de plântulas anormais.

Após o desdobramento da interação, os dados de porcentagem de plântulas anormais estão organizados na Tabela 08. Nota-se, inicialmente, uma tendência de aumento da porcentagem de anormalidades, com o aumento da concentração de PEG 6000 em nível de 0,0 MPa até -0,4 MPa, mas a partir dos demais níveis os valores convergem decrescentemente. Pereira et al. (1998), estudando dez genótipos de algodoeiro em seis potenciais osmóticos também relataram uma tendência de aumento da porcentagem de anormalidades, com o aumento da concentração de PEG, do nível 0,0 para os níveis -0,2 , -0,4 e -0,6 MPa, mas a partir do nível seguinte, os valores decrescem.

Esclarece-se que plântulas anormais são sementes germinadas, mas que devido a lesões e/ou falta de estruturas essenciais na plântula resultante, não são dotem das características imprescindíveis para desenvolver uma planta normal em campo e, por

isso, não são consideradas plântulas normais durante a interpretação do teste de germinação.

Pode-se deduzir que, até o nível -0,4 MPa, ainda houve disponibilidade de água para absorção pelas sementes (BRS SAFIRA e CNPA 187 8H) e, conseqüentemente, para a germinação, como também para a proliferação de patógenos que infectam as sementes, resultando em lesões generalizadas por quase toda a plântula (Figura 03).

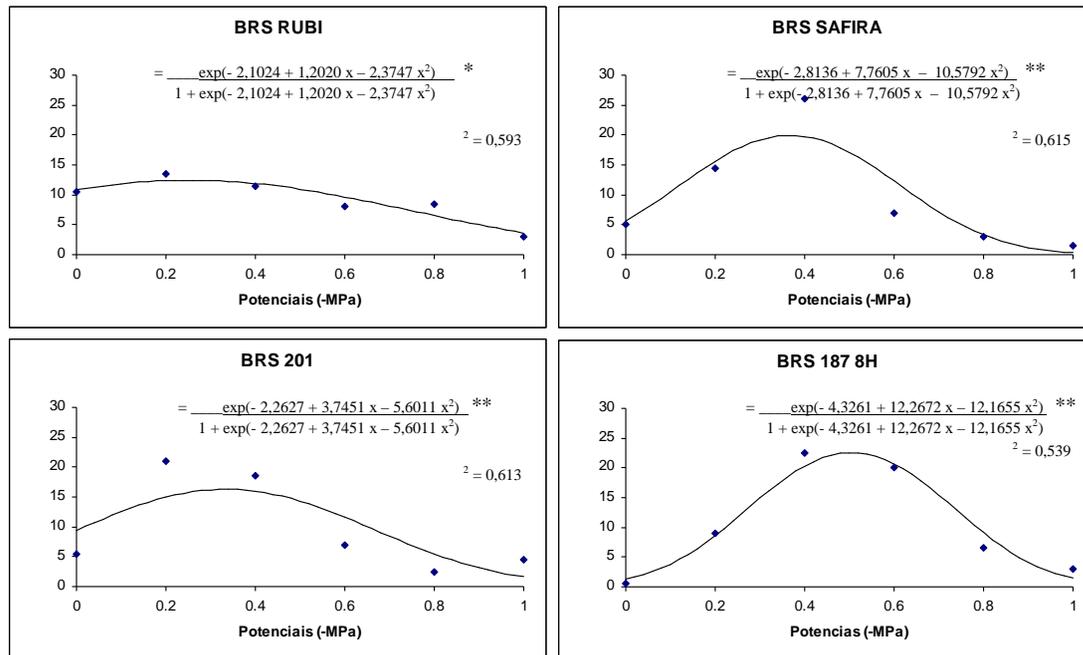
Ressalta-se que, a partir do nível -0,4 MPa, a porcentagem de germinação diminuiu drasticamente e, do mesmo modo, o índice de anormalidades, pela limitada disponibilidade de água para absorção pelas sementes nos mais baixos potenciais osmóticos (Figura 03).

A ocorrência de anormalidades, em alguns genótipos, no maior nível de estresse dessa contagem, deve-se a prolongação do teste; provavelmente esses genótipos já estavam contaminados por patógenos, propiciando o seu crescimento no decorrer do tempo do teste, infectando as plântulas emergidas. O aparecimento dessas anormalidades devido ao desenvolvimento de patógenos, principalmente, sob os menores potenciais hídricos do substrato, concorda com Pereira et al. (1998) que relacionam a hidratação lenta das sementes a uma maior exposição ao ataque de patógenos, graças à exsudação de íons, açúcares e ácidos graxos pelas sementes.

Tabela 08. Porcentuais médios de plântulas anormais dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000. Areia, PB, 2006.

Genótipos	Potenciais Osmóticos (-MPa)					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
RUBI	10,5 a	13,5 b	11,5 c	8 b	8,5 a	3,0 ab
SAFIRA	5,0 b	14,5 b	26 a	7 b	3,0 b	1,5 b
BRS 201	5,5 b	21 a	18,5 b	7 b	2,5 b	4,5 a
CNPA 187 8H	0,5 c	9,0 c	22,5 ab	20 a	6,5 a	3,0 ab

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste do χ^2 .



(*) e (**), significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste do χ^2 .

Figura 04. Porcentuais médios de plântulas anormais dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000.

Nienow et al. (1991), estudando os efeitos de soluções de PEG (600 e 6000) na germinação de sementes e no vigor das plântulas de alho, verificaram aumento do número de plântulas anormais, principalmente no nível de concentração -1,0 MPa.

Rosseto et al. (1997) constataram que na medida em que a disponibilidade de água foi reduzida, houve acréscimo na ocorrência de plântulas anormais durante a germinação das sementes de soja de três lotes, com três teores de água estudados.

Queiroz (1998), submetendo sementes de dez cultivares de feijão a seis níveis de tensão osmótica, observou que o índice de anormalidades aumentava com o nível de PEG 6000 a partir do potencial de -0,4 MPa.

Mexal et al. (1975) também destacaram que a solubilidade e disponibilidade de O₂ nas soluções de PEG diminuem com o aumento do peso molecular e da concentração, o que resulta em maior porcentual de anormalidades em plantas.

Considerando-se no presente estudo que maior taxa de anormalidade significa nível de umidade ainda suficiente para germinação, pode-se classificar como mais sensíveis os genótipos BRS RUBI (-0,8 e -1,0 MPa) e CNPA 187 8H (-0,4; -0,6 e -1,0 MPa) e o genótipo BRS SAFIRA como o menos sensível, quando submetidos ao potencial de -0,6; -0,8 e -1,0 MPa, os quais atingiram seus níveis máximos de anormalidades (Tabela 08).

A análise de regressão logística indicou efeito quadrático do estresse osmótico no porcentual de anormalidades para todos os genótipos.

Observa-se em geral, a partir dos gráficos traçados na Figura 03, que em todos os genótipos houve uma tendência de aumento do número de anormalidades até o potencial de -0,4 MPa, ocorrendo uma queda drástica no número de anormalidades a partir deste ponto. O genótipo CNPA 187 8H apresentou o maior número de plântulas anormais, devido a sua maior capacidade de germinação em potenciais mais altos, como demonstrados nas Figuras 01 e 02, porém, algumas destas plântulas não tiveram a capacidade de se desenvolver de forma normal.

Nas equações logísticas que apresentaram um bom ajuste, com efeito quadrático, foi possível se calcular o ponto de máximo da parábola, estimando-se assim o pico máximo de cada função logística para cada genótipo. Para a porcentagem de plântulas anormais foi possível calcular o ponto de máximo para os genótipos BRS RUBI

(-0,25 MPa), BRS SAFIRA (-0,37 MPa), BRS 201 (-0,33 MPa) e CNPA 187 8H (-0,50 MPa).

5.2.1.4.Sementes Mortas

Houve efeito significativo (Tabela 05), a 5% de probabilidade, para genótipos e em nível de 1% de probabilidade para potenciais simulados por PEG 6000 e para a interação. Verifica-se, portanto, que os quatro genótipos estudados diferenciam-se na deterioração de sementes, por razões inerentes à constituição genética de cada um, quando sujeitos aos seis níveis de potenciais osmóticos. Os percentuais médios de sementes mortas, avaliadas no teste de germinação, estão distribuídos na Tabela 09 e representados na Figura 04.

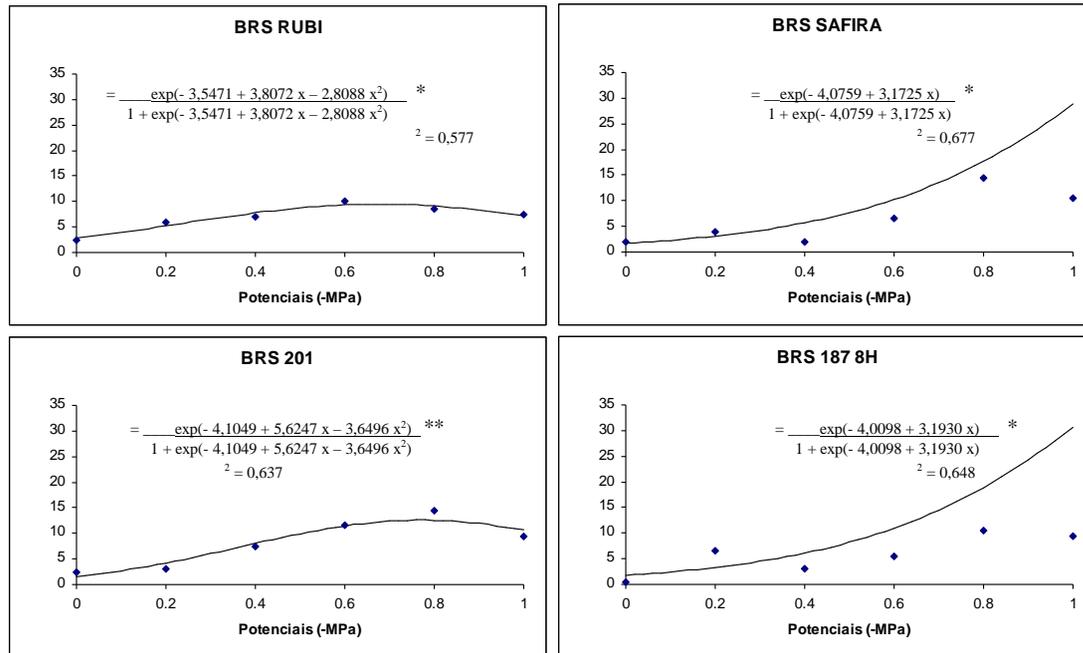
Observa-se que a porcentagem de sementes mortas dos genótipos variou com os diferentes níveis de potenciais simulados, havendo tendência de aumento, até -0,8 MPa, e posterior decréscimo (exceto no BRS RUBI, onde o aumento ocorreu até -0,6 MPa), à medida que a concentração PEG 6000 na solução aumentava (Figura 04). Isto pode ser explicado pelo fato de que em conteúdos mínimos de umidade disponível no substrato, que permitiram apenas uma embebição precária e demorada, proporcionou uma rápida deterioração das sementes o que impediu a germinação de um elevado número de sementes. Este caso foi observado de -0,2 até -0,8 MPa, em relação à testemunha (0,0 MPa). Neste tratamento a taxa de embebição foi plenamente satisfeita desde os primeiros dias após a semeadura, com as sementes germinando rapidamente, não ficando sujeitas por mais tempo à ação dos patógenos. Nos potenciais osmóticos mais baixos, a disponibilidade de umidade para intumescimento da sementes, pode ter sido crescentemente restringida (Tabela 09).

Pereira et al. (1998) observaram que a porcentagem de sementes mortas dos vários genótipos variou com os diferentes níveis de potenciais simulados, havendo tendência de aumento até o -0,4 MPa e posterior decréscimo.

Tabela 09. Porcentuais médios de sementes mortas dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000. Areia, PB, 2006.

Genótipos	Potenciais Osmóticos (-MPa)					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
RUBI	2,5 a	6,0 a	7,0 a	10,0 ab	8,5 b	7,5 a
BRS 201	2,5 a	3,0 b	7,5 a	11,5 a	14,5 a	9,5 a
SAFIRA	2,0 ab	4,0 ab	2,0 b	6,5 b	14,5 a	10,5 a
CNPA 187 8H	0,5 b	6,5 a	3,0 b	5,5 c	10,5 ab	9,5 a

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste do χ^2 .



(*) e (**), significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste do χ^2 .

Figura 05. Porcentuais médios de sementes mortas dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000.

Estas considerações assemelham-se às evidenciadas por Hunter e Erickson (1952); segundo os autores, as sementes colocadas em solo com umidade insuficiente para germinação, tornam-se sujeitas a danos (infecções de partes ou de toda a plântula) e destruição (deterioração ou perda total da capacidade germinativa) por patógenos do solo ou da própria semente.

Queiroz (1998) por outro lado, estudando o efeito de seis níveis de PEG 6000 sobre sementes de dez cultivares de feijão, observou que a porcentagem de sementes infectadas aumentou progressivamente à medida que se elevaram os níveis de pressão osmótica.

No tratamento de 0,0 MPa, os maiores percentuais de sementes mortas foram observados nos genótipos BRS RUBI e BRS 201, apesar de não diferirem estatisticamente entre si, bem como da BRS SAFIRA. O genótipo CNPA 187 8H foi o que apresentou menor porcentagem de sementes mortas nos até -0,6 MPa (Tabela 09).

Com base no percentual de deterioração de sementes (Tabela 09), podem-se classificar como potencialmente menos sensíveis os genótipos BRS RUBI (-0,8 MPa) e CNPA 187 8H (-0,4; -0,6 e -0,8 MPa), sendo o genótipo BRS SAFIRA classificado como intermediário e o BRS 201 como o mais sensível, por apresentar os maiores índices de deterioração nos níveis de maior estresse (-0,4; -0,6 e -0,8 MPa).

Pode-se observar na Figura 04 que os genótipos BRS SAFIRA e CNPA 187 8H apresentaram uma tendência de aumento no que se refere ao número de sementes mortas, como observado nas suas linhas de tendência, isso devido ao um maior aumento no número de sementes mortas no potencial de -0,2 MPa em relação ao -0,4 MPa. Ao contrário do BRS RUBI e BRS 201, que estabelecem uma tendência de declínio a partir do potencial de

5.2.1.5.Sementes Duras

Houve efeito significativo, ao nível de 1% de probabilidade, para genótipos, níveis de potenciais simulados por PEG 6000 e para a interação (Tabela 05).

Após o desdobramento da interação, estão apresentados na Tabela 10 e melhor visualizados na Figura 05, os percentuais médios de sementes duras, do teste de germinação, dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000.

No nível de 0,0 MPa, não foi constatada a presença de sementes duras em nenhum dos genótipos estudados, indicando que as respectivas sementes desencadearam o processo germinativo produzindo plântulas normais, anormais ou mortas (Tabela 10).

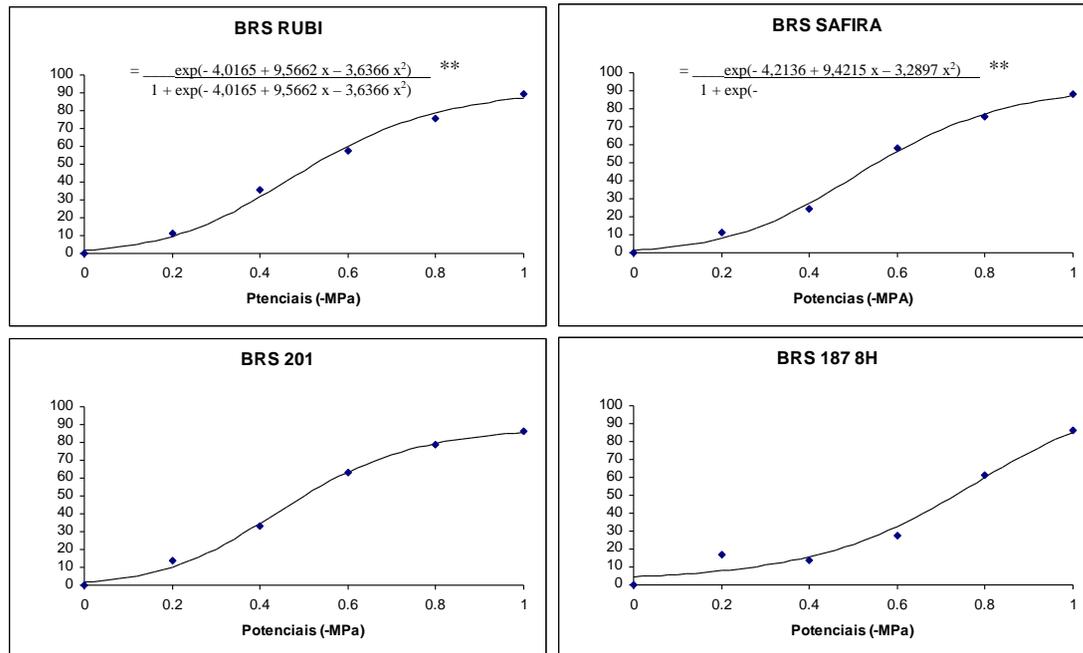
O genótipo CNPA 187 8H foi o que apresentou menor percentual de sementes duras em praticamente todos os níveis de potenciais osmóticos, com exceção dos níveis 0,0 e -0,2 MPa, indicando que a sua capacidade germinativa foi pouco afetada pela diminuição crescente da tensão osmótica.

Pereira et al. (1998), em estudo com dez genótipos de algodoeiro submetidos a seis potenciais osmóticos, também observaram que a porcentagem de sementes duras dos diferentes genótipos estudados variou com os vários níveis de potenciais, havendo tendência de aumento, à medida em que foi elevada a concentração de PEG 6000 na solução.

Tabela 10. Porcentuais médios de sementes duras dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000. Areia, PB, 2006

Genótipos	Potenciais Osmóticos (-MPa)					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
RUBI	0 a	10,25 a	35,5 a	57,5 a	75,5 a	89,5 a
SAFIRA	0 a	11,5 a	24,5 b	58 a	75,5 a	88 a
BRS 201	0 a	13,5 a	33 b	63 a	79 a	86 a
CNPA 187 8H	0 a	17 a	14 c	27,5 b	61 b	86 a

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste do χ^2 .



(*) e (**), significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste do χ^2 .

Figura 06. Porcentuais médios de sementes duras dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000.

O endurecimento de sementes de algodão se caracteriza pela não embebição decorrente da indisponibilidade a água. Quanto maior a porcentagem de sementes duras, maior o efeito do nível de estresse hídrico sobre o genótipo, pois com o aumento da concentração de PEG 6000 na solução, e conseqüentemente, diminuição crescente da quantidade de água disponível para embebição, como esperado, houve um aumento progressivo do percentual de sementes duras. Tais sementes por serem ainda viáveis, provavelmente não germinaram porque não lhes foram oferecidas as condições mínimas de umidade. Estas observações concordam com afirmações de Parmar e Moore (1968) e Singh e Singh (1983). Os autores constataram que a absorção de água pela semente é reduzida com o aumento da pressão osmótica.

Confrontando-se os dados contidos nas Tabelas 06, 07, 08, 09 e 10 com os avaliados no final do teste de germinação, verifica-se que nos mais altos níveis de estresse (-0,6; -0,8 e -1,0 MPa), o percentual de endurecimento supera o de germinação (plântulas normais e anormais) e de deterioração das sementes. Esta evidência reforça a premissa de que a diminuição desses percentuais (germinação, anormalidades em plântulas e deterioração das sementes), nos vários genótipos estudados, decorre da diminuição da absorção de água pelas sementes (intumescimento), restringida acentuadamente pelo aumento da concentração de PEG 6000.

Aplicando-se a análise de regressão aos dados da Tabela 10, foram obtidas as equações logísticas contidas na Figura 05, correlacionando percentuais de sementes duras com os níveis de potenciais osmóticos. Ocorreu um bom ajuste entre estas fontes de variação, expresso pelo coeficiente de determinação, sendo possível estimar a porcentagem de sementes duras de cada genótipo estudado em função do potencial de água do substrato.

A porcentagem de sementes duras dos diferentes genótipos estudados variou com os diferentes níveis de potenciais simulados, havendo uma tendência de aumento à medida que se aumentou a concentração de PEG 6000 na solução (Figura 05). O genótipo CNPA 187 8H apresentou uma tendência de declínio na porcentagem de sementes duras, à medida que ocorre um aumento nos níveis de potencial osmótico, resultante da redução

do número de sementes duras nos potenciais de -0,4; -0,6 e -0,8 MPa; ao contrario dos outros três genótipos que apresentaram comportamento bastante semelhante (Figura 05).

5.2.2. Avaliação do Vigor

Os testes de vigor visam determinar, com maior precisão, o grau de deterioração das sementes submetidas à restrição hídrica, visando simular as condições adversas, que as sementes provavelmente encontrariam em condições de campo. Além disso, buscam mensurar as modificações nas reações fisiológicas das sementes, decorrentes da redução do seu vigor (POPINIGIS, 1977).

Analisando-se as variáveis relacionadas ao vigor (Tabelas 11 e 12), verifica-se que houve efeitos significativos ao nível de 1% de probabilidade para genótipos, para níveis de potenciais osmóticos simulados pelo PEG 6000 e para a interação genótipos x potenciais osmóticos.

Os quatro genótipos de algodoeiro estudados diferem no vigor e desenvolvimento de plântulas, quando submetidos às diferentes condições de restrição hídrica simulada pelo PEG-6000 (Tabelas 13 a 20).

Tabela 11. Valores de qui-quadrado das porcentagens de plântulas normais germinadas na 1ª contagem do teste de germinação, do índice de velocidade de germinação e da classificação do vigor em plântulas de quatro genótipos de algodoeiro herbáceo, em seis níveis de PEG 6000. Areia, PB, 2006.

Fonte de Variação	GL	Primeira Contagem	IVG	Classificação de Vigor em plântulas
			χ^2	
Genótipos (G)	3	3,09 ^{ns}	7.45*	314,44**
Potenciais Osmóticos (N)	5	5762,90**	1991.13**	4474,20**
Interação (GxN)	15	1,28 ^{ns}	9.45*	360,22**
Deviance		64,5875	15.2157	960,4052

(ns), (*) e (**), não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste do χ^2 .

Tabela 12. Valores do quadrado médio do comprimento de radícula, comprimento de parte aérea, da relação radícula/parte aérea e da massa do eixo embrionário de quatro genótipos de algodoeiro herbáceo, em seis níveis de PEG 6000. Areia, PB, 2006.

Fonte de Variação	GL	Comprimento de Radícula	Comprimento de Parte Aérea	Radícula/Parte Aérea	Massa do Eixo Embrionário
				QM	
Genótipos (G)	3	22,19**	1,75*	1,12*	0,00009927**
Potenciais Osmóticos (N)	5	361,05**	47,09**	37,91**	0,00006430**
Interação (GxN)	15	5,02**	0,67*	0,91*	0,00002429**
CV%		11,65	20,62	25,53	45,71606

(ns), (*) e (**), não significativo, significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

5.2.2.1.Primeira Contagem do Teste de Germinação

Analisando-se as médias das porcentagens, localizadas na Tabela 11, verifica-se que não houve efeito significativo para genótipos (G) e nem para a interação genótipos x potenciais osmóticos (GxN), porém houve efeitos significativos ao nível de 1% de probabilidade para os potenciais osmóticos (N) simulados pelo PEG 6000, levando-se em consideração a variável 1ª contagem do teste de germinação.

Após o desdobramento dos resultados da interação referentes aos dados de vigor (1ª contagem do teste de germinação), agrupados na Tabela 13, Observa-se, de modo geral, que os percentuais médios de vigor dos genótipos estudados, diminuíram à medida que se aumentou a concentração de PEG 6000 na solução.

Comparando-se os resultados de vigor na primeira contagem (Figura 13) com os de germinação na contagem final (Figura 08), observa-se que o vigor das sementes de algodoeiro foi mais afetado que a sua germinação.

Vários trabalhos têm reportado a redução da germinação de sementes de diferentes culturas com o decréscimo do potencial de água (QUEIROZ et al., 1998), utilizando o PEG 6000 como agente osmótico.

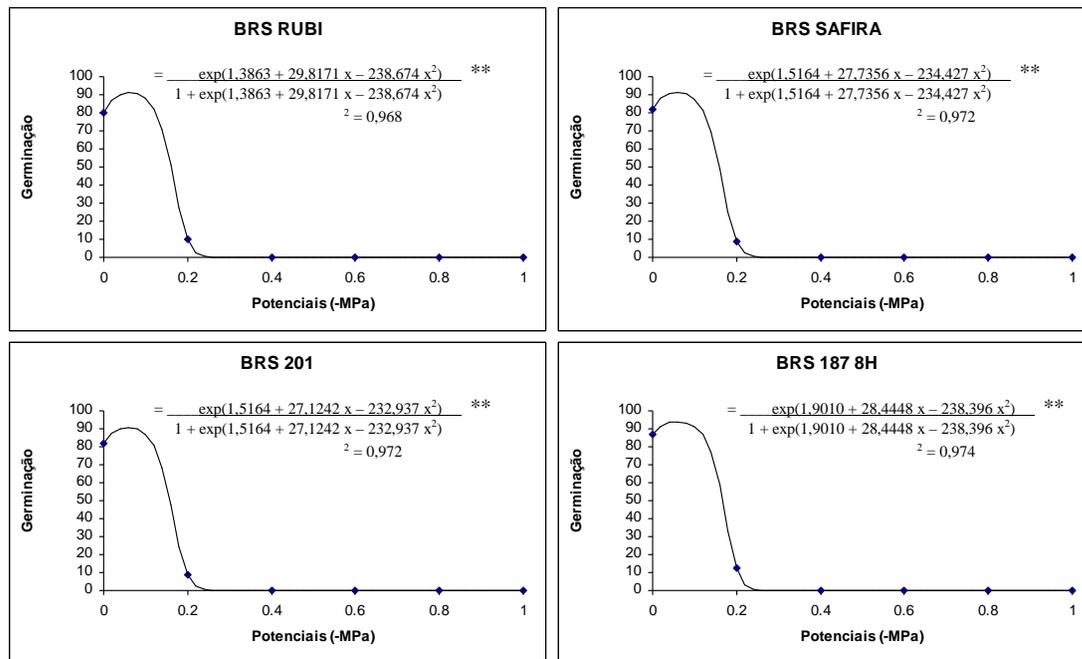
O PEG 6000, como agente osmótico, tem a capacidade de simular deficiência hídrica no meio externo, solo ou solução, cujo efeito crescente é proporcional a sua concentração (VILLELA et al., 1991). A diminuição do potencial hídrico da solução, por retardar ou impedir a absorção de água (embebição) pelas sementes, inibe o processo germinativo (METIVIER, 1979).

O percentual de germinação das sementes de todos os genótipos foi igual ou superior a 80%, no quarto dia após instalação dos testes, no nível de potencial osmótico de 0,0 MPa (Tabela 13).

Tabela 13. Porcentuais médios de vigor (1ª contagem do teste de germinação) dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000. Areia, PB, 2006

Genótipos	Potenciais Osmóticos (-MPa)					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
RUBI	80 a	10 a	0 a	0 a	0 a	0 a
SAFIRA	82 a	9 a	0 a	0 a	0 a	0 a
BRS 201	82 a	8,5 a	0 a	0 a	0 a	0 a
CNPA 187 8H	87 a	12,5 a	0 a	0 a	0 a	0 a

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste do χ^2 .



(*) e (**), significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste do χ^2 .

Figura 07. Porcentuais médios de vigor (1ª contagem do teste de germinação) dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000.

Moraes et al., (2005) e Braccini et al. (1998), estudando os efeitos do polietilenoglicol em sementes de soja, observaram que o vigor decresceu progressivamente à medida que os potenciais osmóticos tornaram-se mais negativos.

O declínio do vigor em função do aumento do estresse hídrico foi menos drástico no CNPA 187 8H, quando comparado aos demais genótipos estudados (Figura 06). Isto explica o fato deste genótipo apresentar os melhores índices de vigor nos mais baixos potenciais osmóticos, principalmente em -0,2 MPa, demonstrando assim tolerância ao estresse hídrico simulado pelo PEG 6000.

Jensen (1971), estudando o efeito da tensão de água no solo sobre a velocidade de emergência de sementes de algodão, encontrou percentuais muito menores no quarto dia após a instalação dos testes, para os níveis de -0,5; -2 e -4 bars, correspondente a 44, 13 e 1% de germinação, sendo que a partir de -5 até -15 bars o autor não constatou emergência de plântulas. Isto é admissível, pois de acordo com Collis-George e Sands (1962), a simulação de déficit hídrico por meio de soluções com pressões osmóticas elevadas produz efeitos menos drásticos sobre as plantas quando comparados com uma situação correspondente de tensão de umidade no solo. Assim, é possível considerar que valores mais elevados de disponibilidade de água no solo do que os níveis de pressão osmótica simulados pelas soluções de PEG 6000 produziram efeitos semelhantes aqueles obtidos em condições experimentais.

A análise de regressão aplicada aos resultados da Tabela 13 possibilitou a obtenção de equações logísticas a partir dos percentuais de vigor com níveis de potenciais osmóticos, apresentadas na Figura 06. Observa-se em geral, um bom ajuste dos pontos observados, na combinação entre essas variáveis, expressa pelo coeficiente de determinação R^2 , permitindo-se estimar a porcentagem de vigor de sementes de cada genótipo estudado em função do potencial de água do substrato.

Em geral, os quatro genótipos apresentam comportamento semelhante, como pode-se observar nas linhas de tendências da Figura 06. Nota-se que ocorreu uma drástica queda na porcentagem de germinação da primeira contagem em todos os genótipos, onde foi observado uma maior sensibilidade ao estresse hídrico a partir do potencial de -0,2 MPa, quando se registraram os menores valores diferentes de zero, destacando-se como o mais tolerante o CNPA 187 8H (Figura 06).

Nas equações logísticas que apresentaram um bom ajuste, foi possível calcular o ponto de máximo da parábola, estimando-se o pico máximo de cada função logística em cada genótipo. Para a porcentagem da primeira contagem, foi possível calcular o ponto de máximo para os genótipos BRS RUBI (-0,06 MPa), BRS SAFIRA (-0,06 MPa), BRS 201 (-0,06 MPa) e CNPA 187 8H (-0,06 MPa).

5.2.2.2. Índice de Velocidade de Germinação (IVG)

Verificou-se efeitos significativos ao nível de 1% de probabilidade para genótipos (G) e para níveis de potenciais osmóticos (N) simulados pelo PEG 6000, porém, para a interação genótipos x potenciais osmóticos (GxN) não foi detectado efeito levando-se em consideração a variável IVG (Tabela 11).

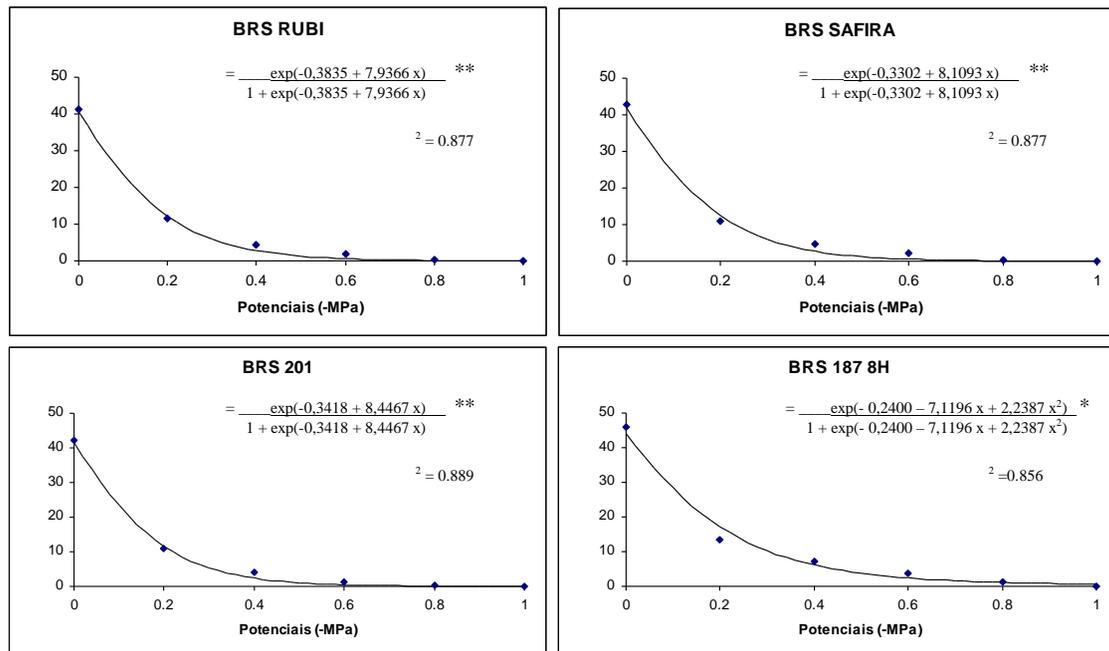
Pelo IVG, quanto maior o valor obtido subtende-se maior velocidade de germinação e maior vigor, pois o índice calculado estima o número médio de plântulas normais por dia (NAKAGAWA, 1994).

Após o desdobramento da interação, os valores de IVG dos quatro genótipos em seis níveis de PEG 6000, obtidos a partir dos valores de germinação diários, estão distribuídos na Tabela 14 e representados na Figura 07. Nota-se uma tendência à diminuição da velocidade de germinação dos genótipos, à medida que a concentração de PEG 6000 é aumentada na solução.

Tabela 14. Médias do índice de velocidade de germinação dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000. Campina Grande, PB, 2006

Genótipos	Potenciais Osmóticos (-MPa)					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
RUBI	41,34 a	11,48 a	4,27 ab	2,01 ab	0,34 a	0,00 b
SAFIRA	42,94 a	11,09 a	4,81 ab	2,23 ab	0,32 a	0,00 b
BRS 201	42,19 a	10,85 a	3,99 b	1,16 b	0,17 a	0,00 b
CNPA 187 8H	45,85 a	13,31 a	7,29 a	3,78 a	1,13 a	0,04 a

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste do χ^2 .



(*) e (**), significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste do χ^2 .

Figura 08. Médias do índice de velocidade de germinação dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000

Em estudos de germinação, este índice é aplicado porque geralmente o vigor das sementes é expresso como uma elevada germinação e um crescimento precoce das plantas sobre uma ampla limitação das condições ambientais, incluindo as situações de estresse (POPININGIS, 1977).

A velocidade de germinação de todos os genótipos foi reduzida em função da diminuição do potencial de água no substrato, denotando-se a sensibilidade aos elevados níveis de estresse hídrico, inibindo totalmente o processo germinativo no potencial mais negativo, exceto o genótipo CNPA 187 8H que se destacou, inclusive, no potencial -1,0 MPa.

Até a tensão de -0,4 MPa, todos os genótipos tiveram índices superiores a 35,0; pelas médias de IVG em função dos níveis estudados, vê-se que a redução mais significativa ocorreu a partir de -0,4 MPa.

Observações semelhantes foram referenciadas por Sharma (1976) em espécies forrageiras; por Magalhães e Carelli (1972) em três cultivares de feijão utilizando-se agentes osmóticos, e por Jensen (1971) em algodoeiro herbáceo, envolvendo tensões de água no solo.

Braccini et al. (1998) também observaram uma redução acentuada no vigor das sementes de soja, causada pelo decréscimo dos níveis de potencial osmótico das soluções.

Jeller e Perez (2001), trabalhando com sementes de *Senna spectabilis* observaram um decréscimo na velocidade de germinação à medida que o potencial osmótico tornou-se mais negativo. Onde observaram que a velocidade de germinação foi mais afetada pelo estresse hídrico que o índice de germinação.

Fanti e Perez (2003) observaram um decréscimo significativo nos valores de IVG de sementes de paineira com a redução dos níveis de potencial osmótico.

O IVG de sementes de *Leucaena leucocephala* responde negativamente ao aumento do estresse osmótico; o percentual de germinação apresentou reduções na ordem de 60%, enquanto o IVG foi de 80%. Essas informações apontam para o IVG como um fator mais sensível aos efeitos do estresse osmótico que o percentual de germinação (MARCOS FILHO, 2006).

O IVG em sementes de *Bowdichia virgilioides* diminuiu como o aumento do potencial osmótico. O IVG foi completamente inibido em -0,9 MPa, indicando que o

limite da resistência desta espécie ao estresse hídrico está entre -0.7 e -0.9 MPa (SILVA et al., 2001).

As curvas de regressão ajustadas aos dados da Tabela 14 possibilitaram a obtenção de equações logísticas, a partir dos valores de IVG com níveis de potenciais osmóticos, apresentadas na Figura 07. Observa-se uma boa resposta expressa pelo índice de determinação, permitindo-se estimar a velocidade de germinação de sementes de cada genótipo em função do potencial de água do substrato.

Observa-se maior velocidade de germinação para a testemunha (Figura 07) à medida que se aumenta o potencial osmótico, sendo necessário maior tempo para a semente intumescer e germinar, resultando em menor velocidade de germinação.

O declínio do vigor, em função do aumento do estresse hídrico, foi mais severo em BRS 201 e menos drástico em CNPA 187 8H, indicando uma menor sensibilidade deste genótipo ao estresse hídrico crescente (Figura 07).

5.2.2.3. Comprimento de Radícula

Houve efeito significativo (Tabela 12) ao nível de 1% de probabilidade para genótipos (G), para potenciais simulados por PEG 6000 (N) e para a interação (Tabela 15). Os quatro genótipos diferiram em comprimento médio de radícula, por razões inerentes à constituição genética de cada um, quando submetidos aos seis níveis de potenciais osmóticos simulados por PEG 6000. Os comprimentos médios de radícula avaliados estão distribuídos na Tabela 15 e representados na Figura 08.

Mesmo sob condições de estresse, houve maior crescimento da radícula de CNPA 187 8H até o nível de -0,4 MPa; os genótipos BRS RUBI e BRS SAFIRA apresentaram crescimento intermediário, também até o potencial de -0,4 MPa. O genótipo BRS 201 foi mais sensível aos tratamentos com PEG 6000, por apresentar as menores médias de comprimento de radícula durante o estudo. As médias de todos os genótipos decresceram drasticamente, com valores próximos a zero no potencial osmótico de -1,0 MPa.

Parmar e Moore (1968), trabalhando com PEG 6000 em sementes de milho, também observaram redução progressiva no crescimento da radícula das plântulas, com o aumento da pressão osmótica da solução.

Conforme também observado no presente trabalho, Pirdashti et al. (2003), trabalhando com 15 genótipos de arroz em cinco potenciais osmóticos, detectaram efeitos significativos, em nível 1% de probabilidade, para comprimento de radícula, sob condições de restrição hídrica; os referidos autores constataram que a inibição da emergência de radícula é principalmente causada pela diminuição no gradiente de potencial hídrico da água entre o ambiente externo e a semente (MURILLO-AMADOR et al., 2002).

Tabela 15 – Médias do comprimento de radícula dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000. Areia, PB, 2006.

Genótipos	Potenciais		Dias de Avaliação					
			4° DAS		12° DAS		20° DAS	
	-0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0		
RUBI	10,91 a	12,88 b	12,77 a	8,49 a	5,09 a	0,81 a		
SAFIRA	9,26 a	14,46 ab	12,62 a	7,24 ab	5,28 a	1,13 a		
BRS 201	9,88 a	13,56 ab	8,29 b	5,77 b	5,22 a	0,75 a		
CNPA 187 8H	10,06 a	16,07 a	14,3 a	9,11 a	6,66 a	1,38 a		
DMS			0,7448					

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

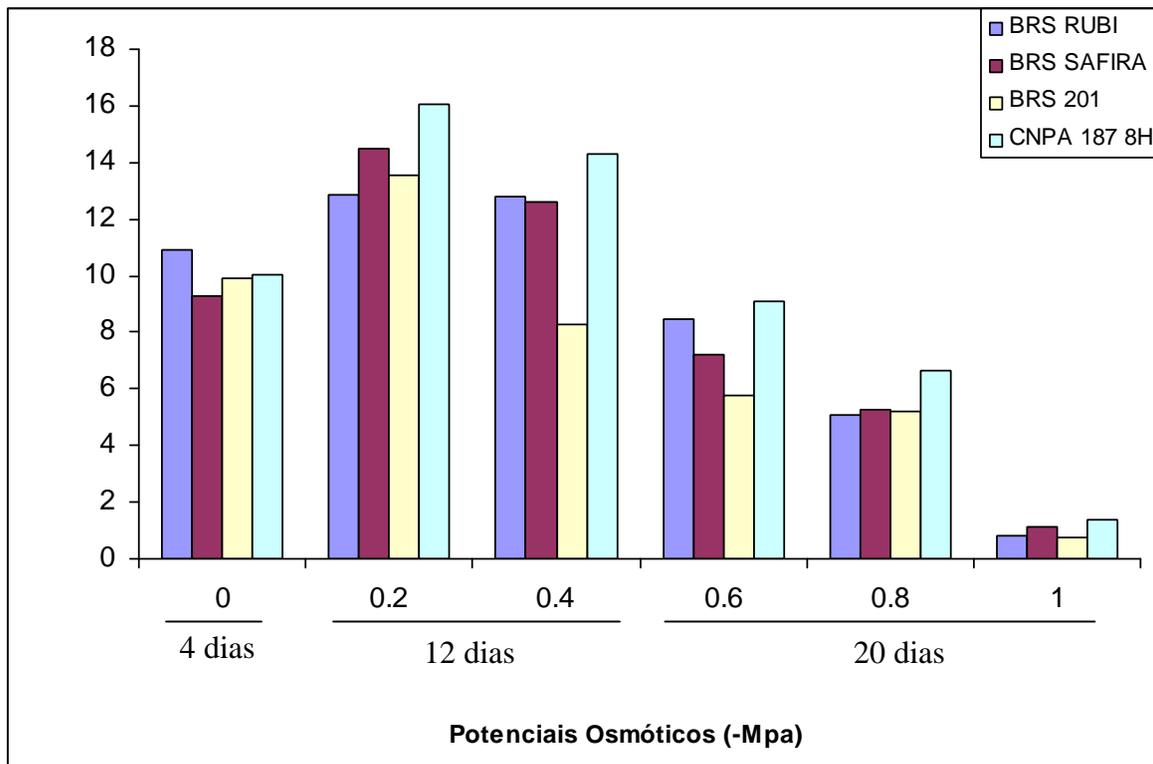


Figura 09 - Médias do comprimento de radícula dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000.

Okçu et al. (2005), estudando três genótipos de ervilha, submetidos a dois tipos de estresses, hídrico e salino, constataram a influência de ambos os estresses, afetando de forma negativa a germinação, comprimento de radícula e o crescimento de plântulas, sendo o maior efeito inibitório ocasionado pelo PEG-6000.

Os resultados constatados no presente estudo estão de acordo com aqueles realizados por Murillo-Amador et al. (2002), que observaram pouco efeito do NaCl na germinação e no crescimento de plântulas de Caupi. Sadeghian e Yavari (2004) também indicaram que o crescimento de plântulas de beterraba diminuiu pelo estresse hídrico.

Magalhães e Carelli (1972), trabalhando com feijão, em condições de seca simulada por PEG 6000 durante a germinação, verificaram uma drástica redução do comprimento das raízes com a elevação do déficit hídrico acima de -3,5 atm de tensão. Resultados similares foram observados por Singh e Singh (1983) em duas cultivares de trigo e por Campos e Assunção (1990) trabalhando com sementes de arroz.

Queiroz et al. (1998) observaram também que o comprimento da radícula de cultivares de feijão variou em função da concentração de PEG 6000. A partir de -0,2MPa ocorreu uma redução acentuada da radícula, atingindo o valor zero no potencial de -0,8MPa; isto é, nestes níveis não houve emergência de raízes. Os baixos potenciais osmóticos simulados por PEG 6000 no substrato restringiram a absorção de água pela semente, provocando estresse hídrico e, conseqüentemente, inibindo o alongamento da radícula, fato análogo observado em feijão por Prisco e O'Leary (1970).

A restrição hídrica na germinação reduz a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos, restringindo o desenvolvimento e de modo similar ao ocorrido com o vigor na primeira contagem e com a germinação na contagem final. DELL'AQUILLA (1992) atribuiu a diminuição no crescimento às mudanças na turgescência celular em decorrência da redução da síntese de proteínas no embrião sob estresse hídrico.

Pela média dos diferentes níveis de potenciais osmóticos simulados pelo PEG 6000, houve diminuição progressiva dos valores de comprimento de radícula, mais drástica nos níveis de estresse (-0,8 e -1,0 MPa), como observado na Figura 08. De forma geral, os níveis decrescentes de potenciais osmóticos, diminuiram progressivamente o vigor de todos os genótipos estudados (Figura 08). Com isto é possível inferir que, com a

diminuição do potencial hídrico do substrato e a deficiente absorção de água pelas sementes, além de afetar a germinação resulta em plântulas menores e menos vigorosas, o que comprometeria o seu estabelecimento em condições de campo.

5.2.2.4. Comprimento de Parte Aérea

Observa-se que ocorreu efeito significativo (Tabela 12), ao nível de 1% de probabilidade, para genótipos (G), para potenciais simulados por PEG 6000 (N) e para a interação (GxN). Verifica-se, portanto, diferenças entre os quatro genótipos para o comprimento médio da parte aérea, por razões inerentes a constituição genética de cada um, quando submetidos aos seis níveis de potenciais osmóticos simulados por PEG 6000. Os comprimentos médios de parte aérea, estão apresentados na Tabela 16 e representados na Figura 09.

No nível de PEG 6000 de menor potencial osmótica (-1,0 MPa) foi bastante drástico (Tabela 16). Tais resultados assemelham-se aos encontrados por Queiroz (1995), trabalhando com dez cultivares de feijão em seis níveis de PEG 6000.

Tabela 16. Médias do comprimento de parte aérea dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000. Areia, PB, 2006.

Potenciais Genótipos	Dias de Avaliação					
	4° DAS		12° DAS		20° DAS	
	-0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0
RUBI	4,23 a	5,45 a	2,17 a	2,53 a	1,88 a	0,63 b
SAFIRA	4,81 a	5,87 a	3,2 a	2,1 a	1,67 a	0,75 b
BRS 201	4,63 a	4,81 a	1,69 a	1,61 a	1,65 a	0,88 b
CNPA 187 8H	4,47 a	5,64 a	2,68 a	2,43 a	1,61 a	2 a
DMS	0,4525					

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

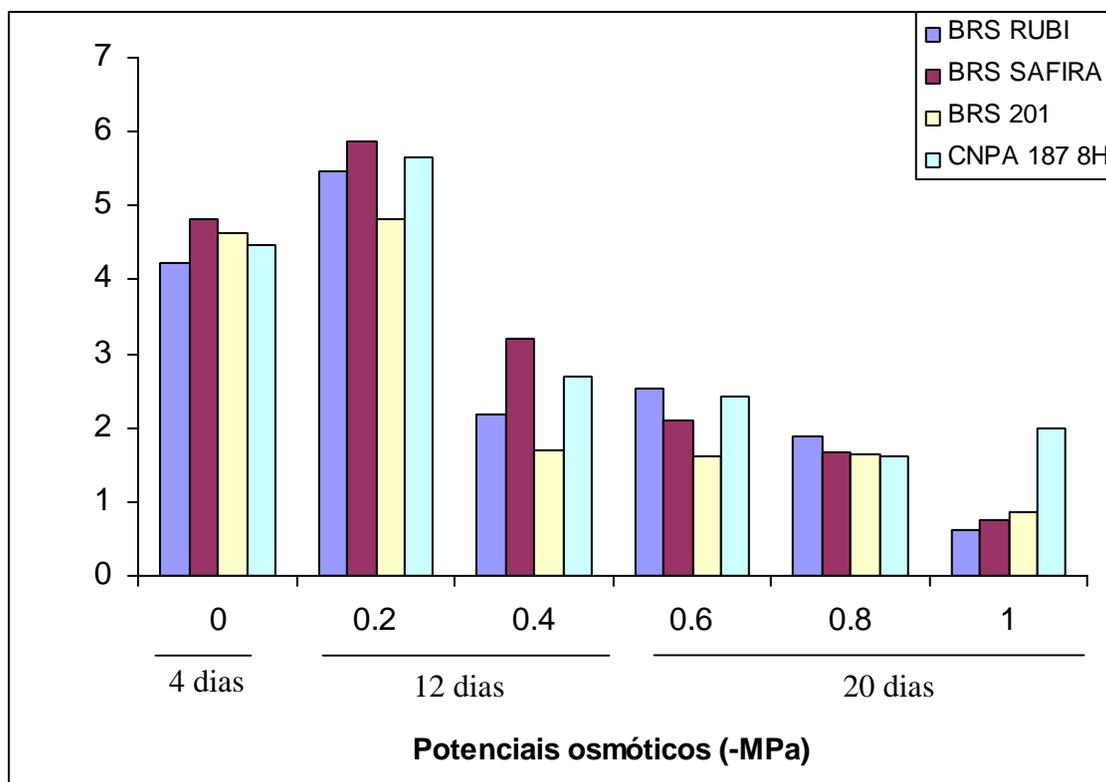


Figura 10. Médias do comprimento de parte aérea dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000.

Queiroz et al. (1998) observaram que o comprimento do hipocótilo e os níveis de concentração de PEG 6000 estão associados, onde obtiveram variações significativas, dependendo da cultivar de feijoeiro. Dentre as cultivares de feijão testadas, observaram que, a partir de -0,4 MPa, o efeito sobre o hipocótilo foi mais drástico, reduzindo-o em mais de 70%, atingindo 100% nos níveis - 0,8MPa e -1,0MPa, quando não houve germinação de sementes das cultivares estudadas.

Pelos dados obtidos, em geral os genótipos não diferiram estatisticamente entre si, apesar de CNPA 187 8H ter regularmente maior crescimento da parte aérea até o potencial -0,4 MPa.

Na Figura 09 estão apresentadas as equações polinomiais obtidas através de estudos de regressão dos dados de comprimento médio da parte aérea das plântulas com níveis de potenciais osmóticos crescentes. Foi encontrado um bom ajuste entre as curvas dessas fontes de variação, observado pelo coeficiente de determinação, permitindo-se estimar o comprimento médio da parte aérea de plântulas de cada genótipo, em função do potencial de água do substrato.

A redução do comprimento da parte aérea em decorrência dos efeitos osmóticos (Figura 09), observada neste estudo estão de acordo com os resultados de Parmar e Moore (1968), Prisco (1978), Fernandez et al. (1978) e Johnston et al. (1979), estudando outras culturas.

Os histogramas traçados a partir das médias (Figura 09) permitem mostrar uma diminuição do comprimento de parte aérea em função do aumento do nível de potencial osmótico, de forma contínua, possibilitando mostrar o retardo no desenvolvimento da parte aérea sob condições de restrição hídrica.

5.2.2.5. Relação Radícula/Parte Aérea

Houve efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para potenciais simulados por PEG-6000, por razões inerentes à constituição da molécula de PEG-6000, que promove uma restrição hídrica no processo germinativo das sementes (Tabela 12).

Os valores médios desta relação nos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000 estão apresentados na Tabela 17 e representados na Figura 10.

Em todos os genótipos, os valores médios de comprimento de radícula foram sempre superiores aos valores médios de comprimento da parte aérea (Tabela 15 e Tabela 16). Isto indica, certamente, que em diferentes condições de estresse, durante a fase germinativa do algodoeiro herbáceo, as raízes tendem a se alongar mais do que a parte aérea. Conforme Souza et al. (1983), a proliferação de raízes resulta numa maior razão raiz/parte aérea, que é uma resposta comum das plantas em condições de deficiência hídrica.

Parmar e Moore (1968) também verificaram que o crescimento da parte aérea é mais adversamente influenciado que o da raiz primária (radícula), principalmente em níveis mais baixos de potenciais osmóticos em milho.

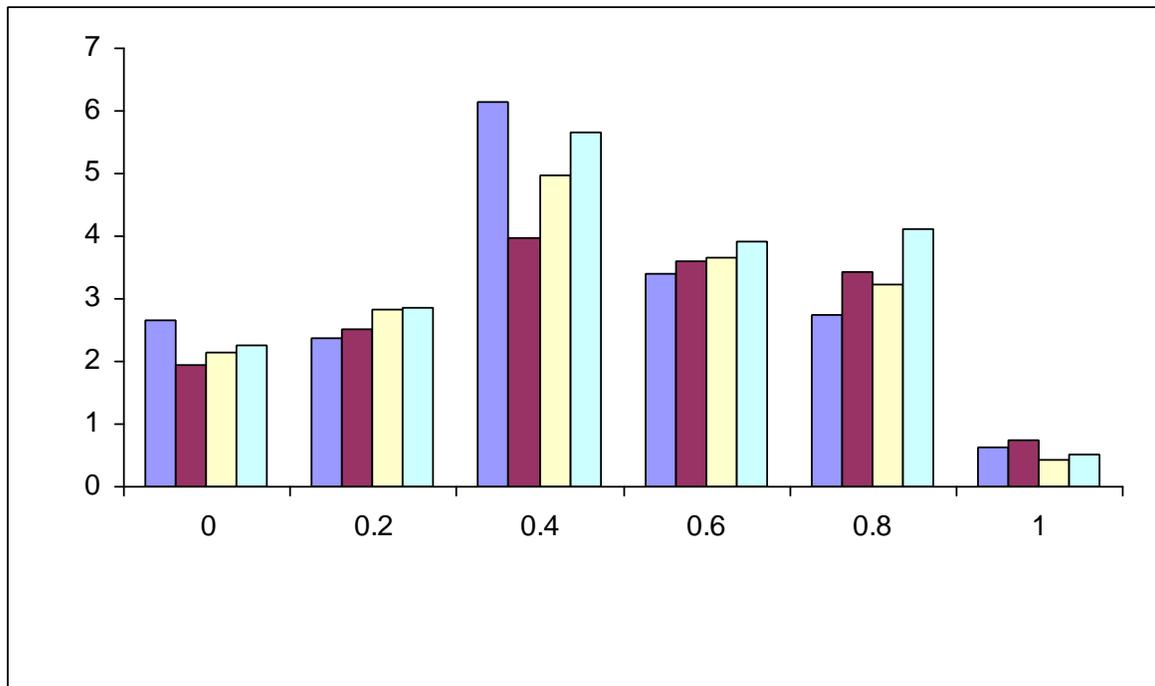
As espécies e até mesmo variedades de uma dada espécie não se comportam igualmente em condições de escassez de água. As mais resistentes à seca desenvolvem adaptações fisiológicas e/ou morfológicas que permitem maior aproveitamento de água do solo.

No nível de -0,4 MPa, o genótipo BRS SAFIRA se destacou pelo valor da razão radícula/parte aérea, apresentando maior tolerância a condição de estresse hídrico em relação ao BRS RUBI, o mais sensível ao estresse. Para os demais potenciais osmóticos (0,0; -0,2; -0,6; -0,8 e -1,0 MPa) não foram observadas diferenças estatística entre os genótipos e os níveis osmóticos estudados (Tabela 17).

Tabela 17. Médias da relação radícula/parte aérea dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000. Areia, PB, 2006.

Genótipos	Dias de Avaliação					
	4° DAS		12° DAS		20° DAS	
	-0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0
RUBI	2,64 a	2,38 a	6,15 a	3,41 a	2,73 a	0,63 a
SAFIRA	1,93 a	2,51 a	3,97 b	3,60 a	3,43 a	0,75 a
BRS 201	2,14 a	2,82 a	4,98 ab	3,66 a	3,21 a	0,44 a
CNPA 187 8H	2,26 a	2,85 a	5,65 ab	3,90 a	4,11 a	0,52 a
DMS	0.5705					

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



Queiroz et al. (1998) observaram, em geral, que a relação radícula/hipocótilo aumentou na medida em que se elevaram as concentrações dos níveis de PEG 6000. Em todas as cultivares de feijão, os valores médios de comprimento de radícula foram sempre superiores aos de comprimento de hipocótilo nos seis níveis de PEG 6000, com reduções tanto da radícula como de hipocótilo, porém sempre maior para a parte aérea (hipocótilo). Portanto, em condições de estresse hídrico durante a fase germinativa do feijoeiro, as raízes tendem a se desenvolver mais que o hipocótilo, como forma de defesa contra as condições adversas do meio e necessidade de absorver mais água para crescimento e desenvolvimento da plântula. Estas observações estão de acordo com descrições da literatura sobre o assunto (KRAMER, 1969; SLAYTER, 1969).

Pirdashti et al. (2003), trabalhando com 15 genótipos de arroz e cinco potenciais osmóticos, não detectaram efeitos significativos, a 1% de probabilidade, entre os fatores. Condição não observada no presente trabalho, para a radícula/parte aérea.

Ocorreram maiores diferenças entre os genótipos já no tratamento de -0,4 MPa, onde foram observados os maiores valores para essa relação, como reação natural das plântulas ao estresse hídrico (Figura 10). Também se observa que em geral, os quatro genótipos apresentaram um comportamento semelhante com relação ao desenvolvimento radicular sob condições de restrição hídrica.

Os histogramas traçados a partir das médias (Figura 10) permitem visualizar um aumento do comprimento de radícula com elevação do nível de potencial osmótico, possibilitando mostrar o aumento no desenvolvimento radicular até um certo ponto de restrição hídrica.

5.2.2.6.Massa do Eixo Embrionário

Analisando-se a Tabela 12, verifica-se que houve efeitos significativos ao nível de 1% de probabilidade para genótipos (G), para níveis de potenciais osmóticos (N) simulados pelo PEG 6000 e para a interação genótipos x potenciais osmóticos (GxN), considerando-se a massa do eixo embrionário.

Os valores referentes às médias de peso de massa seca do eixo embrionário dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo, em seis níveis de PEG 6000, estão apresentados na Tabela 18 e na Figura 11.

No potencial de 0,0 MPa, foram próximos os dados de massa seca de eixo embrionário. Em quase todos os níveis os genótipos não diferiram estatisticamente entre si, com exceção do potencial -0,6 MPa, onde o genótipo CNPA 187 8H, comportou-se como mais tolerante a restrição hídrica. Apesar dos resultados não terem sido significativos, para os demais potenciais, observa-se que para o genótipo BRS 201, o estresse hídrico crescente afetou a massa seca.

Braccini et al. (1998) observaram um comportamento bastante semelhante ao obtido no presente trabalho. Notou-se que a massa seca das plântulas das quatro cultivares de soja sofreu redução progressiva quando ocorreu decréscimo do potencial osmótico das soluções.

Tabela 18. Médias da massa do eixo embrionário dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000. Areia, PB, 2006.

Potenciais \ Genótipos	Dias de Avaliação					
	4° DAS		12° DAS		20° DAS	
	-0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0
RUBI	0,005 a	0,007 a	0,008 a	0,004 b	0,004 a	0,003 a
SAFIRA	0,005 a	0,007 a	0,005 a	0,004 b	0,004 a	0,002 a
BRS 201	0,006 a	0,005 a	0,005 a	0,002 b	0,005 a	0,001 a
CNPA 187 8H	0,007 a	0,01 a	0,009 a	0,017 a	0,005 a	0,003 a
DMS	0,0019					

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente, entre si, para o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

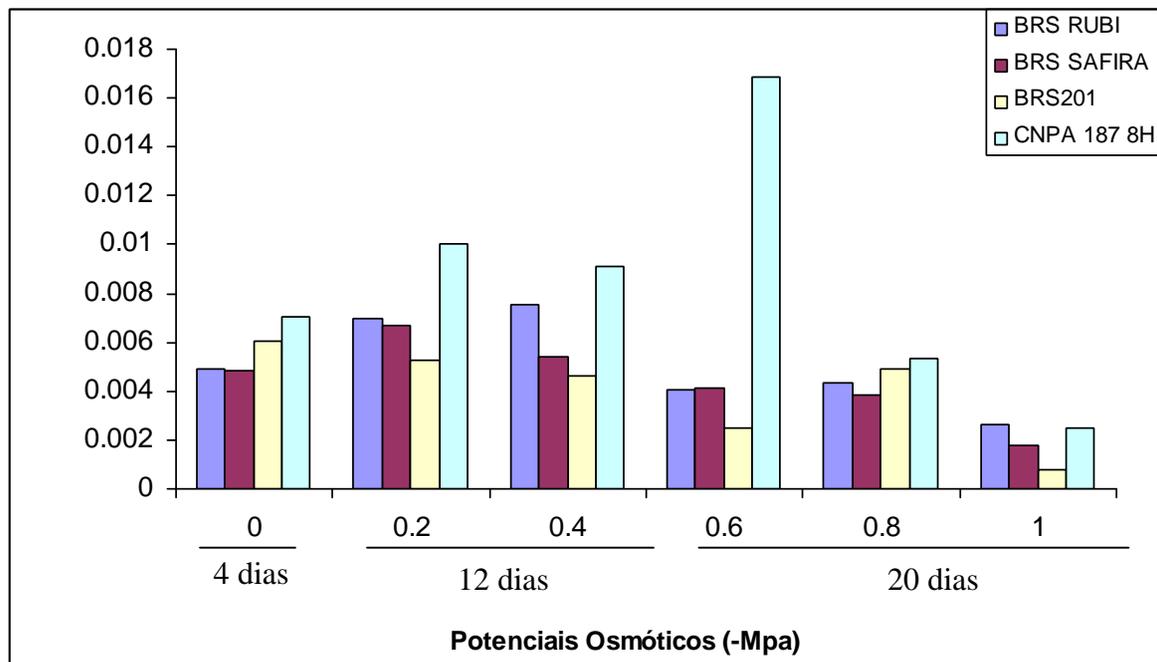


Figura 12. Médias da massa do eixo embrionário dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000.

Pelas mesmas razões das demais variáveis avaliadas, de modo geral, os níveis decrescentes de potenciais osmóticos, diminuíram progressivamente o vigor de todos os genótipos estudados (Tabela 18), originando plântulas cada vez menores, conseqüentemente, menor acúmulo de massa seca e vigorosas. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Sá (1987) e Santos et al. (1992).

Moraes et al. (2005) notaram que a massa seca de plântulas de soja decresceu com a diminuição dos potenciais osmóticos. Resultados análogos também foram obtidos por Santos et al. (1992) e Braccini et al. (1998). A redução da massa seca de plântulas em função da restrição hídrica se dá devido ao retardo dos processos fisiológicos e bioquímicos ou pela dificuldade de hidrólise e mobilização das reservas armazenadas nas sementes (SÁ, 1987; BEWLEY e BLACK, 1994).

Pelas médias de cada nível de potencial osmótico estudado, verifica-se tendência a diminuição do massa seca de eixo embrionário na maioria dos genótipos de algodoeiro, com o aumento da concentração de PEG 6000 na solução (Figura 11). Observa-se em geral, que os genótipos expressaram características semelhante, com exceção do CNPA 187 8H, que apresentou um aumento na massa seca até -0,8 MPa, seguida de drástica redução.

5.2.2.7. Classificação do Vigor em Plântulas

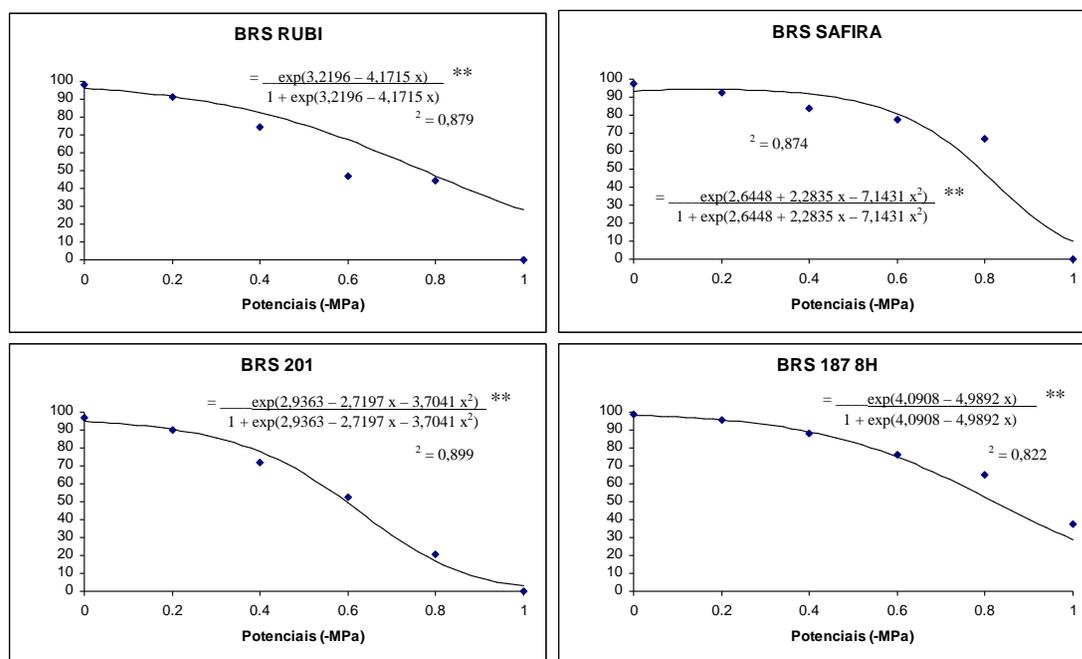
Analisando-se a Tabela 11, verifica-se que houve efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade para genótipos (G), para níveis de potenciais osmóticos (N) simulados pelo PEG 6000 e para a interação genótipos x potenciais osmóticos (GxN), considerando-se a classificação do vigor em plântulas (Tabela 19, Figura 12).

No teste de germinação, são consideradas como normais inclusive as plântulas que apresentam pequenas deficiências ou irregularidades em alguma de suas estruturas essenciais. Estas deficiências ou irregularidades estão presentes em plântulas originadas de sementes portadoras de algum problema, que apesar de não comprometer o processo de germinação e a produção de plântulas, estes fatores a tornam menos vigorosa. No presente estudo esclarece-se que, os genótipos que possuem maior número de plântulas normais fortes são menos sensível aos efeitos dos potenciais induzidos pelo PEG 6000.

Tabela 19. Porcentuais médios de plântulas normais fortes dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000. Areia, PB, 2006.

Genótipos	Potenciais Osmóticos (-MPa)					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
RUBI	98,34 ab	90,95 b	74,47 b	47,08 b	44,17 b	0,0 b
SAFIRA	97,38 ab	92,28 b	83,81 a	77,21 a	67,08 a	0,0 b
BRS 201	96,74 b	89,82 b	71,94 b	52,78 b	20,83 c	0,0 b
CNPA 187 8H	98,99 a	95,71 a	88,31 a	76,31 a	64,98 a	37,5 a

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste do χ^2 .



(*) e (**), significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste do χ^2 .

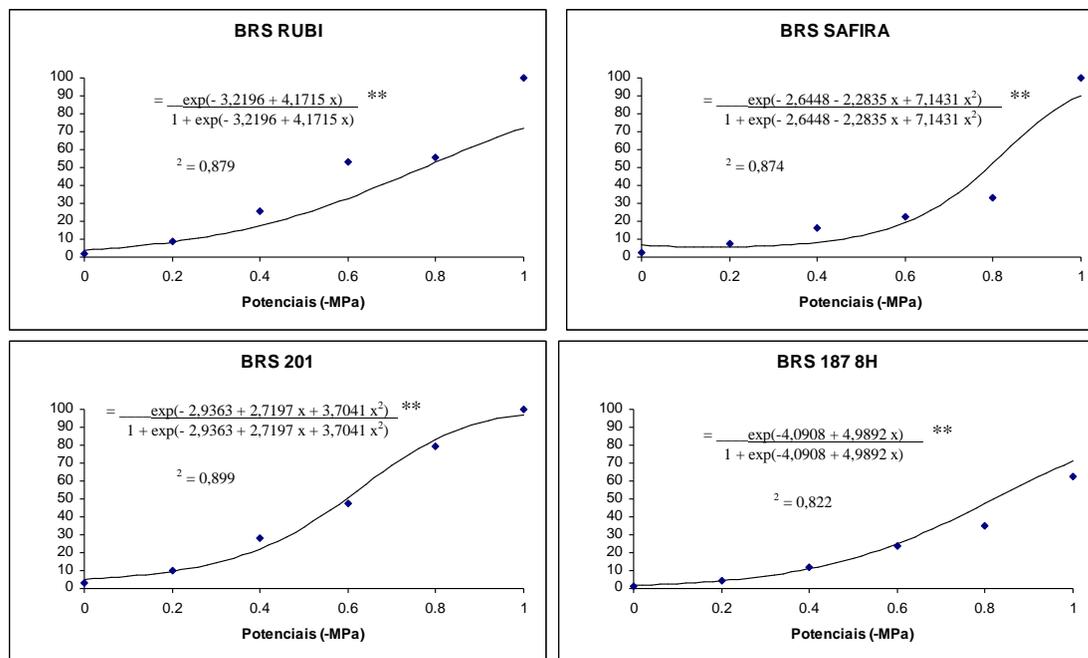
Figura 13. Porcentuais médios de plântulas normais fortes dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000.

Observa-se na Tabela 19, que o genótipo CNPA 187 8H é o menos afetado no potencial -0,6 MPa de PEG 6000, por apresentar o maior porcentual de plântulas normais fortes (Tabela 19), mais tolerante para esta variável, nestas condições, sugerindo uma maior sensibilidade dos demais tratamentos.

Tabela 20. Porcentuais médios de plântulas normais fracas dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000. Areia, PB, 2006.

Genótipos	Potenciais Osmóticos (-MPa)					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
RUBI	1,66 ab	9,05 a	25,53 a	52,92 a	55,83 b	100 a
SAFIRA	2,63 ab	7,72 a	16,19 b	22,79 b	32,92 c	100 a
BRS 201	3,26 a	10,18 a	28,06 a	47,22 a	79,17 a	100 a
CNPA 187 8H	1,01 b	4,29 b	11,69 b	23,69 b	35,02 c	62,5 b

Em cada coluna, médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente, entre si, pelo teste do χ^2 .



(*) e (**), significativo a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste do χ^2 .

Figura 14. Porcentuais médios de plântulas normais fracas dos quatro genótipos de algodoeiro herbáceo em seis níveis de PEG 6000.

As curvas de regressão ajustadas aos dados da Tabela 19 e da Tabela 20 possibilitaram a obtenção de equações logísticas a partir das percentagens de plântulas normais forte com os níveis de potenciais osmóticos, apresentadas na Figura 12 e a obtenção de equações logísticas a partir das percentagens de plântulas normais fracas com os níveis de potenciais osmóticos, na Figura 13, conforme já observado, uma boa resposta de ajuste, expresso pelo índice de determinação, permitiu a estimativa das duas variáveis de cada genótipo estudado em função do potencial de água do substrato.

A análise de regressão logística indicou efeito quadrático, para o genótipo BRS SAFIRA e BRS 201, e efeito linear para os demais, com relação ao porcentual de plântulas normais forte e fracas.

De uma forma geral, os níveis decrescentes de potenciais osmóticos diminuíram progressivamente o número de plântulas normais fortes de todos os genótipos estudados (Figura 12). Ao contrário do apresentado na Figura 13, o aumentou progressivo do número de plântulas normais fracas de todos os genótipos devido à diminuição do potencial hídrico do substrato e da restrição na absorção de água pelas sementes, que afeta a germinação, resultando em plântulas menos vigorosas.

6. CONCLUSÕES

1. Os genótipos utilizados neste estudo mostraram comportamento diferenciado em relação à viabilidade e vigor em diferentes níveis de estresse osmótico;
2. O déficit hídrico foi mais efetivo em reduzir a viabilidade e o vigor a partir de -0,4 MPa (ponto crítico), sendo mais drástico nos níveis superiores;
3. Na viabilidade e no vigor, o genótipo BRS 187 8H foi o menos sensível a todos os potenciais osmóticos;
4. Na viabilidade e no vigor, o genótipo BRS 201 é menos tolerante em baixos potenciais osmóticos;
5. Em condições de estresse hídrico simulado por PEG 6000, a radícula desenvolve-se mais que a parte aérea;
6. A porcentagem de sementes duras foi diretamente proporcional ao aumento das concentrações de PEG 6000;
7. A qualidade fisiológica de sementes de algodoeiro é influenciada pela variação do potencial hídrico induzido por PEG-6000 e pelo genótipo envolvido no estudo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMANSOURI, M.; KINET, J.M.; LUTTS, S. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). **Plant and Soil**, v.231, p. 243-254. 2001.

ANDERSSON, L.; MILBERG, P.; SCHUTZ, W.; STEINMETZ, O. Germination characteristics and emergence time of annual *Bromus* species of differing weediness in Sweden. **Weed Research**. v.42, p. 135-147. 2002.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing, 1983. 93p.

BAKER, D.N.; HESKETH, J.D.; DUNCAN, W.G. Simulation of growth and yield in cotton. I. Gross photosynthesis, respiration and growth. **Crop Science**, v.12, n.4, p. 431-435, July/Aug. 1972.

BENEDICT, C.R. Physiology. In: KOHEL, R.J.; LEWIS, C.F. **Cotton**. Madison: American Society of Agronomy, 1984. p. 151-200.

BEWLEY, J.D. Seed germination and dormancy. **The Plant Cell**, v.9, n.7, p. 1055-1066, 1997.

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

BORGEN, A. Organic seed treatment to control common bunt (*Tilletia tritici*) in wheat. **Seed Testing International**. n.128. 2004.

BORGES, E.E. de L. e RENA, A.B. Germinação de sementes. In: AGUIAR, I.B. de; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES. Comitê Técnico de Sementes Florestais. 1993. p. 83-135.

BRACCINI, A.L.; REIS, M.S.; SEDIYAMA, C.S.; SEDIYAMA, T.; ROCHA, V.S. Influência do potencial hídrico induzido por polietilenoglicol na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.9, p. 1451-1459, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento de Produção Vegetal, Divisão de Sementes e Mudanças. **Regras para análise de sementes**. Brasília: LANARV/SNAD/MA, 1992. 375p.

BUCKS, D.A.; ALLEN, S.G.; ROTH, R.L.; GARDNER, B.R. Short staple cotton under micro and level basin irrigation methods. **Irrigation Science**, v.9, p. 161-176, 1988.

CAMPOS, I.S.; ASSUNÇÃO, M.V. Estresse salino e hídrico na germinação e vigor do arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.6, p. 857-862, 1990.

CARVALHO, N.M. de; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: Funep, 2000. 588p.

CARVALHO, N.M. Vigor de sementes. In: CICERO, S.M., MARCOS FILHO, J., SILVA, W.R. **Atualização em produção de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 207-223.

CHIAVEGATO, E.J. **Efeito do ambiente e de cultivares nos componentes da produção e nas características tecnológicas da fibra e do fio de algodão**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - Universidade de São Paulo. 1995. 115p. Tese de Doutorado.

CHITARRA, L.G.; MACHADO, J.C.; CHITARRA, G.S.; VIEIRA, M.G.G.C. Efeito do deslincamento químico de sementes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) sobre o nível de ocorrência de *Colletotrichum gossypii* e desenvolvimento do fungo em exudado de sementes deslincadas. **Fitopatologia Brasileira**, v.27, p.128-133, 2002.

COLLIS-GEORGE, N.; SANDS, J.E. Comparison of the effects of the physical and chemical components of soil water energy on seed germination. **Australian Journal Agricultural Research**, v.13, p. 575-584, 1962.

CÔME, D.; TISSAOUI, T. Interrelated effects of imbibition, temperature and oxygen on seed germination. In: HEYDECKER, W. **Seed ecology**. London: Butterworth, 1973. p. 157-168.

COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**. 2. ed. New York: Macmillan, 1985. 321p.

CÓRDOBA, G.A.T.; BORGES, E.E.L.; NEVES, J.C.L. Osmocondicionamento em sementes de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (Guarantã). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.17, n.2, p. 217-226, 1995.

COSTA, M.T.P.M.; OLIVEIRA, A.C.S. Aspectos econômicos da cultura do algodão. **Informe Agropecuário**, v.8, n.92, p. 3-7, 1982.

CSD (1997). Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World. Report of the Secretary-General. United Nations Economic and Social Council. <http://www.un.org/documents/ecosoc/cn17/1997/ecn171997-9.htm> [Geo-2-117]

CUSHMAN, J.C.; BOHNERT, H.J. Genomic approaches to plant stress tolerance. **Current Opinion in Plant Biology**, v.3, p. 117-124, 2000.

DELL'AQUILA, A. Water uptake and protein synthesis in germinating wheat embryos under osmotic stress of polyethylene glycol. **Annals of Botany**, Canberra, v.69, n.2, p. 167-171, 1992.

DELOUCHE, J.C. Standardization of vigour testes. **Journal of Seed Technology**, v.1, n.2, p. 75-85, 1976.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, v.1, n.2, p. 427-452, 1973.

DEMÉTRIO, C.G.B. **Modelos lineares generalizados em experimentação agrônômica**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Ciências Exatas, 2002. 113p.

DETAR, W.R.; PHENE, C.J.; CLARK, D.A.; KERBY, T.A. Comparison of water use and yields of Acala and Pima cottons for subsurface drip vs. furrow irrigation. In: Beltwide Cotton Conference: cotton engineering-systems, 1993, pp. 540-541.

DIAS, D.C.F.S.; MARCOS FILHO, J. Testes de vigor baseados na permeabilidade das membranas celulares: I. Condutividade elétrica. **Informativo ABRATES**, v.5, n.1, p. 26-36, 1995.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H.; BENTVELSEN, C.L.M.; BRANSCHEID, V.; PLUSJÉ, J.M.G.A.; SMITH, M.; UITTENBOAGAARD, G.O.; VAN DER VAL, H.K. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212p.

EGLEY, G.H. Reflections on my career in weed seed germination research. **Seed Science Research**, v.9, n.1, p. 3-12, 1999.

EGLI, D.B.; TEKRONY, D.M.; WIRALAGA, R.A. Effect of soybean seed vigor and size on seedling growth. **Journal of Seed Technology**, v.14, p. 1-12. 1990.

ELLIS, R.H. Seed and seedling vigour in relation to crop growth and yield. **Plant Growth Regulation**, v.11, p. 249-255, 1992.

ENDRIZZI, J.E.; TURCOTTE, E.L.; KOHEL, R.J. Genetics, cytology and evolution of *Gossypium*. **Advances Genetics**, v. 23, p. 271-375, 1985.

EVENARI, M. Light and seed dormancy. In: RUHLAND, W. **Encyclopedia of Plant Physiology**. Berlin: Springer-Verlaag, 1965, p. 8044-8470.

FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G. de A. Efeito do estresse hídrico e envelhecimento precoce na viabilidade de sementes osmocondicionadas de paineira (*Chorisia speciosa*). Pesquisa agropecuária brasileira. v.38, n.4, p. 537-543. 2003.

FANTI, S.C.; PEREZ, S.C.J.G. de A. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.9, p. 903-909, 2004.

FERNANDEZ, H.G.; JOHNSTON, B.M.; URRUTIA, A.B. Efecto del potencial de água em la germinación del rabanito (*Raphanus sativus* L.). **Agricultura Técnica**, v.38, p. 69-72, 1978.

FIGLIOLIA, M.B.; OLIVEIRA, E.C.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Análise de sementes. In: AGUIAR, I.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES, 1993. p. 137-174.

FIGLIOLIA, M.B.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Considerações práticas sobre o teste de germinação. **IF Série Registros**, v.14, p. 45-60, 1995.

FRYXELL, P.A. A revised taxonomic interpretation of *Gossypium* L. (Malvaceae). **Reedhea**, p. 108-165, 1992.

FUZATTO, M. G. Melhoramento genético do algodoeiro. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1999. p. 15-34.

GODOY, R. **Testes de vigor em sementes de algodão** (*Gossypium hirsutum* L.). Piracicaba, 1975. 125p.

GOMES, J. Parâmetros ambientais e épocas de semeadura. In: Fundação instituto agrônômico do Paraná. **O milho do Paraná**. Londrina. 1982. p. 51-56.

GONÇALVES, J.S. Proposta de diretrizes básicas para a intervenção governamental no desenvolvimento do complexo têxtil brasileiro. **Informações Econômicas**, v.24, n.4, p. 9-26, 1994.

GRIDI-PAPP, I.L. Botânica e genética. In: NEVES, O.S. **Cultura e adubação do algodoeiro**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Potassa, 1965, p. 117-157.

HAMPTON, J.G.; TEKRONY, D.M. **Handbook of vigor test methods**. Zurich: ISTA, 1995. 117p.

HAMPTON, J.G.; COOLBEAR, P. Potencial versus actual seed performance can vigour testing provide an answer? **Seed Science and Technology**, v.18, p. 215-228, 1990.

HEARN, A.B. Crop physiology. In: ARNOLD, M.H. **Agricultural research for development: the namulongue contribution**. London: Cambridge University Press, 1973. p. 76-122.

HEYDECKKER, W. Vigour. In: ROBERTS, E.H. **Viability of seeds**. Syracuse University Press, New York, p.209-252. 1972

HUNTER, J.R.; ERICKSON, A.E. Relation of seed germination to soil moisture tension. **Agronomy Journal**, Madison, v.44, n.3, p. 107-109, 1952.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). International rules for seed testing. **Seed Science and Technology**, Supplement. v.21, 363p. 1993.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL IN CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Genebra, Suíça, 2001.

JENSEN, R.D. Effects of soil water tension on the emergence and growth of cotton seedlings. **Agronomy Journal**, Madison, v.63, p. 766-768, 1971.

JELLER, H.; PEREZ, S. C. J. G. de A. Efeitos dos estresses hídrico e salino e da ação de giberelina em sementes de *Senna spectabilis*. **Ciência Florestal**, v.11, n.1, p. 93-104, 2001.

JOHNSTON, S. K.; WALKER, R. H. MURRAY, D. S. Germination and emergence of hemp sesbania (*Sesbania exaltata*). **Weed Science**, v.27, n.3, p. 290-293, 1979.

KHAH, E.M.; ROBERTS, E.H.; ELLIS, R.H. Effects of seed ageing on growth and yield of spring wheat at different plant population densities. **Field Crops Research**, v.20, p. 175-190, 1989.

KHAJEH-HOSSEINI, M.; POWELL, A.A.; BINGHAM, I.J. The interaction between salinity stress and seed vigour during germination of soybean seeds. **Seed Science and Technology**, v.31, p. 715-725. 2003.

KOHEL, R.J. Influence of certain morphological characters on yield. **Cotton Growth Review**, v.51, p. 281-292, 1974.

KRAMER, P.J. **Plant and soil water relationships. A modern synthesis**. New York: Mcgraw-Hill, 1969. 482p.

KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.; HENNING, A.A. Relato dos testes de vigor disponíveis para grandes culturas. **Informativo ABRATES**, v.1, n.2, p. 15-50, 1991.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, Washington. 1983

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA. 2000. 531p.

LAROUSSE, **Grande Enciclopédia Delta**. Nova Cultural, v.11, 1998. 2701p.

LAZZAROTTO, C.; ARANTES, E.M.; LAMAS, F.M. Época de semeadura e zoneamento agrícola. In: Embrapa Agropecuária Oeste. **Algodão: tecnologia de produção. Dourados**: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. p. 124-134.

LOEFFLER, N.L.; MEIER, J.L.; BURRIS, J.S. Comparasion of two colds test procedures for use in maise drying studies. **Seeds Science and Technology**. v.13, n.3, p. 653-658, 1985.

MACKAY, D.B. The measurement of viability. In: ROBERTS, E.H. **Viability of seeds**. London: Chapman and Hall, 1974. p. 172-208.

MAGALHÃES, A.C.; CARELLI, M.L. Germinação de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) sob condições variadas de pressão osmótica. **Bragantia**, Campinas, v.31, n.5, p. 19-26, 1972.

MARCOS FILHO, J. Germinação de sementes. In: CICERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. da. **Atualização em produção de sementes**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 11-39.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-21.

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

MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 4 ed. Great Britain: Pergamom Press, 1989, 270p.

McDONALD, M.B. Improving our undertandingof vegetable and flower seed quality. **Seed Technology**, v.20, n.2, p. 121-124, 1998.

McWILLIAMS, D.A. Producing quality cotton using irrigation management. In: **First Irrigation Efficiency Conference**, 2002, New Mexico.

METIVIER, J.R. Dormência e germinação. In: FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPV/EDUSP, v.2, 1979. p. 343-392.

MEXAL, J.; FISHER, J.T.; OSTERYOUNG, J.; REID, P.C.P. Oxygen availability in polyethylene glycol solutions and its implication in plant water relations. **Plant Physiology**, v.55, p. 20-24, 1975.

MICHEL, B.E. KAUFMANN, M.R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. **Plant Physiology**, v.51, n.5, p. 914-916, 1973.

MORAES, N.C. **Competitividade do algodão brasileiro no mercado internacional e implicações da integração ao Mercosul.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 68p. Dissertação de Mestrado.

MORAES, G.A.F. de; MENEZES, N.L. de. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico.

PEREZ, S.C.J.G. de A.; FANTI, S.C.; CASALI, C.A. Influência da luz na germinação de sementes de canafístula submetidas ao estresse hídrico. **Bragantia**, Campinas, v.3, n.60, p. 155-166, 2001.

PERRY, D.A. Report of vigour test committee 1977-1980. **Seed Science and Technology**, v.9, n.1, p. 115-126, 1981.

PIRDASHTI, H.; SARVESTANI TAHMASEBI, Z.; NEMATZADEH, G.H.; ISMAIL A. Effect of Water Stress on Seed Germination and Seedling Growth of Rice (*Oryza sativa* L.) Genotypes. **Pakistan Journal of Agronomy**. v.2, n.4, p. 217-222, 2003.

POLLOCK, B.M. Effects of environment after sowing on viability. In: ROBERTS, E.H. **Viability of seeds**. London: Chapman and Hall, 1974. p. 150-171.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1977. 289p.

POULSEN, K.M.; PARRATT, M.J.; GOSLING, P.G. **Tropical and sub-tropical tree and shrub seed handbook**. Zürich: International Seed Testing Association, 1998. 204p.

PRISCO, J.T. Efeitos da salinidade na germinação de sementes e no comportamento das plantas. In: Reunião sobre salinidade em áreas irrigadas, 1978. Fortaleza. Anais. Fortaleza: Ministério do interior, 1978, p. 64-112.

PRISCO, J.T.; O'LEARY, J.W. Osmotic and toxic effects of salinity on germination of *Phaseolus vulgaris* L. seeds. **Revista Brasileira de Biologia**, v.30, n.2, p. 317-321, 1970.

QUEIROZ, M.F. de; ALMEIDA, F. de A.C.; FERNANDES, P.D. Efeito do condicionamento osmótico no vigor de plântulas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.2, p. 148-152, 1998.

RESENDE, L.M.A.; MOURA, P.A.M. Aspectos econômicos da cultura do algodoeiro. **Informe Agropecuário**, v.15, n.166, p. 5-12, 1990.

ROSA, L.S. da; FELIPPI, M.; NOGUEIRA, A.C.; GROSSI, F. Avaliação da germinação sob diferentes potenciais osmóticos e caracterização morfológica da semente e plântula de *Ateleia glazioviana* baill (timbó). **Cerne**, Lavras, v.11, n.3, p. 306-314, jul./set., 2005.

ROSENOW, D.T.; QUISENBERRY, J.E.; WENDT, C.W.; CLARK, L.E. Drought tolerant sorghum and cotton germplasm. **Agricultural Water Management**, v.7, p. 207-222, 1983.

ROSSETTO, C.A.V.; NOVEMBRE, A.D. da L.C.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. da; NAKAGAWA, J. Efeito da disponibilidade hídrica do substrato, da qualidade

fisiológica e do teor de água inicial das sementes de soja no processo de germinação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.54, n.1/2, p. 97-105, 1997.

SÁ, M.E. **Relações entre qualidade fisiológica, disponibilidade hídrica e desempenho**

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: ARTMED, 2004, 719p.
- TEKRONY, D.M. Seed vigour testing – 1982. **Journal of Seed Technology**, v.8, n.1, p. 55-60, 1983.
- TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. **Crop Science**, v.31, p. 816-822, 1991.
- THOMSON, J.R. **An introduction to seed technology**. London: Leonard Hill, 1979. 252p.
- TILMAN, D.; FARGIONE, J.; WOLFF, B.; D'ANTONIO, C.; DOBSON, A.; HOWARTH, R.; SCHINDLER, D.; SCHLESINGER, W. H.; SIMBERLOFF, D.; SWACKHAMER, D. Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change. **Science's Compass Review**. v.292, 2001.
- TOMES, L.T.; TEKRONY, D.M.; EGLI, D. B. Factors influencing the tray accelerated aging test for soybean seed. **Journal of Seed Technology**. Iowa-USA, v.12, n.1, p. 24-36, 1998.
- TONIN, G.A.; CARVALHO, N.M.; KRONKA, S.N.; FERRAUDO, A.S. Influência do genótipo e do vigor no desempenho germinativo de sementes de milho em condições de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.1, p. 276-279, 2000.
- VERHOEVEN, K.J.F.; BIÈRE, A.; NEVO, E.; DAMME, J.M.M. van. Can a genetic correlation with seed mass constrain adaptive evolution of seedling desiccation tolerance in wild barley? **Intitute Journal Plant Science**. v.165, n.2, p. 281-288. 2004.
- VERTUCCI, C.W. The kinetics of seed imbibition. **Seed Moisture**. Madison: CSSA, 1989. p.93-115
- VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. de. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.
- VILLELA, F.A.; DONI FILHO, L.; SIQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa**

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)