

# GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE SORGO FORRAGEIRO SOB ESTRESSE HÍDRICO E SALINO<sup>1</sup>

ALEXANDRE BOSCO DE OLIVEIRA<sup>2</sup>, ENÉAS GOMES-FILHO<sup>3</sup>

**RESUMO** - Condições de estresse hídrico e salino durante a fase de germinação afetam a emergência das plântulas no campo e, conseqüentemente, o estande das plantas e o desenvolvimento vegetativo das culturas. Através de dois experimentos objetivou-se avaliar os efeitos dos estresses hídrico e salino, na germinação e vigor de sementes de dois genótipos de sorgo forrageiro [*Sorghum bicolor* (L.) Moench]. A semeadura foi realizada no interior de caixas “Gerbox”, sobre duas folhas de papel “germitest” umedecidas com água destilada (controle) ou com soluções de polietileno glicol 6000, de modo a fornecer os potenciais hídricos de -0,2, -0,4 e -0,8 MPa, ou com NaCl a 75, 150 e 300 mM, respectivamente. A germinação e o vigor das sementes foram avaliados através da primeira contagem (PCG), teste padrão (TG), índice de velocidade (IVG) e tempo médio de germinação (TMG). Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial (2x4), totalizando oito tratamentos, com quatro repetições de 50 sementes cada, em ambos os ensaios. O genótipo CSF 18 teve a germinação afetada somente no maior nível de salinidade (300 mM), observando-se aumento no TMG e redução nas variáveis PCG, IVG e TG. O genótipo CSF 20 apresentou comportamento semelhante, exceto para as variáveis IVG e TMG, as quais foram afetadas pelo NaCl a partir da concentração de 150 mM. Os genótipos mostram respostas diferenciadas quanto às condições de déficit hídrico e salinidade, sendo que as sementes de sorgo do genótipo CSF 18 apresentam germinação e vigor superiores em relação às do genótipo CSF 20.

Termos para indexação: *Sorghum bicolor*, qualidade fisiológica, estresse osmótico, salinidade.

## GERMINATION AND VIGOR OF SORGHUM SEEDS UNDER WATER AND SALT STRESS

**ABSTRACT** – Salt and water stress during germination affect the emergence of seedlings in the field and, consequently, the stand of the plants and crop growth. Two experiments were conducted to evaluate the effects of water and salt stress on germination and vigor of seeds of two sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] genotypes. The seeding was done inside “Gerbox” boxes, on two sheets of “germitest” paper dampened with distilled water (control) or with solutions of polyethylene glycol 6000 to provide the water potentials of -0.2, -0.4 and -0.8 MPa, or with NaCl at 75, 150 and 300 mM, respectively. The seed germination and vigor were evaluated by the first germination count (FGC), germination test (GT), germination speed index (GSI) and germination average time (GAT). In both studies a randomized complete design in a 2 x 4 factorial arrangement was used, totaling eight treatments, with four replications of 50 seeds each. The CSF 18 genotype germination was affected only at the highest level of salinity (300 mM) with an increase in the GAT and reduction in the FGC, GSI and GT variables. The CSF 20 genotype showed similar performance, except for the GSI and GAT variables, which were affected by NaCl at the 150 mM concentration. The CSF 18 genotype had greater tolerance to water and salt stress during the germination phase than CSF 20.

Index terms: *Sorghum bicolor*, physiology quality, osmotic stress, salinity.

<sup>1</sup>Submetido em 18/02/2009. Aceito para publicação em 13/08/2009.

<sup>2</sup>Eng. Agrônomo, MSc., doutorando em Agronomia/Fitotecnia, CCA/UFC, bolsista do CNPq, Depto de Fitotecnia, CCA/UFC, Caixa Postal 12.168, 60356-001, Fortaleza-CE, aleufc@gmail.com.

<sup>3</sup>Eng. Químico, Prof. Dr., Depto de Bioquímica e Biologia Molecular, CC/UFC, Caixa Postal 6039, 60455-970, Fortaleza-CE, egomesf@ufc.br, autor para correspondência.

## INTRODUÇÃO

Nas regiões áridas e semi-áridas, o déficit hídrico e o excesso de sais no solo têm limitado a produção agrícola. Esses fatores afetam negativamente a germinação, o estande das plantas, o desenvolvimento vegetativo das culturas, a produtividade e, nos casos mais graves, causam a morte das plântulas (Silva e Pruski, 1997).

A água é um dos fatores mais importantes que afetam a germinação, pois reativa o metabolismo e está envolvida direta e indiretamente em todas as demais etapas da germinação (Marcos Filho, 2005). Potenciais osmóticos muito negativos atrasam e diminuem a germinação, havendo um nível mínimo de umidade que a semente deve atingir para germinar, o qual depende da composição química e permeabilidade da testa (Verslues et al., 2006). Nesse contexto, é de suma importância a presença de um nível adequado de hidratação que permita a reativação dos processos metabólicos, culminando no crescimento do eixo embrionário (Marcos Filho, 2005).

A alta concentração de sais é outro fator de estresse para as plantas, pois a água é osmoticamente retida em solução salina, assim, o aumento da concentração salina torna-a cada vez menos disponível para as plantas (Munns, 2002). O'Leary (1995), afirma que as sementes são sensíveis à salinidade e, quando semeadas em soluções salinas, observa-se inicialmente uma diminuição na absorção de água, que atua reduzindo a velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos (Flowers, 2004). Tobe et al. (2000) acrescentam que a inibição da germinação ocasionada pela salinidade se deve tanto ao efeito osmótico, ou seja, à "seca fisiológica" produzida, como ao efeito tóxico, resultante da concentração de íons no protoplasma.

O sorgo é reconhecido por sua tolerância moderada aos estresses hídrico (Tabosa et al., 2002) e salino (Tabosa et al., 2007), podendo constituir em uma alternativa para cultivos sob tais condições. O uso do sorgo se justifica, também, por suas características bromatológicas que, à semelhança do milho, possibilitam fermentação adequada e conseqüente armazenamento sob forma de silagem, pelos teores elevados de carboidratos solúveis e, até mesmo, de proteína bruta, em algumas variedades, e por suas características agrônômicas que, entre outras, incluem elevada produtividade de biomassa (Von Pinho et al., 2006).

O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos dos estresses hídrico e salino sobre a germinação e vigor de sementes de dois genótipos de sorgo forrageiro.

## MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fisiologia Vegetal, do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, da Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza-CE, nos meses de dezembro de 2008 a janeiro de 2009. Foram utilizadas sementes de dois genótipos de sorgo forrageiro [*Sorghum bicolor* (L) Moench], cedidas pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), Recife, PE, avaliados previamente como sensível (CSF 18) e tolerante (CSF 20) ao estresse salino durante a fase de crescimento vegetativo (Lacerda et al., 2003; Silva et al., 2003).

Realizou-se a semeadura sobre duas folhas de papel toalha, tipo Germitest, umedecidas com água destilada (controle) ou com soluções de polietileno glicol 6000 (PEG 6000) de modo a fornecer os potenciais hídricos de -0,2, -0,4 e -0,8 MPa, no experimento 1 (estresse hídrico), bem como usando soluções de NaCl a 75, 150 e 300 mM, no experimento 2 (estresse salino), na proporção equivalente a 2,5 vezes o peso do substrato seco. As sementes, em número de 50, foram mantidas no interior de caixas plásticas transparentes de 11 x 11 x 3,0 cm, com tampa, as quais foram vedadas com Parafilm® (BRAND, Alemanha) a fim de reduzir a perda de umidade, e acondicionadas em câmara de germinação tipo BOD, a 25°C, sob luz constante. As sementes foram avaliadas pelos seguintes testes:

**Primeira contagem de germinação** - conduzida juntamente com o teste de germinação, computando-se a porcentagem de plântulas normais no quarto dia após a instalação do ensaio, conforme recomendado por Brasil (1992).

**Germinação** - realizado no décimo dia após a semeadura, por ocasião do final do experimento, considerando-se germinadas as sementes que emitiram raiz primária. Os resultados foram expressos em porcentagem média com base no número de plântulas normais (Brasil, 1992).

**Índice de velocidade de germinação** - calculado pelo somatório do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação, de acordo com a fórmula de Maguire (1962).

$IVG = (G_1/N_1) + (G_2/N_2) + (G_3/N_3) + \dots + (G_n/N_n)$ , em que:

IVG = índice de velocidade de germinação,

$G_1, G_2, G_3, \dots, G_n$  = número de plântulas computadas na primeira, segunda, terceira e última contagem;

$N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$  = número de dias da semeadura à

primeira, segunda, terceira e última contagem.

**Tempo médio de germinação** - obtido através de contagens diárias das sementes germinadas até o décimo dia após a semeadura e calculado através da fórmula abaixo, proposta por Labouriau (1983), sendo os resultados expressos em dias.

$$TMG = \frac{\sum (n_i t_i)}{\sum n_i}, \text{ em que:}$$

TMG = tempo médio de germinação (dias),

$n_i$  = número de sementes germinadas no intervalo entre cada contagem;

$t_i$  = tempo decorrido entre o início da germinação e a  $i$ -ésima contagem.

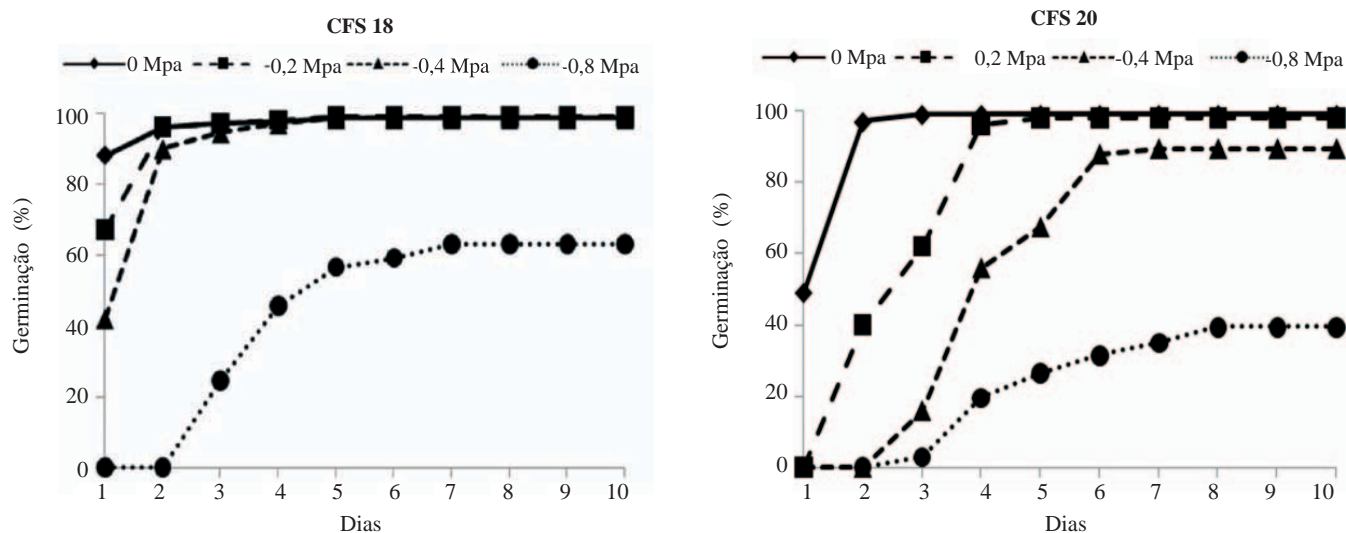
Em ambos os ensaios, adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro repetições de 50 sementes, em esquema fatorial 2 x 4, tendo como tratamentos a combinação de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) e quatro níveis de estresse hídrico (0, -0,2, -0,4 e -0,8 MPa), no experimento 1, ou dois genótipos e quatro níveis de salinidade (0, 75, 150 e 300 mM de NaCl), no experimento 2. Foram ajustadas equações de regressão das características avaliadas como variáveis dependentes dos níveis dos estresses. A análise de variância foi realizada através do teste F, a 1% de probabilidade, e as variâncias dos tratamentos foram testadas quanto à homogeneidade pelo teste de Bartlett, o qual mostrou não haver necessidade

de transformar os dados (Banzatto e Kronka, 2006).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Estresse hídrico

O comportamento germinativo das sementes de ambos os genótipos, sob déficit hídrico induzido pelo PEG 6000, ao longo de dez dias após a semeadura, é apresentado na Figura 1. Com o aumento do déficit hídrico houve um aumento gradativo no número de dias necessários para que o percentual de sementes germinadas se estabilizasse. A estabilização da germinação das sementes do genótipo CSF 18 ocorreu de forma mais rápida e com menor variação de tempo, em torno do 2º ao 4º dia e no 7º dia após a semeadura (DAS), nos tratamentos de zero a -0,4 MPa e de -0,8 MPa, respectivamente (Figura 1). Já no genótipo CSF 20, o qual foi mais afetado pelo estresse hídrico que o CSF 18, observou-se que a germinação variou bastante em função do potencial osmótico da solução do substrato. Nesse genótipo, de modo semelhante ao observado no CSF 18, o tratamento controle estabilizou-se no 2º DAS, no entanto, à medida que se aumentou o nível de estresse os demais tratamentos tiveram sua evolução de germinação estabilizada aos quatro, seis e oito DAS, respectivamente, nos potenciais hídricos de -0,2, -0,4 e -0,8 MPa.



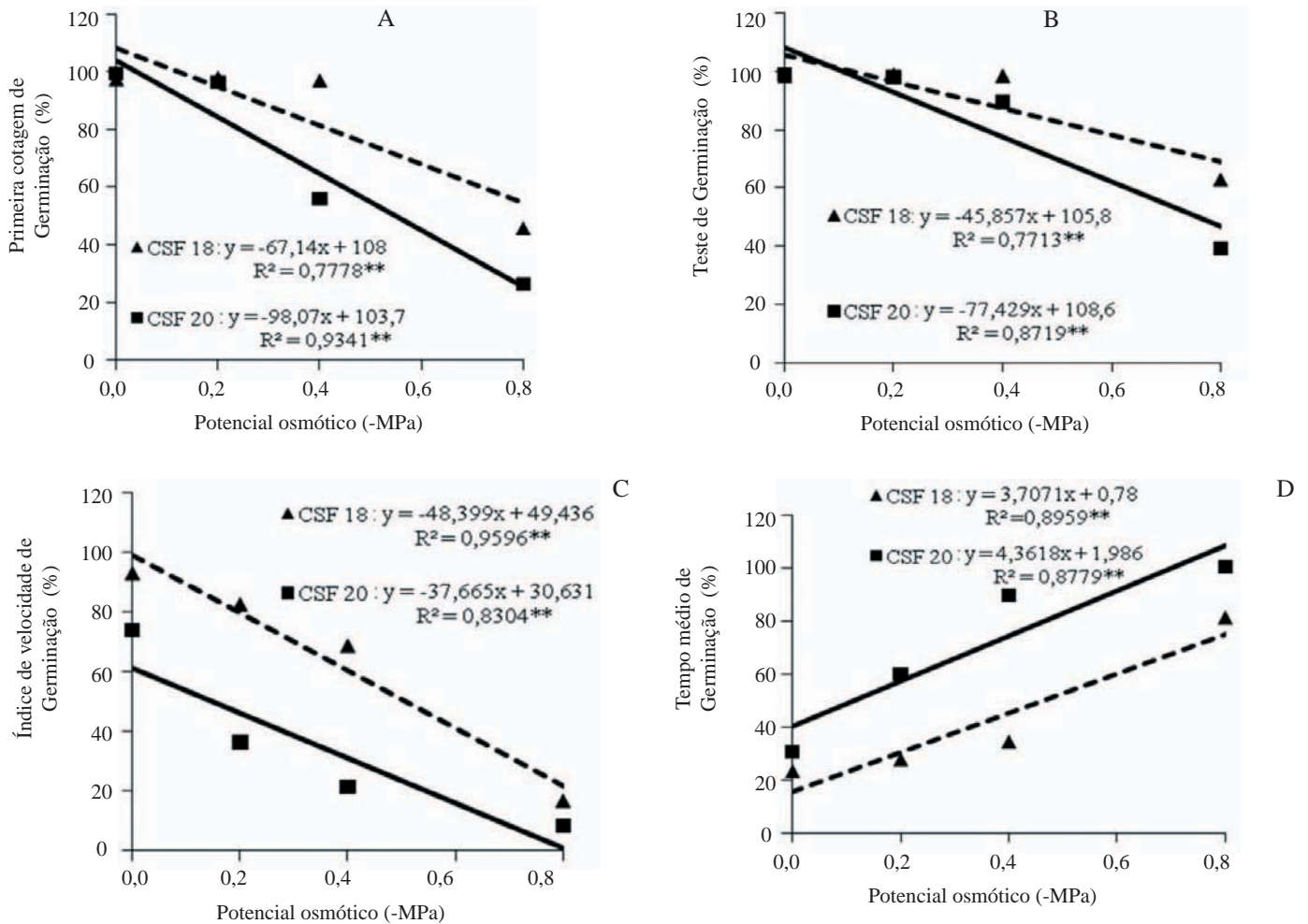
**FIGURA 1. Evolução da germinação de sementes de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) sob diferentes níveis de estresse hídrico.**

A diminuição do potencial hídrico afetou linearmente, de forma significativa ( $P \leq 0,01$ ), todas as variáveis analisadas

em ambos os genótipos (Figura 2). Resultados semelhantes foram obtidos por Torres (1997), que trabalhando com

sementes de sorgo, também observou redução na qualidade fisiológica das sementes em função do estresse hídrico. Isto confirma o relato de Carvalho e Nakagawa (2000), os quais

afirmam que a germinação, que é caracterizada como um processo irreversível, pode ser considerada como um dos estádios mais críticos durante o ciclo da vida da planta.



**FIGURA 2. Primeira contagem (A), teste (B), índice de velocidade (C) e tempo médio (D) de germinação de sementes de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) sob diferentes níveis de estresse hídrico. \*\* Significativo a 1% de probabilidade.**

Comparando-se os resultados de vigor na primeira contagem (Figura 2A) com os de germinação na contagem final do teste (Figura 2B), percebe-se que o vigor das sementes de sorgo foi mais afetado que a sua germinação, à medida que se aumentaram as concentrações das soluções de PEG 6000. Esse fato tornou-se mais evidente no nível de potencial osmótico de -0,8 MPa, uma vez que se detectaram reduções de 55% e 74% no total de sementes germinadas na primeira contagem para os genótipos CSF 18 e CSF 20,

respectivamente, enquanto observaram-se reduções menores, de 37% e 60% no número sementes de sorgo germinadas na contagem final, respectivamente, para os genótipos CSF 18 e CSF 20.

Dell'Aquila (1992) afirma que a habilidade do embrião para sintetizar novas proteínas durante a germinação pode ser um importante processo sensível à hidratação, pois a síntese protéica nos tecidos embrionários é reduzida com o aumento do déficit hídrico. Se o potencial hídrico do substrato de

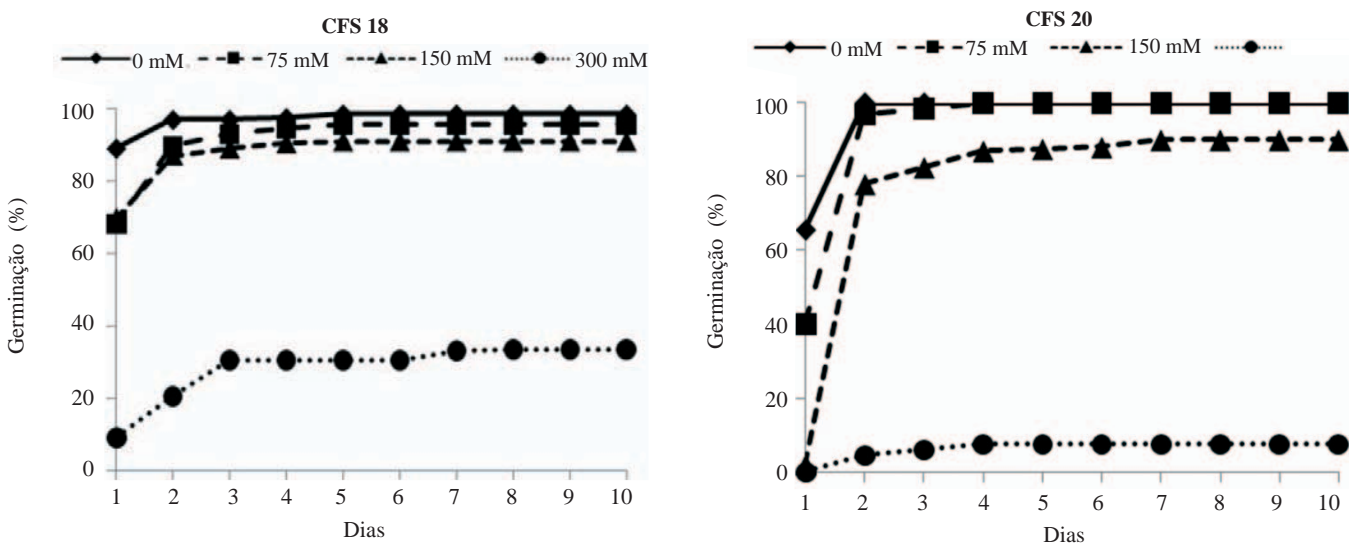
germinação for inferior a  $-1,5$  MPa, os tecidos não crescem e o padrão de síntese protéica e ácidos nucléicos muda significativamente (Dell'Aquila e Spada, 1992). Portanto, há a necessidade de que haja um nível de hidratação adequado durante a fase de embebição das sementes, de modo que este venha a permitir a reativação dos processos metabólicos, culminando no crescimento do eixo embrionário (Marcos Filho, 2005).

O aumento do déficit hídrico através do incremento nas concentrações de PEG 6000 na solução do substrato foi responsável por decréscimos significativos nos valores médios do índice de velocidade de germinação e aumentos significativos no tempo médio de germinação (Figura 2C e 2D). Portanto, a redução do potencial osmótico da solução do substrato também influenciou a germinação tornando-a mais lenta, em especial no genótipo CSF 20, em detrimento de efeitos menos drásticos sobre o genótipo CSF 18. Braccini et al. (1996) e Moterle et al. (2006) também relataram atraso na germinação de sementes ocasionado pelo déficit hídrico induzido por PEG 6000. Esses fatos podem ser explicados pela diminuição no metabolismo das sementes em função da menor disponibilidade de água para a digestão das reservas e translocação dos produtos metabolizados, sendo estes processos caracterizados por Bewley e Black (1994)

por um padrão trifásico da germinação. Para esses autores, o estresse hídrico pode reduzir tanto a porcentagem quanto a velocidade de germinação, com uma grande variação de respostas entre as espécies, desde aquelas muito sensíveis, até as mais resistentes. Dessa forma, sementes resistentes possuem a vantagem ecológica de estabelecer plântulas em áreas onde sementes sensíveis à seca não podem fazê-lo.

### Estresse salino

A estabilização da germinação das sementes de ambos os genótipos de sorgo ocorreu por volta do 2º DAS, com exceção para os tratamentos salinos a 300 mM de NaCl, para o genótipo CSF 18, e a 150 mM de NaCl, para o CSF 20, tendo a germinação estabilizada aos 3º e 4º DAS, respectivamente (Figura 3). Portanto, os genótipos estudados tiveram comportamentos diferentes em relação às concentrações salinas. Na germinação de sorgo sob condições de salinidade, semelhantemente ao que foi observado no experimento com estresse hídrico, o genótipo CSF 18 mostrou-se mais tolerante que o CSF 20. Estes resultados corroboram com a afirmação de Shannon (1997), pois conforme este autor a tolerância à salinidade varia entre espécies, entre variedades/genótipos de uma mesma espécie e até mesmo entre estádios fenológicos de um mesmo genótipo.



**FIGURA 3.** Evolução da germinação de sementes de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) sob diferentes níveis de estresse salino.

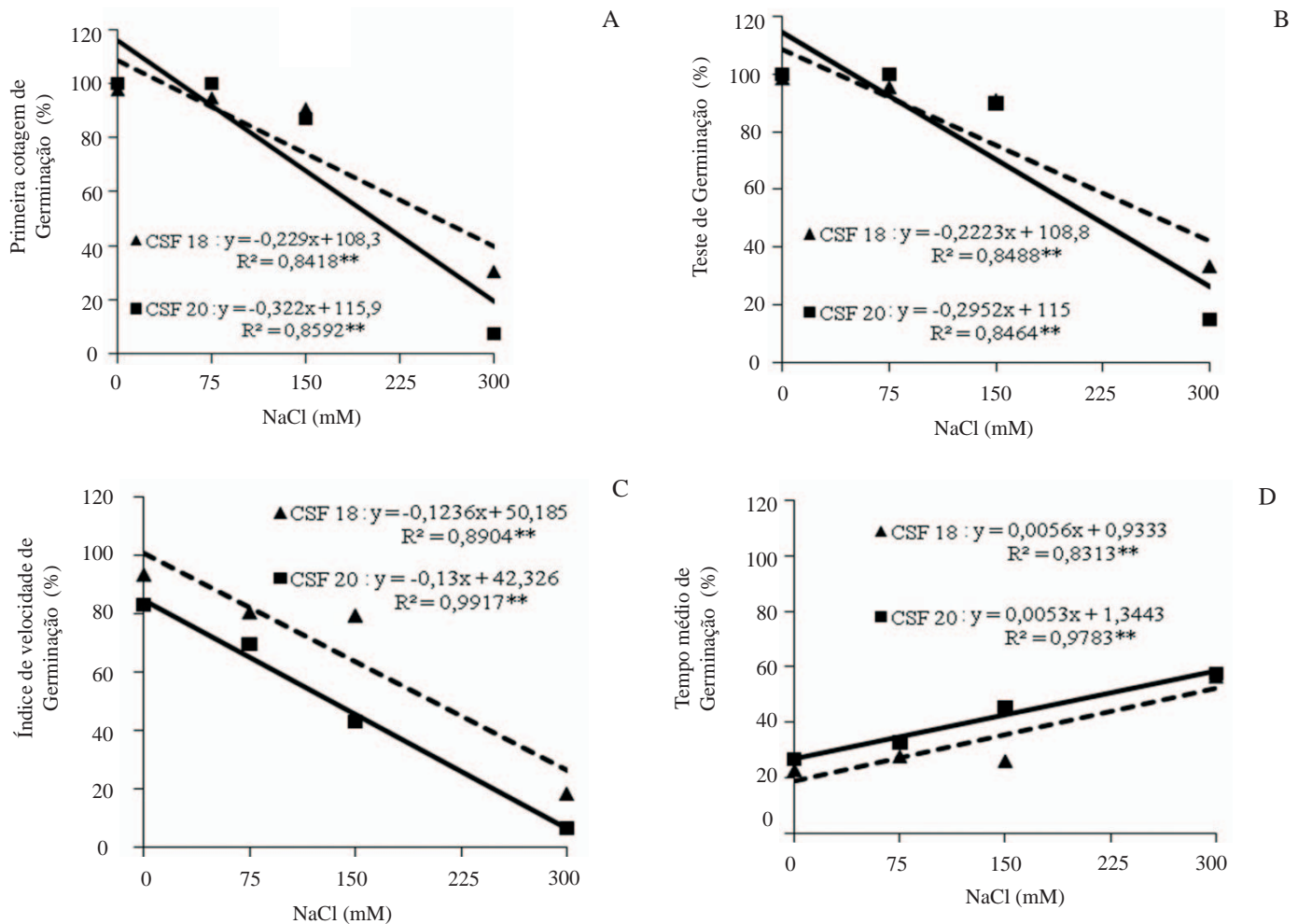
Os tratamentos de salinidade provavelmente reduziram o potencial osmótico da solução do substrato, notadamente a 150 mM e 300 mM de NaCl, afetando o processo de embebição das sementes de sorgo, sendo este efeito mais

marcante no 2º DAS, atrasando a germinação. Segundo O'Leary (1995), a ocorrência excessiva de sais solúveis no substrato acarreta redução do potencial osmótico e, como conseqüência, redução do gradiente de potencial

hídrico entre o substrato e a semente, dificultando o processo de embebição e comprometendo a germinação. Contudo, Tobe et al. (2000) afirmam que a inibição da germinação ocasionada pela salinidade se deve tanto ao efeito osmótico, ou seja, à “seca fisiológica” produzida, como ao efeito tóxico, resultante da concentração de íons no protoplasma.

A primeira contagem de germinação foi similar em ambos os genótipos, apresentando comportamento linear inversamente proporcional ao incremento na concentração de NaCl (Figura 4A). Observaram-se, por outro lado, diferenças no vigor dos genótipos estudados, de modo que a partir do nível de 150 mM de NaCl, as reduções causadas pela salinidade foram mais drásticas no genótipo CSF 20 do

que no genótipo CSF 18. Desse modo, os resultados obtidos demonstram que o teste de primeira contagem de germinação pode ser eficiente para avaliar o vigor de sementes de sorgo submetidas à salinidade. De forma semelhante, Dantas et al. (2007), avaliando a germinação e vigor de sementes de diferentes cultivares de feijão submetidas ao estresse salino, constataram que a primeira contagem de germinação foi um método eficaz para a predição do vigor e diferenciação do nível de tolerância das cultivares ao estresse. Moterle et al. (2006), trabalhando com milho-pipoca, observaram que o estresse salino proporcionou variações nesse parâmetro de acordo com a cultivar analisada, podendo-se constatar que há um comportamento germinativo diferenciado em função do genótipo estudado.



**FIGURA 4.** Primeira contagem (A), teste (B), índice de velocidade (C) e tempo médio (D) de germinação de sementes de dois genótipos de sorgo (CSF 18 e CSF 20) sob diferentes níveis de estresse salino. \*\* Significativo a 1% de probabilidade.

No teste de germinação foi observado efeito linear inversamente proporcional à salinidade, ou seja, a germinação das sementes foi reduzida à medida que se elevou o nível de NaCl do substrato, alcançando valores, respectivamente, de 33,5 e 15,0% à 300 mM de NaCl nos genótipos CSF 18 e CSF 20 (Figura 4B). Estes resultados concordam com aqueles obtidos por Prisco et al. (1975), que observaram diminuição da germinação de sementes de sorgo em função da elevação da concentração de sais existentes no substrato.

De acordo com Braccini et al. (1996), a diminuição acentuada da germinação das sementes de soja em maiores concentrações de NaCl deve-se à menor quantidade de água absorvida pelas sementes em função da redução do potencial osmótico das soluções. Essa relação também foi verificada por Smith et al. (1989) com sementes de sorgo e milho que tiveram sua germinação uniformemente diminuída com a redução do potencial osmótico, sendo que no potencial de -1,2 MPa não houve sementes germinadas.

À semelhança do que ocorreu com o vigor na primeira contagem e o teste de germinação, novamente o incremento na concentração de NaCl do substrato promoveu um maior decréscimo na velocidade de germinação das sementes de sorgo, representada pela redução no índice de velocidade de germinação e incremento no tempo médio de germinação das sementes (Figura 4C e 4D). Os dados se ajustaram em equações de regressão lineares, que mostram que o genótipo CSF 20 apresentou germinação mais lenta que o CSF 18 em função do estresse salino. Atraso na germinação de sementes ocasionado pelo excesso de sais também foi observado por outros autores em diversas culturas de importância econômica (Braccini et al., 1996; Moterle et al., 2006; Dantas et al., 2007). A diminuição do processo de absorção de água e a entrada dos íons em quantidade suficiente para provocarem toxicidade às sementes, especialmente o  $\text{Na}^+$  e o  $\text{Cl}^-$ , são apontadas como as principais causas da redução da velocidade dos processos fisiológicos e bioquímicos (Tobe et al., 2000; Flowers, 2004).

Analisando-se os dois experimentos, observa-se que a germinação e o vigor do sorgo foram mais afetados pela salinidade do que pelo estresse hídrico. Esses resultados diferem daqueles de Braccini et al. (1996) que observaram, em sementes de soja, que o PEG 6000 proporcionou efeitos mais drásticos sobre a germinação e vigor das sementes que o NaCl. Todavia, esse fato deve-se, certamente, porque no referido ensaio os autores utilizaram esses agentes osmóticos nos mesmos potenciais e o PEG 6000, por ser um soluto não permeável, induz um déficit hídrico maior. Em

contrapartida, no presente trabalho, os valores de potencial osmótico foram diferentes em ambos os experimentos. Utilizando-se a equação de Van't Hoff, citada por Salisbury e Ross (1992), observa-se que as concentrações de NaCl utilizadas no ensaio de estresse salino proporcionaram valores de potencial osmótico bem mais negativos (-0,32, -0,62 e -1,23 MPa) que aqueles obtidos com o PEG 6000 (-0,2, -0,4 e -0,8 MPa).

Os sais de alta solubilidade, tais como o NaCl, exercem menor efeito sobre a “seca fisiológica” no processo germinativo do que o PEG 6000, pois as sementes ao absorverem água do substrato absorvem também os sais, os quais provocam redução do potencial osmótico celular e, conseqüentemente, favorecem o aumento da absorção de água pelas sementes por manterem o gradiente de potencial hídrico entre a semente e o substrato, processo conhecido como “ajustamento osmótico” (Munns, 2002). Quanto ao polietileno glicol (PEG 6000 e 8000), por outro lado, as moléculas são muito grandes para ultrapassar as paredes celulares, ou seja, este agente osmótico não é absorvido pelas sementes e, por conseguinte, proporciona maior estresse hídrico (Bradford, 1995).

De modo geral, as variáveis mais influenciadas negativamente pelos estresses aplicados foram a primeira contagem de germinação, bem como o índice de velocidade de germinação e o tempo médio de germinação, verificando-se assim que o déficit hídrico e o excesso de sais proporcionaram uma redução significativa no vigor e velocidade de germinação das sementes de sorgo, principalmente naquelas do genótipo CSF 20 (Figuras 2 e 4). Os resultados obtidos neste experimento divergem daqueles obtidos por Lacerda et al. (2003) e Silva et al. (2003), os quais trabalhando com os mesmos genótipos de sorgo forrageiro na fase de crescimento vegetativo relataram que o genótipo CSF 18 era mais sensível à salinidade do que o CSF 20. Entretanto, comumente têm sido relatadas na literatura diferenças no nível de tolerância ao estresse hídrico (Rauf et al., 2007; Szira et al., 2008) e salino (Chartzoulakis e Klapaki, 2000; Almodares et al., 2007) de várias culturas de importância econômica em função do estágio de desenvolvimento.

Portanto, os dados aqui obtidos revelaram que o genótipo CSF 18, apesar de mais sensível à salinidade que o CSF 20 durante a fase de crescimento vegetativo, apresentou maior tolerância ao estresse salino durante a fase de germinação. Conforme Munns (2002), essas discrepâncias podem estar relacionadas com a espécie, genótipo ou cultivar utilizado, o estágio de desenvolvimento em que o estresse foi aplicado,

os níveis e a forma de aplicação de sais e o tempo e duração do estresse.

### CONCLUSÕES

Os estresses hídrico e salino afetam negativamente o desempenho das sementes de sorgo, reduzindo a germinação e vigor.

Os genótipos mostram respostas diferenciadas quanto às condições de déficit hídrico e salinidade, sendo que as sementes de sorgo do genótipo CSF 18 apresentam germinação e vigor superiores em relação às do genótipo CSF 20.

### REFERÊNCIAS

- ALMODARES, A.; HADI, M.R.; DOSTI, B. Effects of salt stress on germination percentage and seedling growth in sweet sorghum cultivars. **Journal of Biological Sciences**, v.7, n.8, 1492-1495, 2007.
- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2006. 237p.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BRACCINI, A.L.; RUIZ, H.A.; BRACCINI, M.C.L.; REIS, M.S. Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietileno glicol. **Revista Brasileira de Sementes**, v.18, n.1, p.10-16, 1996.
- BRADFORD, K.J. Water relations in seed germination. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed.). **Seed development and germination**. New York: Marcel Dekker, Inc., 1995. p.351-396.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Departamento Nacional de Produção Vegetal. Coordenação de Laboratório Vegetal. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília, DF, 1992. 365 p.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. (Coord.). **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. FUNEP, Jaboticabal. 2000. 588p.
- CHARTZOULAKIS, K.; KLAPAKI, G. Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. **Scientia Horticulturae**, v.86, n.3, p.247-260, 2000.
- DANTAS, B.F.; RIBEIRO, L.S.; ARAGÃO, C.A. Germination, initial growth and cotyledon protein content of bean cultivars under salinity stress. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.2, p.106-110, 2007.
- DELL'AQUILA, A. Water uptake and protein synthesis in germinating wheat embryos under the osmotic stress of polyethylene glycol. **Annals of Botany**, v.69, n.2, p.167-171. 1992.
- DELL'AQUILA, A.; SPADA, P. Regulation of protein synthesis in germinating wheat embryos under polyethylene glycol and salt stress. **Seed Science Research**, New York, v.2, n.2, p.75-80. 1992.
- FLOWERS, T.J. Improving crop salt tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n.396, p.307-319, 2004.
- LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.
- LACERDA, C.F.; CAMBRAIA, J.; CANO, M.A.O.; RUIZ, H.A.; PRISCO, J.T. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.49, n.2, p.107-120, 2003.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.1, p.176-177. 1962.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.
- MOTERLE, L.M.; LOPES, P.C.; BRACCINI, A.L.; SCAPIM, C.A. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, n.3, p.169-176, 2006.
- MUNNS, R. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant Cell Environment**, v.25, n.2, p.239-250, 2002.
- O'LEARY, J.W. Adaptive components of salt tolerance. In: PESSARAKLI, M. (Ed.) **Handbook of plant and crop physiology**. New York: Marcel Dekker, Inc., 1995. p. 577-585.
- PRISCO, J.T.; BARBOSA, L.; FERREIRA, L.G.R. Efeitos da salinidade na germinação e vigor de plântulas de *Sorghum bicolor* (L) Moench. **Revista Ciência Agronômica**, v.5, n.1, p.13-17, 1975.
- RAUF, M.; MUNIR, M.; UL HASSAN, M.; AHMAD, M.; AFZAL, M. Performance of wheat genotypes under osmotic stress at germination and early seedling growth stage. **African Journal of Biotechnology**, v.6, n.8, p.971-975, 2007.



- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. 4. ed. Belmont: Wadsworth, 1992. 682p.
- SHANNON, M.C. Genetics of salt tolerance in higher plants. In: JAIWALI, P.K.; SINGH, R.P.; GULATI, A. (Ed.). **Strategies for improving salt tolerance in higher plants**. Oxford: BIJ, 1997, p. 265-289.
- SILVA, D.; PRUSKI, F.F. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1997. 252p.
- SILVA, J.V.; LACERDA, C.F.; AZEVEDO NETO, A.D.; COSTA, P.H. A.; ENÉAS FILHO, J.; PRISCO, J.T.; GOMES FILHO, E. Crescimento e osmoregulação em dois genótipos de sorgo submetidos a estresse salino. **Revista Ciência Agrônômica**, v.34, n.2, p.125-131, 2003.
- SMITH, R.L.; HOVELAND, C.S.; HANA, W.W. Water stress and temperature in relation to seed germination of pearl millet and sorghum. **Agronomy Journal**, v.81, n.2, p.303-305, 1989.
- SZIRA, F.; BÁLINT, A.F.; BÖRNER, A.; GALIBA, G. Evaluation of Drought-Related Traits and Screening Methods at Different Developmental Stages in Spring Barley. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v.194, n.5, p.334-342, 2008.
- TABOSA, J.N.; COLAÇO, W.; REIS, O.V.; SIMPLÍCIO, J.B.; CARVALHO, H.W.L.; DIAS, F.M. Sorghum genotypes evaluation under salinity levels and gamma ray. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, n.3, p.339-350, 2007.
- TABOSA, J.N.; REIS, O.V.; BRITO, A.R.M.B.; MONTEIRO, M.C.D.; SIMPLÍCIO, J.B.; OLIVEIRA, J.A.C.; SILVA, F.G.; AZEVEDO NETO, A.D.; DIAS, F.M.; LIRA, M.A.; TAVARES FILHO, J. J.; NASCIMENTO, M. M. A.; LIMA, L. E.; CARVALHO, H. W. L.; OLIVEIRA, L. R. Comportamento de cultivares de sorgo forrageiro em diferentes ambientes agroecológicos dos Estados de Pernambuco e Alagoas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.2. p.47-58, 2002.
- TOBE, K.; LI, X.; OMASA, K. Seed germination and radicle growth of a halophyte, *Kalidium caspicum* (Chenopodiaceae). **Annals of Botany**, v.85, n.3, p.391-396, 2000.
- TORRES, S.B. Qualidade fisiológica de sementes de sorgo através do teste de estresse hídrico. **Ciência Rural**, v.27, n.1, p.31-35, 1997.
- VERSLUES, P.E.; AGARWAL, M.; KATIYAR-AGARWAL, S.; ZHU, J.; ZHU, J.K. Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stress that affect plant water status. **The Plant Journal**, v.45, n.4, p.523-539, 2006.
- VON PINHO, R.G.; VASCONCELOS, R.C.; BORGES, I.D.; RESENDE, A.V. Influência da altura de corte das plantas nas características agrônômicas e valor nutritivo das silagens de milho e de diferentes tipos de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.2, p.266-279, 2006.