

## GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE CRAMBE SOB ESTRESSE HÍDRICO

RENAKE NOGUEIRA TEIXEIRA<sup>1</sup>, MARIANA ZAMPAR TOLEDO<sup>1</sup>, GISELA FERREIRA<sup>2</sup>, CLÁUDIO CAVARIANI<sup>1</sup>, SAMIR PAULO JASPER<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP, [renakent@gmail.com](mailto:renakent@gmail.com)

<sup>2</sup>Departamento de Botânica, Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP

### 1 RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a germinação e o vigor de sementes de crambe, sob condições de estresse hídrico induzidas por soluções de polietileno glicol. As sementes foram colocadas para germinar em substrato embebido com soluções de polietileno glicol, utilizando-se os potenciais osmóticos de 0 (controle), -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0; -1,2 e -1,4MPa. Avaliou-se a germinação das sementes pela porcentagem de plântulas normais e porcentagem de emissão de raiz primária, e o vigor pelo tempo médio de germinação, índice de velocidade de germinação, frequência relativa de germinação e índice de sincronização da germinação. Observou-se que potenciais osmóticos mais negativos promoveram redução significativa na germinação e no vigor das sementes de crambe, não havendo formação de plântulas normais em potenciais inferiores a -0,6 MPa.

**UNITERMOS:** Polietileno glicol, potencial osmótico, água, biodiesel.

**TEIXEIRA, R.N.; TOLEDO, M.Z.; FERREIRA, G.; CAVARIANI, C; JASPER, S.P.  
CRAMBE SEEDS GERMINATION AND VIGOR UNDER WATER STRESS**

### 2 ABSTRACT

This study aimed to evaluate crambe seeds germination and vigor under water stress conditions induced by polyethylene glycol solutions. The seeds were germinated on substrate moistened with polyethylene glycol solutions, using the osmotic potentials of 0 (control), -0.2, -0.4, -0.6, -0.8, -1.0, -1.2 and -1.4 MPa. The seeds germination was evaluated by normal seedlings and root emission percentages. Vigor was evaluated by germination average time, relative frequency, velocity and synchronization index. It was observed that more negative osmotic potential caused significant reduction in crambe seed germination and vigor, and no normal seedlings was observed at potentials below -0.6 MPa.

**KEYWORDS:** Polyethylene glycol, osmotic potential, water, biodiesel.

### 3 INTRODUÇÃO

O déficit hídrico caracteriza-se como um dos fatores limitantes da produção agrícola. Pode afetar negativamente a germinação, o estande de plantas, o desenvolvimento vegetativo das culturas, a produtividade e, nos casos mais graves, causar a morte das plântulas (Silva & Pruski, 1997).

A germinação é caracterizada pela protrusão da raiz primária, que apenas se completa quando o teor de água da semente exceder um valor crítico que possibilite a ativação dos processos metabólicos (Tambelini & Perez, 1998). Nesse contexto, é de suma importância a presença de um nível adequado de hidratação que permita a reativação do metabolismo, culminando no crescimento do eixo embrionário (Marcos Filho, 2005).

Potenciais osmóticos muito negativos, especialmente no início da embebição, promovem redução drástica da absorção de água pelas sementes, podendo inviabilizar a sequência de eventos do processo germinativo (Bansal et al., 1980). Segundo Verslues et al. (2006), nessas condições ocorrem atraso e redução da germinação, havendo, portanto, um nível mínimo de umidade que a semente deve atingir para germinar, o qual depende da composição química e permeabilidade do tegumento.

O estresse hídrico atua diminuindo a velocidade e a porcentagem de germinação (Adegbuyi et al., 1981 e Therios, 1982), devido à redução da atividade enzimática e conseqüente redução do desenvolvimento meristemático (Popinigis, 1985 e Hadas, 1976). No entanto, espécies que germinam adequadamente sob baixos potenciais hídricos não são, necessariamente, as que sobreviverão sob severas condições de déficit hídrico (McGinnies, 1960).

Diversas metodologias têm sido recomendadas para se identificar genótipos mais adaptados às condições de déficit hídrico causadas pela baixa disponibilidade de água no solo (Campos & Assunção, 1990; Hadas, 1976). O polietileno glicol 6000 (PEG 6000) é um dos agentes osmóticos indicados para esse fim, por simular satisfatoriamente baixos potenciais de água, sem ser absorvido pelas sementes (Martinelli-Semene et al., 2000; Villela et al., 1991). As soluções de PEG 6000 visam simplificar as condições complexas observadas nas avaliações realizadas em campo ou em vasos, em condições de cultivo protegido (Sá, 1987; Piana et al., 1994).

Portanto, trabalhos realizados com soluções osmóticas diversas visam avaliar o efeito do estresse hídrico sobre o desempenho de sementes de diferentes espécies. Lopes e Macedo (2008) observaram redução do potencial fisiológico de sementes de *Brassica pekinensis* proporcionais à redução do potencial osmótico da solução de embebição. Da mesma forma, Ávila et al. (2007) analisando o efeito dos potenciais osmóticos de 0, -0,25, -1,0 e -1,5 MPa sobre o potencial fisiológico de sementes de canola, observaram redução acentuada na germinação e no crescimento das plântulas sob os potenciais mais negativos, concluindo que o potencial osmótico de -1,0 MPa foi crítico para a germinação das sementes.

A cultura do crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) vem ganhando importância no Brasil devido à sua aptidão para a produção de biodiesel e potencial para semeadura entre os meses de abril e maio, caracterizando safrinha na região centro-oeste. Originário da região quente e seca da Etiópia foi domesticado na região fria e seca do Mediterrâneo, encontrando-se relatos na literatura (Knights, 2008; Oplinger et al, 2008) que atestam tolerância das plantas a períodos de estresse hídrico. Diante da importância do estabelecimento de um estande uniforme, é essencial avaliar as condições mínimas e ótimas de potencial hídrico no solo para a germinação das sementes de crambe e conseqüentemente melhor desempenho de plântulas.

Dessa forma, considerando a hidratação como uma etapa limitante de vários outros processos fisiológicos que ocorrem na semente, o presente trabalho objetivou avaliar os efeitos do estresse hídrico na germinação e no vigor de sementes de crambe.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Sementes do Departamento de Produção Vegetal – Agricultura, da Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, Campus de Botucatu - SP. Para tanto, foram utilizadas sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), cultivar Brilhante, da safra de 2008, armazenadas há um ano em câmara seca.

Utilizaram-se quatro repetições de 100 sementes, as quais foram colocadas para germinar em caixas plásticas sobre três folhas de papel-toalha umedecidas com um volume de 15 ml de solução contendo quantidades pré-estabelecidas de polietileno glicol 6000 (PEG 6000). As soluções de PEG foram preparadas de acordo com especificações de Villela et al. (1991), para proporcionar os diferentes níveis de potencial osmótico, totalizando oito tratamentos: 0 (água desmineralizada), -0,2; -0,4; -0,6; -0,8; -1,0; -1,2 e -1,4 MPa. Posteriormente, as caixas plásticas foram vedadas e levadas a um germinador do tipo BOD, regulado para manter temperatura constante de 25°C.

Curvas relacionando o Brix (% de sólidos solúveis) a cada um dos potenciais osmóticos foram construídas, para auxiliar o monitoramento das condições em cada tratamento. Durante o progresso da absorção de água pelas sementes constatou-se a elevação do Brix e, nestas ocasiões, as soluções osmóticas contidas nas caixas plásticas foram renovadas.

As avaliações foram realizadas aos quatro e aos sete dias após a semeadura (Brasil, 2009), contudo devido ao atraso na germinação, provocado pelos potenciais mais negativos procedeu-se uma terceira contagem no décimo segundo dia.

A germinação das sementes foi determinada de duas formas distintas: 1) Porcentagem de germinação avaliada pelo total de plântulas normais (Germinação) (Brasil, 2009) e; 2) Porcentagem de germinação, considerando-se germinadas as sementes com pelo menos dois milímetros de raiz primária (Emissão) (Hadas, 1976).

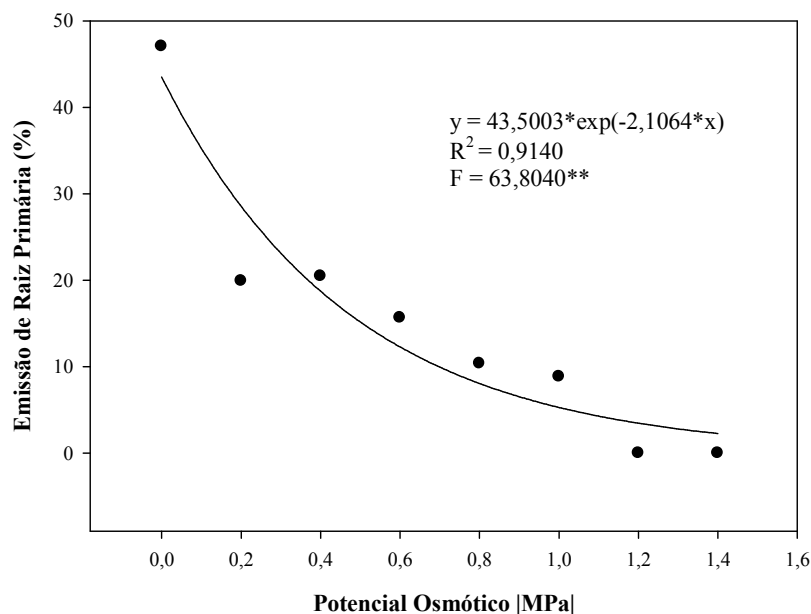
Foram efetuadas, também, leituras em intervalos de 12 horas, considerando a emissão de raiz primária, avaliando-se o vigor das sementes pelo cálculo de índice de velocidade de germinação (IVG) (Maguire, 1962), tempo médio de germinação (TMG), frequência relativa de germinação e índice de sincronização da germinação (U) (Labouriau & Agudo, 1987).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com oito níveis de potencial osmótico e quatro repetições. Os dados foram submetidos a análise de variância, sendo os mesmos comparados quanto ao efeito do potencial osmótico pelo teste F ( $p < 0,05$ ). Em seguida, ajustaram-se curvas segundo o modelo não-linear pelo programa Sigma Plot (2008).

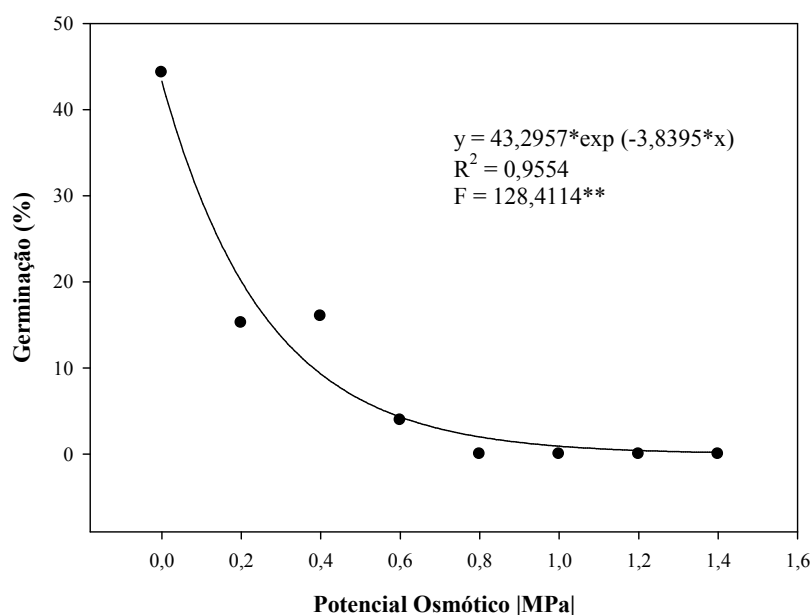
Devido à ausência de homogeneidade (Teste Shapiro-Wilk), procedeu-se a análise com a transformação dos dados de emissão e germinação, segundo Santana e Ranal (2004), através do arco seno  $\sqrt{x}/100$ . O índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG) foram transformados segundo  $\log(x+1)$  e o índice de sincronização (U) através  $\sqrt{(x+1)}$  (Santana & Ranal, 2004).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se nesse trabalho que a redução do potencial osmótico da solução de embebição causou queda na germinação das sementes de crambe. Em todos os tratamentos a germinação foi consideravelmente inferior à da testemunha (0 MPa), tanto quando avaliada pela emissão de raiz primária (Figura 1), quanto pela porcentagem de plântulas normais (Figura 2).



**Figura 1.** Porcentagem de emissão de raiz primária de sementes de crambe em função do potencial osmótico da solução de embebição, UNESP, Campus de Botucatu, 2010.



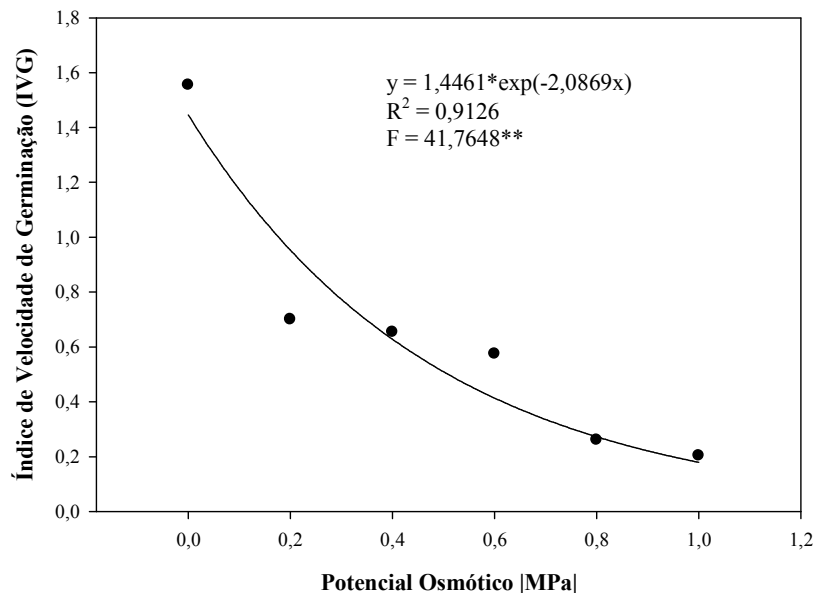
**Figura 2.** Porcentagem de germinação de sementes de crambe em função do potencial osmótico da solução de embebição, UNESP, Campus de Botucatu, 2010.

Constatou-se formação de plântulas normais até o potencial de -0,6 MPa enquanto a emissão de raiz primária ocorreu até o potencial osmótico de -1,0 MPa. É importante ressaltar que as sementes que emitiram raiz primária nesse caso não originaram plântulas normais. Embora tenha sido observado o desenvolvimento de plântulas normais em potenciais mais negativos, percentuais satisfatórios somente ocorreram até -0,2 MPa.

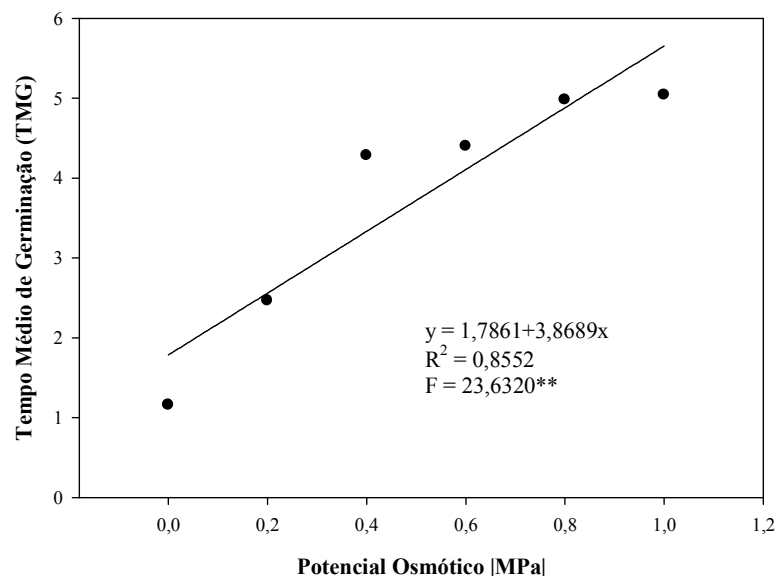
Tendo em vista a comparação entre emissão de raiz primária e germinação, pôde-se inferir que o estresse hídrico afetou mais severamente o desenvolvimento de plântulas normais do que a protrusão de raiz. De acordo com Santos et al., (1992), a redução da germinação das sementes de soja submetidas ao estresse hídrico é atribuída à redução da atividade enzimática, a qual promove menor desenvolvimento meristemático.

Ávila et al. (2007) também observaram redução na germinação (plântulas normais) de sementes de canola quando submetidas à redução sucessiva do potencial osmótico. Os valores de germinação apresentaram-se satisfatórios até -0,25 MPa, enquanto em potenciais osmóticos inferiores a -1,0 MPa, a germinação apresentou valores próximos de zero. Estudo de Lopes e Macedo (2008) determinou máxima capacidade germinativa de sementes de couve chinesa (*Brassica pekinensis*) em presença de solução osmótica à -0,2 MPa, não diferindo do controle (0 MPa), havendo decréscimo da porcentagem de germinação sob influência do potencial osmótico de -0,8 MPa.

O aumento do déficit hídrico induzido 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 (Figura 3) e aumentos significativos no tempo médio de germinação (Figura 4). Houve, também, redução na sincronia de germinação, como observado na Figura 5. Portanto, a redução do potencial osmótico da solução do substrato tornou a germinação mais lenta, e distribuída de forma irregular ao longo do tempo, influenciando negativamente o vigor das sementes de crambe.

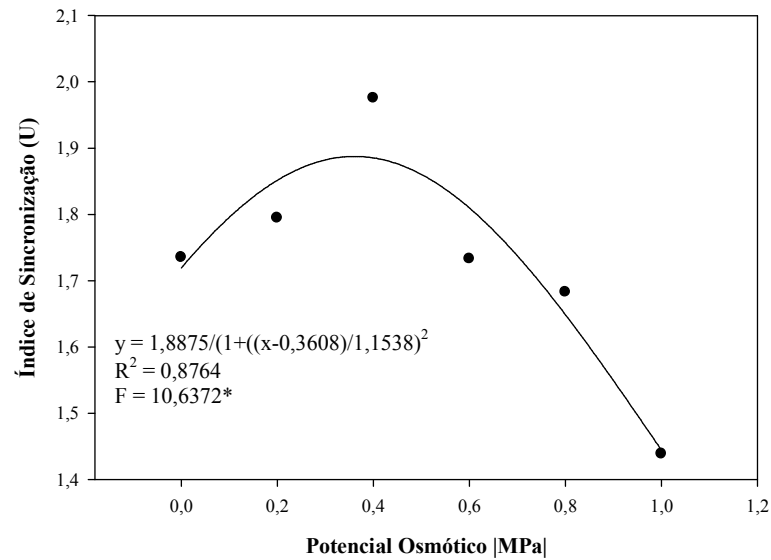


**Figura 3.** Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de crambe em função do potencial osmótico da solução de embebição, UNESP, Campus de Botucatu, 2010.



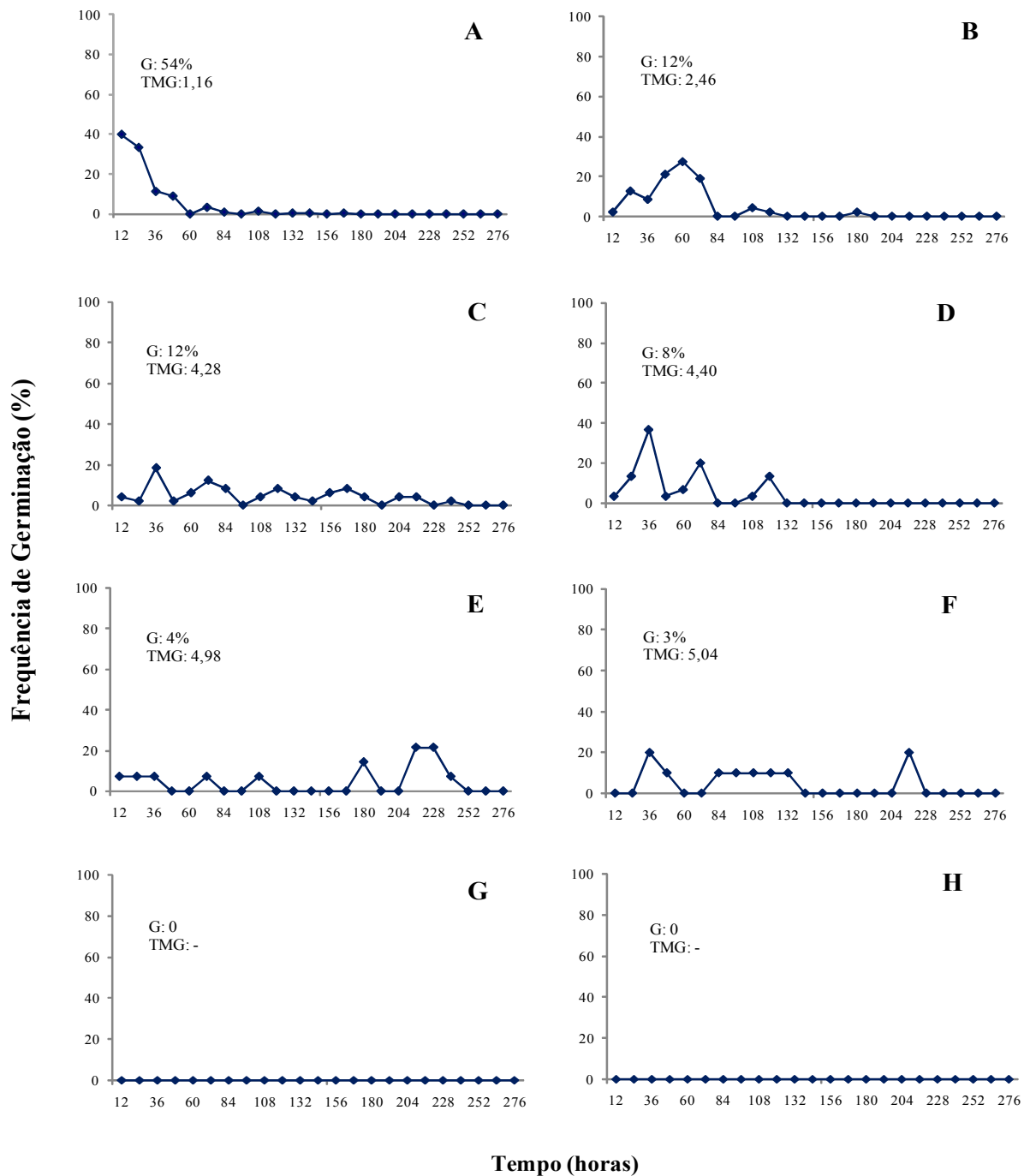
**Figura 4.** Tempo médio de germinação (TMG) de sementes de crabe em função do potencial osmótico da solução de embebição, UNESP, Campus de Botucatu, 2010.

Corroborando os resultados, Ávila et al. (2007) obtiveram aumento no número de dias para germinação inicial das sementes de canola à medida que o potencial osmótico foi reduzido. Oliveira e Gomes-Filho (2009) avaliando sementes de sorgo, também relataram atraso na germinação 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.



**Figura 5.** Índice de sincronização de germinação (U) de sementes de crambe em função do potencial osmótico da solução de embebição, UNESP, Campus de Botucatu, 2010.

Os resultados da frequência relativa da germinação reforçaram o efeito do estresse hídrico em retardar o início da germinação das sementes. No nível mais elevado de potencial osmótico (0MPa), a maior parte das sementes começou a emitir raiz primária doze horas após o início da embebição, ao passo que já no nível de -0,2MPa a maior frequência de emissão ocorreu sessenta horas após início das avaliações (Figura 6). Constata-se na mesma figura a falta de sincronia de germinação nos potenciais mais negativos, observada pela frequência polimodal de germinação.



**Figura 6.** Frequência relativa de germinação de sementes de crambe submetidas a diferentes potenciais osmóticos: **A:** 0MPa; **B:** -0,2MPa; **C:** -0,4MPa; **D:** -0,6MPa; **E:** -0,8MPa; **F:** -1,0MPa; **G:** -1,2MPa; **H:** -1,4MPa. G = Porcentagem de germinação, TMG = Tempo médio de germinação.

Comparando-se, portanto, os resultados dos testes de germinação, com os testes de vigor (IVG, TMG e U) verificou-se comportamento semelhante para as duas características, observando-se redução, portanto, da germinação e do vigor das sementes de crambe com a redução do potencial osmótico da solução de embebição.



Existem potenciais osmóticos da solução do substrato que provocam a redução do desempenho das sementes, conforme pôde ser observado nos resultados encontrados nesse trabalho. Tais resultados revelaram a importância dos potenciais, considerados críticos para a germinação de sementes de crambe e a conseqüente relevância de condições de baixa disponibilidade de água no solo, simulando condições de estresse hídrico observadas em campo.

## 6 CONCLUSÕES

A redução do potencial osmótico do substrato promove redução significativa na germinação e no vigor das sementes de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst).

Potenciais osmóticos iguais ou inferiores a -0,2 MPa revelaram-se prejudiciais à germinação das sementes, não havendo desenvolvimento de plântulas normais em potenciais inferiores a -0,6 MPa.

## 7 REFERÊNCIAS

- ADEGBUYI, E.; COOPER, S.R. & DON, R. Osmotic priming of some herbage grass seed using polyethylene glycol (PEG). **Seed Science and Technology**, Zürich, v.9, n.3, p.867-878, 1981.
- ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; FAGLIARI, J. R.; SANTOS, J. L. Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 29, nº 1, p.98-106, 2007.
- BANSAL, R.P.; BHATI, P.R. & SEND, D.N. Differential specificity in water imbibition of Indian arid zone. **Biologia Plantarum**, Praha, v.22, n.5, p.327-331, 1980.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2 ed. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília : Mapa/ACS, 2009. 399 p.
- CAMPOS, I. S.; ASSUNÇÃO, M. V. Efeitos do cloreto de sódio na germinação e vigor de plântulas de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 6, p. 837-843, 1990.
- HADAS, A. Water uptake and germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solution. **Journal Express Botany**, 27: 480-9, 1976.
- KNIGHTS S. E. Crambe A North Dakota Case Study. Rural Industries Research and Development Corporation, RIRDC Publication No W02/005, RIRDC Project No TA001-55, fev. 2002. Disponível em: <http://www.rirdc.gov.au/reports/NPP/02-005.pdf>. Acesso em 16 nov. 2008.

- LABORIAU, L.G.; AGUDO, M. On the physiology of seed germination in *Salvia hispanica* L. Temperature effects. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, n. 59(1), p. 37-56, 1987.
- LOPES, J. C.; MACEDO, C. M. P. Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de água, substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 30, nº 3, p. 079-085, 2008.
- 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.
- MARTINELLI-SENEME, A.; MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J. Germinação de milho cv. al-34 em função do tamanho da semente e do potencial hídrico do substrato. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas. v.22, n. 2, p.131-138. 2000.
- McGINNIES, W.J. Effects of moisture stress and temperature on germination of six range grasses. **Agronomy Journal**, Madison, v.52, n.1, 159-163, 1960.
- OLIVEIRA, A. B.; GOMES-FILHO, E. germinação e vigor de sementes de sorgo forrageiro sob estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 31, nº 3, p.048-056, 2009.
- OPLINGER, E.S. et al. Crambe. Alternative Field Crops Manual. Disponível em: <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/crambe.html>. Acesso em 16 nov. 2008.
- PIANA, Z.; CAVARIANI, C.; TILLMANN, M.A.A.; MINAMI, K. Disponibilidade hídrica e germinação de sementes de cebola (*Allium cepa* L.). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.51, n.3, p.486-489, 1994.
- POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.
- SÁ, M. E. **Relações entre qualidade fisiológica, disponibilidade hídrica e desempenho de sementes de soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. Piracicaba, ESALQ-USP, 1987. 147p. (Tese Doutorado).
- SANTANA, D.G. & RANAL, M.A. 2004. Análise da Germinação – um Enfoque Estatístico. Brasília, Editora Universidade de Brasília. 248p.
- SANTOS, V.L.M.; CALIL, A.C., RUIZ, H.A.; ALVARENGA, E. M.; SANTOS, C. M. Efeito do estresse salino e hídrico na germinação e vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.14, n.2, p.189-194, 1992.
- SIGMAPLOT. 2008. For windows, version 11.0. Systat Software, 2008.
- SILVA, D.; PRUSKI, F.F. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1997. 252p.

TAMBELINE, M.; PEREZ, S.C.J.G. Efeito do estresse hídrico simulado com PEG (6000) ou manitol na germinação de sementes de barbatimão (*Stryphnodendron polyphyllum* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.1, p.226-232, 1998.

THERIOS, I.N. Effects of temperature, moisture stress and pH on the germination of seeds of amond (*Prunus amygdalu* "Truioto"). **Seed Science and Technology**, Zürich, v.10, n.3, p.585-594, 1982.

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.

VILLELA, F.A.; DONI-FILHO, L. & SEQUEIRA, E.L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.11/12, p.1957-1968, 1991.