

# Disponibilidade hídrica do substrato e teor de água da semente na germinação de niger<sup>1</sup>

Carla Regina Baptista Gordin<sup>2</sup>, Silvana de Paula Quintão Scalon<sup>2</sup>, Tathiana Elisa Masetto<sup>2</sup>

## ABSTRACT

Substrate water availability and seed water content on niger germination

Niger is an oleaginous species whose cultivation has been spreading, but there is not much information on the adverse conditions during its seedling establishment. This study aimed at evaluating the effects of substrate water availability and seed water content on niger germination. Seeds were moistened using the humid atmosphere method for 0; 24; 48; and 72 hours, obtaining the water contents of 7.0 %, 12.8 %, 16.8 % and 32.2 %. Then, they were sown in substrate moistened with PEG 6000 solutions with different osmotic potentials: 0.0 MPa (control), -0.1 MPa, -0.2 MPa, -0.3 MPa and -0.4 MPa. A completely randomized design, in a 4 x 5 factorial scheme (water content x osmotic potential), with four replications of 50 seeds, was used. First count and germination percentage, germination speed index and mean time, shoot and root length and seedlings dry weight were evaluated. The reduction in the substrate osmotic potential decreases the niger seed germination and seedling growth, regardless of water content, but with a higher evidence in seed water contents below 32.2 % and 12.8 %, respectively.

KEY-WORDS: *Guizotia abyssinica* Cass.; water stress; polyethyleneglycol.

## RESUMO

O niger é uma espécie oleaginosa cujo cultivo encontra-se em expansão, porém, com poucas informações sobre os efeitos de condições adversas, durante a fase de estabelecimento de plântulas. Objetivou-se avaliar os efeitos da disponibilidade hídrica do substrato e do teor de água da semente na germinação de niger. As sementes foram umedecidas pelo método da atmosfera úmida por 0; 24; 48; e 72 horas, obtendo-se os teores de água de 7,0 %; 12,8 %; 16,8 %; e 32,2 %. A semeadura foi feita em substrato umedecido com soluções de PEG 6000, com os seguintes potenciais osmóticos: 0,0 Mpa (controle); -0,1 Mpa; -0,2 Mpa; -0,3 Mpa; e -0,4 Mpa. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 5 (teores de água x potenciais osmóticos), com quatro repetições de 50 sementes. Avaliou-se a primeira contagem, porcentagem de germinação, índice de velocidade e tempo médio de germinação, comprimento da parte aérea e das raízes e massa seca de plântulas. À medida que há redução no potencial hídrico do substrato, a germinação de sementes e o crescimento de plântulas de niger diminuem, independentemente do teor de água, porém, com maior evidência em sementes com teores de água abaixo de 32,2 % e 12,8 %, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: *Guizotia abyssinica* Cass.; estresse hídrico; polietilenoglicol.

## INTRODUÇÃO

O niger (*Guizotia abyssinica* Cass., Asteraceae) é uma espécie oleaginosa com potencial para a produção comercial de biodiesel (Sarin et al. 2009). É uma planta herbácea, dicotiledônea e de ciclo anual, originária da África Tropical, com maior concentração na Etiópia. Na África, é utilizado na alimentação humana e animal, podendo ser destinado, ainda, à fabricação de tintas, iluminação e proteção de campos de cereais (Getinet & Sharma 1996, Sarin et al. 2009). Suas sementes possuem de 30 % a 50 % de óleo composto, com elevado teor de ácido linoleico (71,7 %) (Sarin et al. 2009).

Essa espécie tem se tornado bastante promissora na região Centro-Oeste, sendo utilizada em rotação com outras culturas, durante a safrinha, revelando-se uma boa alternativa para a produção de fitomassa (Carneiro et al. 2008). No entanto, apesar do seu potencial econômico, poucos estudos têm sido realizados a respeito do comportamento fisiológico das suas sementes em condições adversas, durante a semeadura.

Entre os vários fatores limitantes à produção vegetal, o déficit hídrico está entre os mais importantes, pois afeta o metabolismo das plantas e ocorre em grandes extensões de áreas cultiváveis. O estresse

1. Trabalho recebido em abr./2015 e aceito para publicação em set./2015 (<http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632015v4535337>).

2. Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Ciências Agrárias, Dourados, MS, Brasil.

E-mails: carlagordin@hotmail.com, silvanascalon@ufgd.edu.br, tathianamasetto@ufgd.edu.br.

hídrico proporciona reduções significativas no rendimento das lavouras, restringindo as latitudes e os solos onde espécies comercialmente importantes podem ser cultivadas (Giroto et al. 2012). Na germinação das sementes, a ocorrência do estresse hídrico atua diminuindo a velocidade e a porcentagem de germinação. Para cada espécie, existe um valor de potencial hídrico no solo, abaixo do qual a germinação não ocorre (Lopes & Macedo 2008).

Assim, a germinação de sementes é um processo crítico no ciclo de vida das plantas, sendo necessário encontrar condições ambientais que permitam o seu sucesso (Fagundes et al. 2011). Para que isso ocorra, o processo germinativo depende do movimento da água através dos tecidos que envolvem a semente, permitindo que a hidratação provoque a retomada do seu metabolismo. Entretanto, mesmo em condições de suprimento hídrico adequado, as atividades metabólicas no início do processo germinativo não atingem a eficiência esperada, pois há necessidade da atuação de mecanismos de reparo dos componentes celulares naturalmente danificados com a desidratação, durante a maturação (Marcos Filho 2005, Ávila et al. 2007, Lopes & Macedo 2008).

Diferenças muito acentuadas entre os potenciais hídricos da semente e do substrato podem acarretar problemas sérios, devido à entrada muito rápida de água nas sementes, especialmente nas menos vigorosas, ocasionando danos por embebição. Esses danos ocorrem em função de não haver tempo de as membranas se reorganizarem para a conversão do estado de gel ao estado cristalino-líquido, durante a embebição (Ferreira & Borghetti 2004). Sendo assim, são considerados como injúrias físicas irreversíveis, provocando o rompimento das membranas e liberação de grandes quantidades de exsudados, constatando-se efeitos mais severos em sementes com menores teores de água.

Esse efeito prejudicial pode ser reduzido retardando-se a taxa de absorção de água, permitindo a hidratação inicial da semente ou revestindo a semente para retardar a taxa inicial do influxo de água (Ferreira & Borghetti 2004). Assim, a sensibilidade da semente a esses danos é controlada pelo teor de água inicial, temperatura ambiente e taxa de absorção de água (Bewley & Black 1994, Marcos Filho 2005).

Estudos com sementes têm sido conduzidos sob condições de deficiência hídrica, utilizando-se soluções osmóticas para simular um ambiente com

pouca umidade. O efeito dessas soluções depende tanto do soluto utilizado, em um mesmo potencial osmótico, como da espécie (Custódio et al. 2009). Um dos produtos mais comumente utilizados para simular o estresse osmótico é o polietilenoglicol (PEG), um soluto quimicamente inerte e atóxico, que não é absorvido pelas sementes devido ao grande tamanho de suas moléculas. O PEG aumenta o potencial osmótico da solução, podendo provocar atraso no processo germinativo ou diminuição na germinabilidade final (Vilela et al. 1991, Braga et al. 2007, Masetto et al. 2011).

Em virtude da potencialidade da espécie e da escassez de informações sobre o comportamento das sementes em condições de restrição hídrica, objetivou-se, com este estudo, avaliar os efeitos de diferentes disponibilidades hídricas simuladas com polietilenoglicol na germinação de sementes de niger com diferentes teores de água.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Laboratório de Sementes da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em 2012. Utilizaram-se sementes de niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) provenientes da Fazenda Experimental da UFGD (22°13'16''S, 54°48'02''W e altitude de 430 m). A colheita e o beneficiamento dos capítulos foram realizados manualmente. As sementes foram armazenadas em câmara fria e seca (15 °C e 45 % UR), até a instalação do experimento.

Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, com o objetivo de avaliar o efeito do teor de água das sementes e da disponibilidade hídrica do substrato. Assim, o experimento constituiu-se de um fatorial 4 x 5 (teores de água das sementes x disponibilidades hídricas do substrato), com quatro repetições de 50 sementes.

O umedecimento artificial das sementes, para a obtenção dos diferentes teores de água, foi realizado pelo método da atmosfera úmida (Marcos Filho 2005). Caixas do tipo "gerbox" foram utilizadas como compartimento individual, possuindo, em seu interior, uma tela de alumínio, onde foi distribuída uma camada fina de sementes (1 g). No interior de cada caixa, foram adicionados 40 mL de água destilada, sendo as mesmas incubadas por 0; 24; 48; e 72 horas, a 25 ± 2 °C. Determinou-se o grau de umidade das sementes, após cada período de umedecimento,

pelo método da estufa a  $105 \pm 3$  °C (Brasil 2009), utilizando-se quatro repetições.

As sementes foram imersas em solução de hipoclorito de sódio (2 %) por cinco minutos, lavadas em água corrente e secas superficialmente com papel toalha. A semeadura foi realizada no interior de caixas “gerbox”, em substrato sobre papel “germitest” umedecido ao equivalente a 2,5 vezes a massa do papel seco, com soluções aquosas de Polietilenoglicol 6000 (PEG 6000), cuja quantidade utilizada por quilograma de água destilada foi calculada segundo Michel & Kaufmann (1973). Dessa forma, para a obtenção de potenciais hídricos de 0,0 MPa; -0,1 MPa; -0,2 MPa; -0,3 MPa; e -0,4 MPa, as soluções foram compostas, respectivamente, de 0 g, 80 g, 120 g, 150 g e 180 g de PEG 6000 por litro de água destilada. As caixas foram mantidas em câmara de germinação do tipo B.O.D., à temperatura de 25 °C, sob luz branca constante, por sete dias. A iluminação foi obtida com seis lâmpadas fluorescentes tipo “luz do dia” Philips®, com fluência de  $32,85 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

As avaliações foram realizadas diariamente para a obtenção do índice de velocidade de germinação (IVG) (Maguire 1962) e do tempo médio de germinação (TMG) (Edmond & Drapalla 1958), considerando-se germinadas as sementes com protrusão da raiz primária de, no mínimo, 2 mm de comprimento. A primeira contagem de germinação obtida aos três dias após a semeadura (DAS) e a porcentagem de germinação registrada ao final do experimento (7 DAS) levaram em consideração a formação de plântulas normais (parte aérea e sistema radicular desenvolvidos). Os comprimentos médios da parte aérea e das raízes das plântulas foram medidos com paquímetro digital. A massa seca de plântulas inteiras ( $\text{g plântula}^{-1}$ ) foi obtida utilizando-se balança analítica de precisão (0,0001 g), após secagem em estufa com circulação de ar a 65 °C, por 72 horas.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de homogeneidade de variância, que não indicou necessidade de transformação dos mesmos. Assim, procedeu-se à análise de variância a 5 % e, em caso de significância, à análise de regressão ( $p < 0,05$ ), por meio do programa computacional Sisvar (Ferreira 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de água obtidos após o umedecimento das sementes estão descritos na Tabela 1,

Tabela 1. Teores de água das sementes de niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) após o umedecimento artificial a 25 °C, pelo método da atmosfera úmida (Grande Dourados, MS, 2012).

Tempo de umedecimento	Teor de água	
	h	%
0		7,0
24		16,8
48		12,8
72		32,2

verificando-se que foram crescentes, conforme a ampliação do tempo de exposição das sementes, à exceção do tempo de 48 horas, em que observou-se redução no teor de água das sementes. É provável que essa redução tenha ocorrido em função da desuniformidade de umedecimento proporcionado pelo método da atmosfera úmida, fato muito comum em sementes de tamanho reduzido como as de niger.

Houve interação significativa entre os teores de água das sementes e os potenciais osmóticos utilizados para todas as características avaliadas, exceto para o comprimento médio das raízes.

Observou-se redução da porcentagem de germinação na primeira contagem, à medida que o potencial hídrico do substrato foi reduzido, em todos os teores de água estudados. Entretanto, as sementes com teor de água mais elevado (32,2 %) apresentaram germinação superior às demais sementes, nos potenciais osmóticos de 0,0 MPa e -0,1 MPa, evidenciando a influência do teor de água no vigor das sementes de niger em condições de déficit hídrico (Figura 1a). Nos potenciais osmóticos inferiores, a germinação de sementes no momento da primeira contagem foi nula em quaisquer teores de água avaliados.

A porcentagem final de germinação das sementes no potencial osmótico de 0,0 MPa foi de 88 % e 90 %, respectivamente nos teores de água de 7,0 % e 16,8 %, e de 92 %, nos teores de água de 12,8 % e 32,2 %. Assim como para a primeira contagem, houve menor germinação de acordo com o decréscimo no potencial hídrico do substrato, observando-se que sementes com teores de água inferiores a 32,2 % foram mais prejudicadas pelo déficit hídrico. Em todos os casos, verificou-se germinação nula no menor potencial osmótico utilizado (-0,4 MPa) (Figura 1b).

Também para o IVG, o comportamento das sementes com teor de água de 32,2 % divergiu positivamente das demais sementes, ainda que, em todos os casos, a velocidade tenha sido linearmente reduzida à

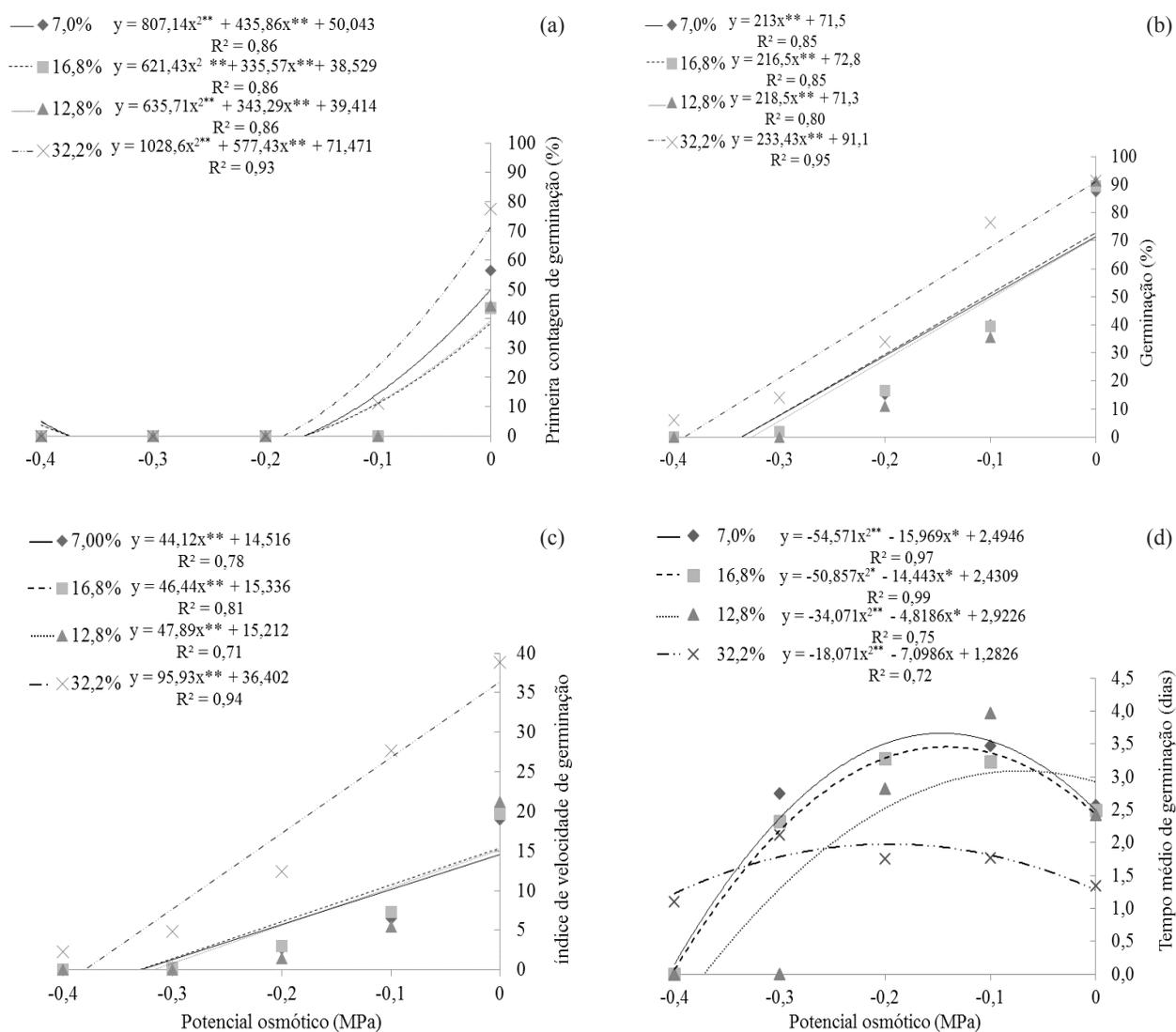


Figura 1. Primeira contagem (a), porcentagem final (b), índice de velocidade (c) e tempo médio de germinação (d) de sementes de niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) com diferentes teores de água, submetidas a diferentes potenciais osmóticos (Grande Dourados, MS, 2012).

medida que se diminuiu o potencial hídrico do substrato (Figura 1c). Consequentemente, as sementes com maior teor de água apresentaram menor TMG, quando comparadas às sementes com menores teores de água. Houve incremento no TMG, em função da adição de PEG na solução, até um determinado ponto, com posterior redução até a disponibilidade hídrica de -0,4 MPa, em que houve restrição da germinação de sementes com todos os teores de água (Figura 1d).

Esses dados demonstram a importância do potencial hídrico do substrato para a germinação de sementes, uma vez que um adequado suprimento hídrico é necessário para que, após a maturidade, haja a reabsorção de água e, consequentemente, a retomada

de atividades metabólicas das sementes (Castro & Hilhorst 2004, Marcos Filho 2005). Portanto, potenciais hídricos muito negativos dificultam a absorção de água pelas sementes, podendo inviabilizar ou atrasar a sequência de eventos do processo germinativo (Bewley & Black 1994, Ávila et al. 2007).

O déficit hídrico pode interferir na produção da lavoura de maneira indireta, em razão da redução na porcentagem e velocidade de emergência de plântulas, prejudicando o estabelecimento adequado de plantas no campo. Sendo assim, devido a falhas na formação do estande, o estresse hídrico pode aumentar a necessidade de replantio e diminuir o rendimento de grãos (Tekrony & Egli 1991).

Efeitos prejudiciais da redução no potencial osmótico do substrato também foram verificados por Yamashita et al. (2009), em sementes de serralhinha (*Emilia sonchifolia*, Asteraceae), sendo que a germinação e velocidade de germinação reduziram-se drasticamente a partir do potencial de -0,1 MPa. Santos et al. (2012) observaram redução significativa na porcentagem final de germinação de sementes de canola (*Brassica napus*, Brassicaceae), a partir de -0,3 MPa de potencial osmótico. A capacidade germinativa sob estresse hídrico varia entre espécies, em virtude de adaptações particulares ao meio (Kos & Poschold 2008).

Em sementes de niger, conforme verificado no presente trabalho, teores de água mais elevados causam maior tolerância a condições de déficit hídrico, garantindo maior velocidade e porcentagem de germinação. Resultados semelhantes foram observados em sementes de crambe (*Crambe abyssinica*, Brassicaceae), cuja germinação reduziu-se à medida que a disponibilidade hídrica do substrato decresceu. A perda de capacidade germinativa ocorreu de forma mais evidente em sementes com 7,0 % e 12,8 % de teor de água do que em sementes com teores de água acima de 18 % (Masetto et al. 2011). Por outro lado, a germinação de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris*) não foi influenciada pelos teores de água das mesmas, e sim apenas pelo aumento na deficiência hídrica do substrato (Forti et al. 2009).

Um aspecto relevante a ser considerado é a possibilidade de ocorrência de danos por embebição, que acometem sementes com baixo teor de água. Essas sementes embebem mais rapidamente que aquelas com alto teor de água, em função do gradiente hídrico muito elevado (Forti et al. 2009). A água removida da membrana plasmática das células, durante a desidratação, provoca uma mudança na sua fluidez, passando, normalmente, do estado cristalino-líquido para o estado de gel (Ferreira & Borghetti 2004). Assim, se as sementes se embebem muito rapidamente, não há tempo suficiente para que as membranas voltem ao estado cristalino líquido, provocando danos celulares e lixiviação de conteúdos celulares, afetando a germinação.

Entretanto, é improvável que as sementes com teor de água inferior a 32,2 % tenham sofrido danos por embebição, pois, no potencial osmótico de 0,0 Mpa, com suprimento hídrico satisfatório, houve semelhança de germinação entre as sementes com diferentes teores de água. Diferenças na germi-

nação só foram observadas a partir da imposição das condições de restrição hídrica, com a diminuição do potencial osmótico do meio.

Levando-se em consideração a dificuldade de se armazenar sementes com teores de água elevados, torna-se evidente a importância do controle do potencial hídrico do solo para proporcionar germinação satisfatória de sementes com baixos teores de água.

Os comprimentos médios da parte aérea e das raízes também apresentaram redução, em função do decréscimo da disponibilidade hídrica do substrato, em todos os teores de água estudados. Para o comprimento médio da parte aérea, observaram-se valores mínimos entre -0,3 MPa e -0,2 Mpa, em todos os teores de água (Figura 2a). Nota-se que, a partir desses potenciais osmóticos, houve formação de plântulas anormais, provavelmente por problemas na síntese e atividade de enzimas, hormônios, translocação e assimilação das reservas, sob condições de restrição hídrica (Marcos Filho 2005).

Para o comprimento médio das raízes, não houve interação significativa entre os teores de água e os potenciais osmóticos estudados, observando-se efeito apenas da restrição hídrica do substrato. O crescimento radicular se reduz cada vez mais, conforme aumenta a severidade da disponibilidade hídrica do substrato, com valores mínimos no potencial osmótico de -0,36 MPa (Figura 2b).

De acordo com Taiz & Zeiger (2004), a redução no crescimento das raízes, em condições de baixa disponibilidade de água, pode ser provocada pela redução da expansão e do alongamento celular, devido ao decréscimo da turgescência. O movimento e a disponibilidade de água para as sementes, portanto, são fundamentais para a germinação, crescimento inicial do sistema radicular e emergência das plântulas (Bewley & Black 1994).

Em consequência disso, o déficit hídrico proporciona menor transferência de reservas da semente para o crescimento das plântulas, havendo menor acúmulo de massa pelas mesmas (Figura 2c). Verificou-se menor massa seca em plântulas provenientes das sementes mais secas (7,0 %) e maiores valores no teor de água de 16,8 %, observando-se decréscimo linear da massa seca conforme a redução na disponibilidade hídrica, em todos os teores de água estudados (Figura 2c).

Assim como ocorre para a canola, a cultura do niger pode enfrentar condições ambientais adversas, por ocasião da semeadura, como baixas temperaturas

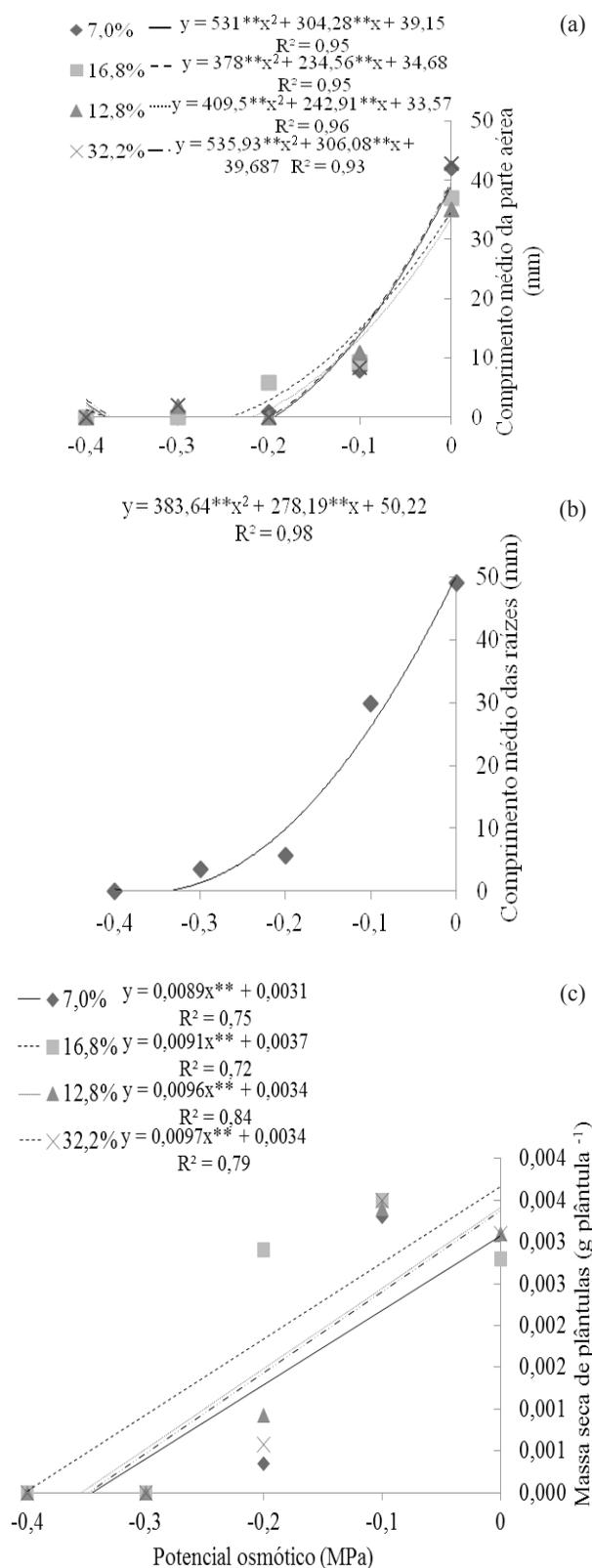


Figura 2. Comprimentos da parte aérea (a) e da raiz (b) e massa seca de plântulas (c) de niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) formadas de sementes com diferentes teores de água e submetidas a diferentes potenciais osmóticos (Grande Dourados, MS, 2012).

(a) e períodos de estiagem (Ávila et al. 2007). Dessa forma, os resultados obtidos neste ensaio tornam-se importantes no esclarecimento do comportamento de sementes de niger em condições de baixa disponibilidade de água no solo.

## CONCLUSÕES

1. O suprimento hídrico do substrato e o teor de água das sementes interferem na germinação e no crescimento de plântulas de niger.
2. À medida que há redução no potencial hídrico do substrato, a germinação de sementes e o crescimento de plântulas de niger diminuem, independentemente do teor de água, porém, com maior evidência em sementes com teores de água abaixo de 32,2 % e 12,8 %, respectivamente.

## REFERÊNCIAS

- ÁVILA, M. R. et al. Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 29, n. 1, p. 98-106, 2007.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. *Seeds: physiology of development and germination*. New York: Plenum Press, 1994.
- (c) BRAGA, L. F. et al. Aplicação de poliaminas em sementes de *Schizolobium amazonicum* (Huber) Ducke durante a germinação sob estresse hídrico. *Revista de Ciências Agroambientais*, Alta Floresta, v. 5, n. 1, p. 27-35, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. *Regras para análise de sementes*. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009.
- CARNEIRO, M. A. C. et al. Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de Cerrado. *Bragantia*, Campinas, v. 67, n. 2, p. 455-462, 2008.
- CASTRO, R. D.; HILHORST, H. W. M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Eds.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 149-162.
- CUSTÓDIO, C. C.; SALOMÃO, G. R.; MACHADO NETO, N. B. Estresse hídrico na germinação e vigor de sementes de feijão submetidas a diferentes soluções osmóticas. *Revista Ciência Agrônômica*, Fortaleza, v. 40, n. 4, p. 617-623, 2009.

- EDMOND, J. B.; DRAPALLA, W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination on okra seeds. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science*, New York, n. 71, p. 428-434, 1958.
- FAGUNDES, M.; CAMARGOS, M. G.; COSTA, F. V. A qualidade do solo afeta a germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas de *Dimorphandra mollis* Benth. (Leguminosae: Mimosoideae). *Acta Botanica Brasílica*, Belo Horizonte, v. 25, n. 4, p. 908-915, 2011.
- FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Orgs.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FORTI, V. A.; CÍCERO, S. M.; PINTO, T. L. F. Efeitos de potenciais hídricos do substrato e teores de água das sementes na germinação de feijão. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 31, n. 2, p. 63-70, 2009.
- GETINET, A.; SHARMA, S. M. *Niger (Guizotia abyssinica (L. f.) Cass. promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops*. Gatersleben: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, 1996.
- GIROTTO, L. et al. Tolerância à seca de genótipos de trigo utilizando agentes indutores de estresse no processo de seleção. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 59, n. 2, p. 192-199, 2012.
- KOS, M.; POSCHLOD, P. Correlates of inter-specific variation in germination response to water stress in a semi-arid Savannah. *Basic and Applied Ecology*, Goettingen, v. 9, n. 6, p. 645-652, 2008.
- 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*, Londrina, v. 30, n. 3, p. 79-85, 2008.
- MAGUIRE, J. B. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence vigor. *Crop Science*, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba: Fealq, 2005.
- MASETTO, T. E. et al. Potencial hídrico do substrato e teor de água das sementes na germinação do crambe. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 33, n. 3, p. 511-519, 2011.
- MICHEL, B. E.; KAUFMANN, M. R. The osmotic potencial of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology*, Rockville, v. 51, n. 5, p. 914-916, 1973.
- SANTOS, A. et al. Disponibilidades hídricas do substrato na qualidade fisiológica de sementes de canola com diferentes teores de água. *Agrarian*, Dourados, v. 5, n. 18, p. 356-364, 2012.
- SARIN, R.; SHARMA, M.; KHAN, A. A. Studies on *Guizotia abyssinica* L. oil: biodiesel synthesis and process optimization. *Bioresource Technology*, Trivandrum, v. 100, n. 18, p. 4187-4192, 2009.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B. Relationship of seed vigor to crop yeild: a review. *Crop Science*, Madison, v. 31, n. 3, p. 816-822, 1991.
- 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, DF, v. 26, n. 11/12, p. 1957-1968, 1991.
- YAMASHITA, O. M. et al. Fatores ambientais sobre a germinação de *Emilia sonchifolia*. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 673-681, 2009.