

## AVALIAÇÃO DO POTENCIAL FISIOLÓGICO DE SEMENTES DE ABÓBORA SUBMETIDAS A DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE ALUMÍNIO

Fabíola de Oliveira Krüger<sup>1</sup>; Chaiane Fernandes Vaz<sup>2</sup>, Paula Rodrigues Gayer  
Ribeiro<sup>2</sup>, Marcio Gonçalves da Silva<sup>2</sup>, Andrea Bicca Noguez Martins<sup>2</sup>,  
Caroline Jácome Costa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Lavras – [fabiolaoliveirakruger@gmail.com](mailto:fabiolaoliveirakruger@gmail.com)

<sup>2</sup>Embrapa Clima Temperado – [caroline.costa@embrapa.br](mailto:caroline.costa@embrapa.br)

### 1. INTRODUÇÃO

Grande parte dos minerais primários das rochas e os minerais secundários que se formam pela ação de diversos agentes que promovem o intemperismo e a formação dos solos são alumino silicatos e óxidos de alumínio insolúveis. O processo de acidificação dos solos, presente em cerca de 50% dos solos potencialmente agricultáveis do mundo (KOCHIAN et al., 2004), tende a intensificar a dissolução de óxidos e hidróxidos de alumínio, acarretando problemas de toxidez por alumínio nas plantas. O alumínio trivalente ( $Al^{3+}$ ) é a forma de alumínio com maior toxidez, pois é capaz de se ligar a moléculas biológicas de diferentes constituintes celulares como parede celular, membrana plasmática e protoplasma. Além disso, o alumínio pode desencadear a oxidação de biomoléculas como lipídios, proteínas, ácidos nucleicos e pigmentos fotossintetizantes (MINOCHA et al., 1992; KOCHIAN, 1995; KOCHIAN et al., 2004). A ação tóxica do alumínio nas plantas reflete-se em redução do alongamento das raízes, com conseqüente diminuição da biomassa radicular, sendo que alterações nas membranas celulares, inibição da síntese de DNA, da divisão e alongamento celulares, modificações na absorção de nutrientes e efeitos sobre os mecanismos simbióticos com bactérias fixadoras de nitrogênio estão entre os principais mecanismos pelos quais o alumínio afeta as funções celulares (MACHADO, 1997). Apesar de sua importância, o entendimento das vias metabólicas associadas à sensibilidade, resistência e tolerância ao alumínio nas plantas ainda é limitado.

A neutralização da acidez na camada arável dos solos pode ser obtida através da calagem. Entretanto, a aplicação de calcário agrícola ( $CaCO_3 + MgCO_3$ ) na superfície do solo não soluciona os problemas de acidez nas camadas inferiores e a calagem a grandes profundidades geralmente não é viável do ponto de vista técnico e econômico (HARTWIG et al., 2007). Dessa forma, a identificação de genótipos tolerantes ao  $Al^{3+}$  constitui-se em estratégia mais efetiva para a produção de culturas economicamente importantes em solos ácidos.

Há relatos na literatura de que a presença de alumínio no substrato pode reduzir a germinação de sementes. Nesse contexto, observou-se que o comprimento do hipocótilo e da raiz, a massa seca da parte aérea e o vigor de plântulas de soja foram afetados pela presença de alumínio (CUSTÓDIO et al., 2002), assim como a germinação de sementes de guandu submetidas, simultaneamente, à deficiência hídrica (MARIN et al., 2004) e de duas espécies daninhas (*Conyza canadensis* e *C. bonariensis*), expostas à presença de alumínio no substrato de germinação (YAMASHITA; GUIMARÃES, 2011).

O presente trabalho teve o objetivo de avaliar o potencial fisiológico de sementes de abóbora submetidas a diferentes concentrações de alumínio.

### 2. METODOLOGIA

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Análise de Sementes da Embrapa Clima Temperado, em Pelotas/RS. Empregaram-se sementes de abóbora (*Cucurbita maxima* Duchesne) das cultivares Exposição, Coroa e Crioula Pataka. As sementes das três cultivares foram semeadas em substrato umedecido com soluções de  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  nas concentrações de zero, 0,5, 5,0 e 10,0  $\text{mg L}^{-1}$  e mantidas em germinador regulado a 25 °C por 8 dias. As sementes foram avaliadas quanto aos seguintes parâmetros:

Germinação e primeira contagem de germinação: quatro repetições de 100 sementes de cada cultivar foram semeadas em papel para germinação umedecido com soluções de sulfato de alumínio nas concentrações de zero, 0,5, 5,0 e 10,0  $\text{mg L}^{-1}$ , na quantidade equivalente a 2,5 vezes a sua massa seca. Após a semeadura, as sementes, dispostas em rolos de papel, foram mantidas em germinador regulado a 25 °C, sendo avaliadas quanto à percentagem de germinação aos quatro (primeira contagem de germinação) e aos oito dias (germinação), após o início do teste, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

As plântulas provenientes do teste de germinação foram avaliadas quanto ao comprimento e massa seca da parte aérea e da raiz.

Comprimento da parte aérea e raiz das plântulas – determinado concomitantemente com o teste de germinação, após 8 dias (NAKAGAWA, 1999). Os comprimentos médios da parte aérea e da raiz das plântulas foram obtidos dividindo-se a soma das medidas tomadas das subamostras pelo número de plântulas mensuradas, sendo os resultados expressos em  $\text{cm plântula}^{-1}$ .

Massa seca da parte aérea e raiz das plântulas – obtida a partir das plântulas provenientes do teste de germinação empregadas para determinação do comprimento de raízes e da parte aérea. Cada amostra foi acondicionada em sacos de papel e mantida em estufa com circulação de ar forçada, a 70 °C, até atingir massa constante. A massa seca das plântulas foi determinada em balança de precisão de  $\pm 0,001\text{g}$  e os resultados foram expressos em  $\text{g plântula}^{-1}$ .

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 3x4, sendo os tratamentos compostos pela combinação de três cultivares e quatro concentrações de sulfato de alumínio. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) ou submetidas à regressão polinomial, conforme o caso. Os dados de germinação e primeira contagem de germinação foram transformados em  $\arcsen(x/100)^{1/2}$ .

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

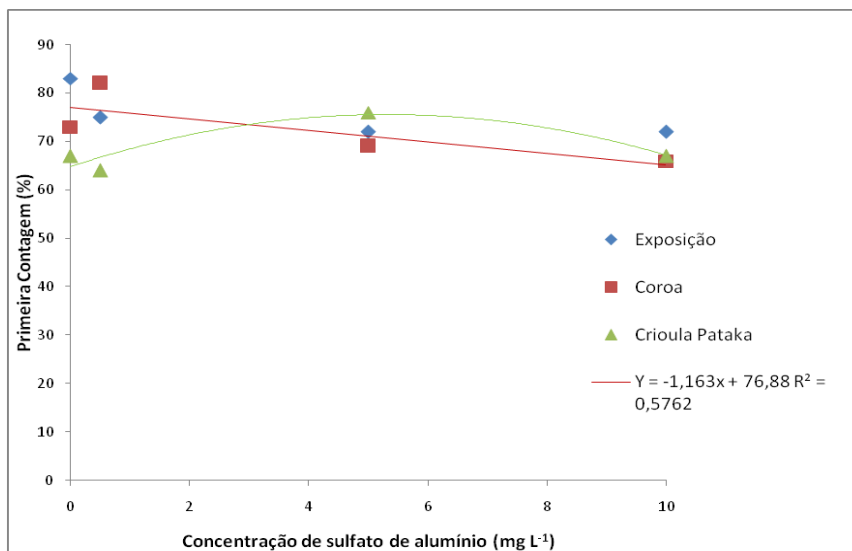
Na Tabela 1, foram apresentados os resultados de primeira contagem e percentagem de germinação de sementes de abóbora em função de diferentes cultivares e concentrações de alumínio durante a germinação. Pode-se observar que apenas na menor concentração de sulfato de alumínio avaliada (0,5  $\text{mg L}^{-1}$ ) foi possível observar diferenças no desempenho germinativo das sementes entre as cultivares de abóbora. Para as concentrações mais elevadas de sulfato de alumínio (5,0 e 10,0  $\text{mg L}^{-1}$ ), a germinação das sementes das três cultivares foi igualmente afetada pela presença do alumínio. Todavia, a intensidade dos efeitos do alumínio sobre a velocidade de germinação das sementes de cada cultivar foi diferente, conforme pode ser observado nos dados de primeira contagem de germinação (Figura 1). Para as sementes da cultivar Coroa, o aumento da

concentração de alumínio provocou redução na primeira contagem de germinação das sementes. Por outro lado, para as sementes da cultivar Crioula Pataka, baixas concentrações de sulfato de alumínio promoveram o aumento da primeira contagem de germinação das sementes, cujo valor máximo foi atingido na concentração de 5,36 mg L<sup>-1</sup> de sulfato de alumínio (ponto de máximo da equação polinomial ajustada pela regressão linear), decrescendo a partir daí. Outros resultados de pesquisa também demonstraram que concentrações baixas de alumínio podem estimular o desenvolvimento inicial das plantas, sem causar efeito tóxico, como observado em plântulas de pepino (SZYMANSKA; MOLAS, 1996), soja (CUSTÓDIO et al., 2002) e guandu (MARIN et al., 2004).

**Tabela 1.** Primeira contagem de germinação e Germinação de sementes de abóbora de diferentes cultivares submetidas a diferentes concentrações de sulfato de alumínio no substrato de germinação.

Variáveis	Cultivar	Concentração de Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> .18H <sub>2</sub> O			
		0,0	0,5	5,0	10,0
Primeira contagem (%)	Exposição	83a	75ab	72 <sup>a</sup>	72 <sup>a</sup>
	Coroa	73ab	82a	69 <sup>a</sup>	66 <sup>a</sup>
	Pataka	67b	64b	76 <sup>a</sup>	67 <sup>a</sup>
CV (%)		7,99			
Germinação (%)	Exposição	83a	75a	72 <sup>a</sup>	74 <sup>a</sup>
	Coroa	76ab	82a	73 <sup>a</sup>	78 <sup>a</sup>
	Pataka	70b	64b	76 <sup>a</sup>	69 <sup>a</sup>
CV (%)		6,56			

Médias seguidas da mesma letra na coluna, para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).



**Figura 1.** Primeira contagem de germinação em sementes de abóbora de diferentes cultivares submetidas a concentrações crescentes de sulfato de alumínio no substrato de germinação.

Quanto aos resultados da percentagem de germinação, embora tenha ocorrido interação entre os efeitos das cultivares e das concentrações de alumínio avaliadas, não foi possível ajustar os dados observados a nenhum modelo de regressão polinomial.

Para todas as cultivares, o aumento da concentração de alumínio no substrato de germinação também estimulou o crescimento das raízes (Figura 2) e,

consequentemente, sua massa seca (Figura 3). O maior comprimento das raízes foi atingido na concentração de  $3,21 \text{ mg L}^{-1}$ , muito próximo à concentração que promoveu o maior acúmulo de massa seca nas raízes, que foi de  $3,72 \text{ mg L}^{-1}$ , ambos calculados pela determinação do ponto de máximo das equações polinomiais ajustadas pelo modelo de regressão. Esse aumento no crescimento das raízes, estimulado pela presença de alumínio no substrato de germinação, não foi acompanhado pelo aumento no crescimento da parte aérea das plântulas (Figura 4), que, contrariamente ao observado para o crescimento das raízes, sofreu redução com o aumento da concentração da solução de sulfato de alumínio. O comprimento da raiz primária de plântulas provenientes de sementes de café da cultivar Apatã apresentou comportamento semelhante quando as sementes foram submetidas a concentrações crescentes de alumínio (MACEDO et al., 2008). Baixas concentrações de alumínio no meio de cultivo *in vitro* de explantes de *Pfaffia glomerata* também estimularam o crescimento das plântulas (MALDANER, 2008). Os mecanismos pelos quais pequenas concentrações de alumínio beneficiam o crescimento das plantas ainda não são claros. Foy (1974) e Marschner (1995) sugerem que esse processo pode estar envolvido na prevenção à deficiência de ferro nas plantas, por liberarem o ferro adsorvido em sítios metabolicamente inativos dentro do vegetal.

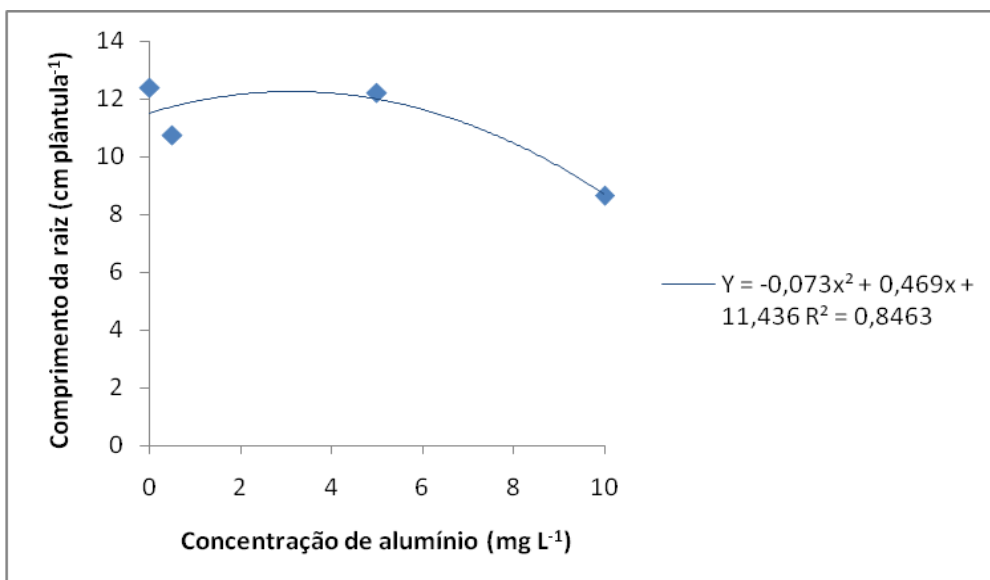


Figura 2. Comprimento da raiz de plântulas de abóbora provenientes de sementes submetidas a concentrações crescentes de sulfato de alumínio no substrato de germinação.

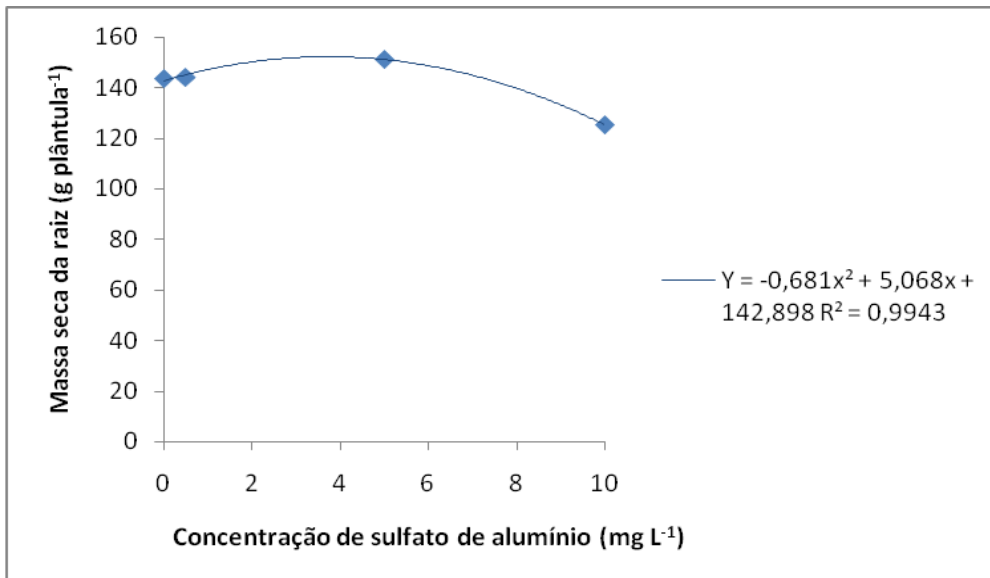


Figura 3. Massa seca da raiz de plântulas de abóbora provenientes de sementes submetidas a concentrações crescentes de sulfato de alumínio no substrato de germinação.

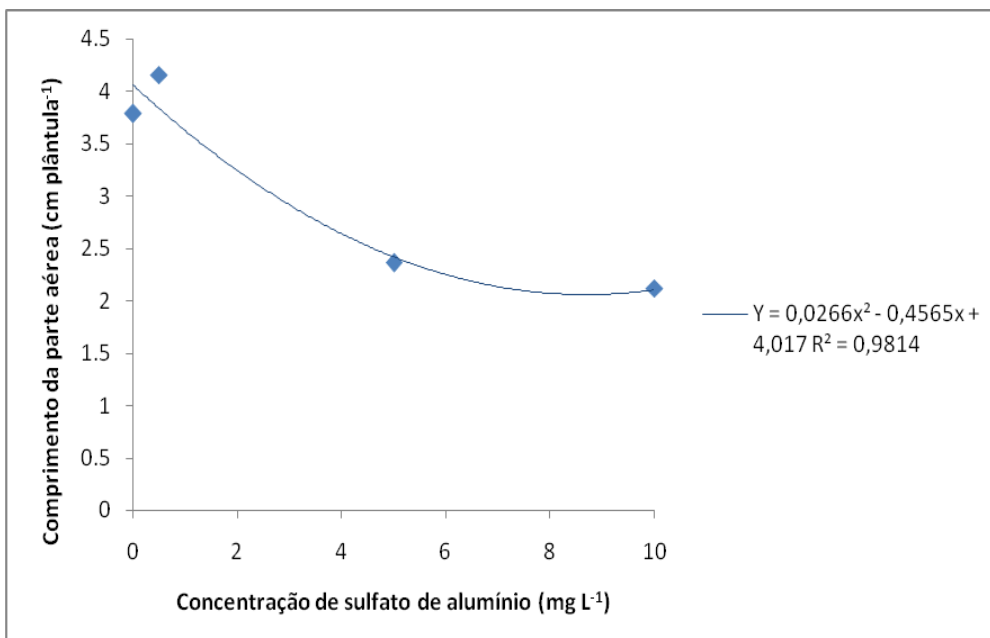


Figura 4. Comprimento da parte aérea de plântulas de abóbora provenientes de sementes submetidas a concentrações crescentes de sulfato de alumínio no substrato de germinação.

No presente trabalho, portanto, observou-se que as ações fitotóxicas do alumínio foram mais significativas no crescimento da parte aérea das plântulas, contrariando as principais evidências de que o sistema radicular é mais sensível ao alumínio do que os órgãos da parte aérea. Isso também foi observado no crescimento de mudas de goiabeira submetidas a doses crescentes de alumínio (SALVADOR et al., 2000).

#### 4. CONCLUSÕES

Há variabilidade para a velocidade de germinação de sementes entre os genótipos de abóbora submetidos à germinação na presença de alumínio.

Baixas concentrações de alumínio no substrato de germinação estimularam o crescimento da raiz das plântulas de abóbora das cultivares Exposição, Coroa e Crioula Pataka

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.

CUSTÓDIO, C.C.; BOMFIM, D.C.; SATURNINO, S.M.; MACHADO NETO, N.B. Estresse por alumínio e por acidez em cultivares de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.1, p.145-153, 2002.

FOY, C.D. Effect of aluminum on plant growth. In: CARLSON, F.W. (Ed.). **The plant root and its environment**. Charlottesville: University Press of Virginia, 1974. p.601-640.

HARTWIG, I.; OLIVEIRA, A.C.; CARVALHO, F.I.F.; BERTAN, I.; SILVA, J.A.G.; SCHMIDT, D.A.M.; VALÉRIO, I.P.; MAIA, L.C.; FONSECA, D.A.R. REIS, C.E.S. Mecanismos associados à tolerância ao alumínio em plantas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.28, n.2, p.219-228, 2007.

KOCHIAN, L.V. Cellular mechanism of aluminum toxicity and resistance in plants. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, New York, v.46, p.237-260, 1995.

KOCHIAN, L.V.; HOEKENGA, O.A.; PIÑEROS, M.A. How do crop plants tolerate acid soils? Mechanisms of aluminum tolerance and phosphorus efficiency. **Annual Review of Plant Biology**, New York, v.55, p.459-493, 2004.

MACEDO, C.M.P.; LOPES, J.C.; AMARAL, J.A.T.; FONSECA, A.F.A. Germinação e vigor de sementes de café submetidas ao estresse com alumínio. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.2, p.235-239, 2008.

MACHADO, P.L.O.A. **Considerações gerais sobre a toxicidade do alumínio nas plantas**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 22p. (Documentos, 2).

MALDANER, J. **Toxidez de alumínio em genótipos de *Pfaffia glomerata* (Spreng.) Pedersen e *Pfaffia tuberosa* (Spreng.) Hicken**. 2008. 94f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.

MARIN, A.; SANTOS, D.M.M.; BANZATTO, D.A.; FERRAUDO, A.S. Germinação de sementes de guandu sob efeito da disponibilidade hídrica e de doses subletais de alumínio. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.1, p.13-24, 2004.

MINOCHA, R.; MINOCHA, S.C.; LONG, S.L.; SHORTLE, W.C. Effects of aluminum on DNA synthesis, cellular polyamines, polyamine biosynthetic enzymes and inorganic ions in cell suspension cultures of a woody plant, *Catharanthus roseus*. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.85, p.417-424, 1992.



NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p.2.1-2.24. 1999.

SALVADOR, J.O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C.P. Influência do alumínio no crescimento e na acumulação de nutrientes em mudas de goiabeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, p.787-796, 2000.

SZYMANSKA, M.; MOLAS, J. The effect of aluminium on early development stages of *Cucumis sativus* L. **Folia Horticulturae**, Krakow, v.8, n.1, p.73-83, 1996.

YAMASHITA, O.M.; GUIMARÃES, S.C. Germinação de sementes de *Conyza canadensis* e *C. bonariensis* em função da presença de alumínio no substrato. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.4, p.599-601, 2011.