

## CLASSIFICAÇÃO DA TOLERÂNCIA À SALINIDADE DE TRÊS ESPÉCIES ORNAMENTAIS NA FASE DE MUDAS POR MEIO DE ANÁLISE MULTIVARIADA

Francisco Mardones Servulo Bezerra<sup>1</sup>, Claudivan Feitosa de Lacerda<sup>2</sup>, Viviane Ruppenthal<sup>3</sup>,  
Carlos Tadeu dos Santos Dias<sup>4</sup>, Bruno Gabriel Monteiro da Costa Bezerra<sup>5</sup>, Humberto Gildo  
de Sousa<sup>6</sup>

**RESUMO:** Os métodos tradicionais de classificação da tolerância à salinidade só possibilitam observar o efeito da salinidade sobre a cultura, variável por variável, algo que pode ser visto como limitação já que não proporciona um olhar direto sobre o conjunto das variáveis e suas correlações. Assim, o objetivo do presente trabalho foi aplicar a técnica de estatística multivariada como método de classificação de tolerância à salinidade de três espécies ornamentais na fase de produção das mudas. Adotou-se delineamento aleatorizado em blocos com quatro repetições e um esquema fatorial de  $3 \times 10$ , correspondendo a três espécies de plantas ornamentais (1 *Catharanthus roseus*, 2 *Tagetes patula* e 3 *Celosia argentea*) e dez níveis de condutividade elétrica da água de irrigação CEa (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 5,0 e 6,0  $\text{dS m}^{-1}$ ) e análise estatística multivariada por componentes principais. As espécies 1 e 2 apresentaram como nível de tolerância 2,5  $\text{dS m}^{-1}$  ao passo que a espécie 3, 3,0  $\text{dS m}^{-1}$ .

**PALAVRAS-CHAVE:** análise multivariada, estresse salino, floricultura

## CLASSIFICATION OF SALT TOLERANCE OF THREE ORNAMENTAL SPECIES IN THE SEEDLING STAGE USING MULTIVARIATE ANALYSIS

**ABSTRACT:** The traditional methods of classification of salt tolerance only make it possible to observe the effect of salinity on crop, variable by variable, something that can be seen as a limitation since it does not provide a direct look at the set of variables. Thus, the objective of the present work was to apply the multivariate statistical technique as a method of classifying tolerance to the salinity of three ornamental species in the seedling production stage. A

<sup>1</sup> Mestre em Engenharia Agrícola, doutorando em Engenharia Agrícola, CEP 63.6400-00, Independência, CE. Fone (88) 96453849. e-mail: mardonesagronomia@gmail.com.

<sup>2</sup> Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

<sup>3</sup> Profa. Doutora, Curso de Agronomia, UniAmérica, Foz do Iguaçu, PR.

<sup>4</sup> Prof. Doutor, Depto Ciências Exatas, ESALQ, Piracicaba, SP.

<sup>5</sup> Estudante de Agronomia, Depto de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE.

<sup>6</sup> Engenheiro Agrônomo, Mestre em Engenharia Agrícola, Pentecoste, CE.

randomized block design with four replications and a  $3 \times 10$  factorial scheme was adopted, corresponding to three species of ornamental plants (1 *Catharanthus roseus*, 2 *Tagetes patula* and 3 *Celosia argentea*) and ten levels of electrical conductivity of the irrigation water EC<sub>w</sub> (0.5; 1.0; 1.5; 2.0; 2.5; 3.0; 3.5; 4.0; 5.0 and 6.0 dS m<sup>-1</sup>) and multivariate statistical analysis by main components. Species 1 and 2 showed a tolerance level of 2.5 dS m<sup>-1</sup> whereas species 3, 3.0 dS m<sup>-1</sup>.

**KEYWORDS:** multivariate analysis, salt stress, floriculture

## INTRODUÇÃO

A probabilidade de encontrar genótipos tolerantes ao estresse salino é elevada entre espécies que apresentam potencial para a ornamentação, dado ao elevado número e presença destas em diversos ambientes, apresentando considerável capacidade de desenvolvimento e produção com características comerciais aceitáveis sob tais condições (CASSANITI et al., 2012). É o exemplo da espécie *Celosia argentea*, flor de corte que apresenta grande potencial para desenvolver-se em condições de salinidade (CARTER et al., 2005), assim como também as espécies *Tagetes patula* e *Catharanthus roseus* (CASSATINI et al., 2013).

Entre os métodos adotados para classificar as respostas das plantas à salinidade destacam-se os que se baseiam principalmente no crescimento e características agronômicas importantes, como produção de grãos e frutos (AYERS & WESTCOT, 1999), considerando-se valores de salinidade limiar para rendimentos relativos (MASS & HOFFMAN, 1977) ou percentuais de redução relativa do crescimento ou produtividade (FAGERIA, 1985; MIYAMOTO et al., 2004). Estes métodos têm em comum o fato de a classificação ser feita dentro de cada variável biométrica considerada. Algo que pode ser vista como uma limitação, uma vez que não é possível olhar para influência da salinidade sobre todas as variáveis de uma vez só e classificá-las conjuntamente, embora ao final seja possível inferir sobre uma média de classificação para cada espécie.

Uma abordagem que pode colaborar com a superação desta limitação é a análise estatística multivariada, onde as variáveis são consideradas em conjunto, bem como suas correlações, para observar ou explicar o efeito de um determinado tratamento sobre estas. Assim, o objetivo do presente trabalho foi aplicar a técnica de estatística multivariada como método de classificação de tolerância à salinidade de três espécies ornamentais (*Celosia argentea*, *Tagetes patula* e *Catharanthus roseus*) na fase de produção das mudas.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação, situada na área experimental da Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará em Fortaleza (3° 45' S; 38° 33' W), Ceará, Brasil, no período de julho a setembro de 2018, usando delineamento experimental aleatorizado em blocos com quatro repetições e esquema fatorial 3 × 10, correspondendo a três espécies de plantas ornamentais (1 *Catharanthus roseus*, 2 *Tagetes patula* e 3 *Celosia argentea*) e dez níveis de condutividade elétrica da água de irrigação CEa (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 5,0 e 6,0 dS m<sup>-1</sup>), totalizando 120 unidades experimentais, cada uma formada por três vasos contendo uma planta cada um.

O preparo das soluções salinas foi realizado utilizando sais de NaCl, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O e MgCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, na proporção equivalente a 7:2:1, entre os cátions Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, e Mg<sup>2+</sup>, obedecendo-se a relação entre CEa e sua concentração (CEa = mmolc L<sup>-1</sup>/10).

A semeadura foi realizada diretamente em vasos de polietileno, com capacidade de 700 mL, colocando-se em média cinco sementes por vaso. Estes foram preenchidos com substrato composto por mistura de bagana de carnaúba triturada e peneirada, húmus de minhoca e arisco, na proporção de 2:1:1 e a aplicação dos tratamentos iniciou sete dias após a semeadura (DAS), quando as plantas haviam emergido. O desbaste, mantendo uma planta por vaso, foi realizado quatorze DAS, e em seguida procedeu-se adubação com N-P-K na formulação 10-10-10, aplicando-se 1,0 g por vaso.

O manejo da irrigação foi realizado pelo balanço hídrico, mantendo um vaso como lisímetro de drenagem para cada espécie e cada nível de salinidade e aplicando uma fração de lixiviação de 15%.

Aos 47 dias após a imposição dos tratamentos, foram realizadas as seguintes avaliações: análise sensorial, diâmetro do caule (DC), altura de planta (ALTURA), área foliar, massa fresca de flores (MFFOLHAS), número de flores (NFLORES), massa seca de folhas (MSFOLHAS), massa seca de raízes (MSRAIZES), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca total (MSTOTAL), taxa de fotossíntese líquida (*A*), taxa transpiratória (*E*), condutância estomática (*gs*) e concentração intercelular de CO<sub>2</sub> (*Ci*).

Toda a análise estatística foi realizada utilizando o SAS University Edition (Cary, NC, EUA), procedendo com testes de significância com os dados multivariados (Testes usados para comparar vetores de médias amostrais com testes F aproximados a fim de evidenciar que os valores populacionais não são constantes) e análise de componentes principais com o objetivo de tomar as variáveis e encontrar combinações lineares destas para produzir índices

(componentes) que sejam não correlacionados na ordem de sua importância e que descreva toda a variação dos dados (MANLY & ALBERTO, 2019).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A significância dos dados multivariados foi testada usando três métodos diferentes e todos evidenciaram que os valores populacionais não são constantes, ou seja, que os vetores de médias diferem entre si em função dos tratamentos (Tabela 1).

**Tabela 1.** Estatísticas multivariadas e aproximações F.

Testes	Valor	Valor F	GL <sub>1</sub>	GL <sub>2</sub>	P>F
Wilks' Lambda	0,0000097	4,49	435	1072,2	<0,0001
Pillai's Trace	6,32442088	2,26	435	1350	<0,0001
Hotelling-Lawley Trace	86,17011511	14,71	435	630,44	<0,0001

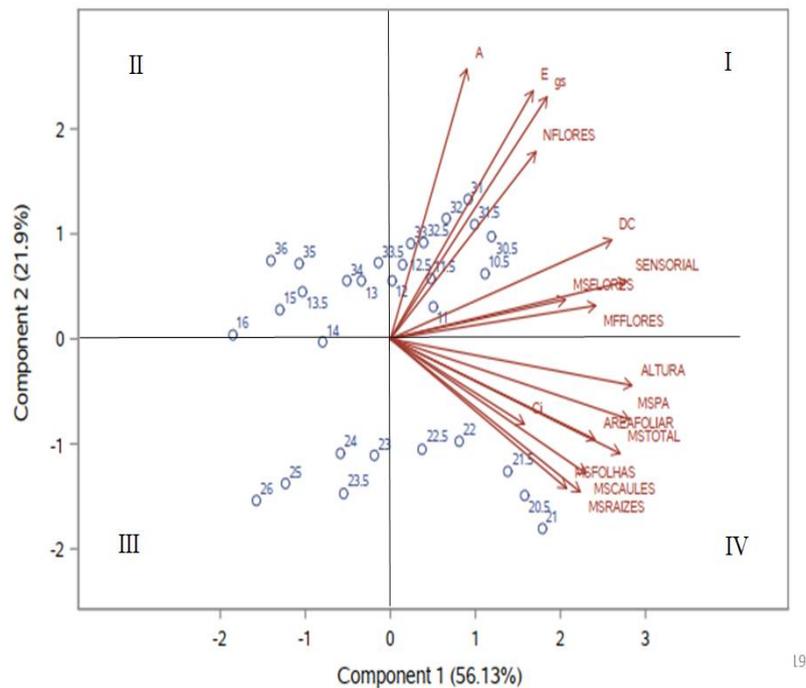
Assim, considerando a significância observada, aplicou-se o método estatístico multivariado denominado análise de componentes principais, a fim de obter a partir das médias das variáveis, ao menos dois índices (componentes principais) que expliquem satisfatoriamente a variação dos dados em função da combinação espécies versus salinidade e que a partir disto seja possível inferir sobre tolerância à salinidade (Figura 1).

Observa-se pela Figura 1, que os componentes principais 1 e 2 somam 78,03% da variação dos dados, tornando-os satisfatórios para o propósito deste trabalho. No primeiro quadrante percebem-se vetores das variáveis A, E, gs, NFLORES, DC, SENSORIAL, MSFLORES e MFFLORES, indicando elevados valores destas nas salinidades de 0,5 a 2,5 dS m<sup>-1</sup> para a espécie 1 (*C. roseus*) e de 0,5 a 3,0 dS m<sup>-1</sup> para a espécie 3 (*C. argentea*), sugerindo pelo conjunto dessas variáveis as faixas de salinidade toleráveis por essas espécies.

Por outro lado, no quadrante três, níveis de salinidade a partir de 3,0 dS m<sup>-1</sup> provocaram baixos valores nas variáveis mencionadas anteriormente para a espécie 2 (*T. patula*), o que nos leva crer que até 2,5 dS m<sup>-1</sup> a espécie em questão tolera a salinidade. O que fica mais evidente ao analisar os vetores das variáveis ALTURA, MSPA, AREAFOLIAR, MSTOTAL, Ci, MSFOLHAS, MSCUALES e MSRAIZES no quarto quadrante, percebe-se para espécie 2 elevados valores destas variáveis entre os níveis salinos de 0,5 a 2,5 dS m<sup>-1</sup>. Ao passo que para este mesmo conjunto de variáveis no quadrante dois, os valores são baixos para as espécies 1 e 3 entre os níveis de 3,0 a 6,0 e de 3,5 a 6,0 dS m<sup>-1</sup> respectivamente.

Bezerra et al. (2020), usando o método tradicional de Fageria (1985) para classificação de tolerância à salinidade verificou em termos médios os limites de 1,5; 2,5 e 3,5 dS m<sup>-1</sup> para *Catharanthus roseus*, *Tagetes patula* e *Celosia argentea* respectivamente. Um resultado muito

próximo ao encontrado neste trabalho com abordagem multivariada especialmente para as espécies 2 e 3.



**Figura 1.** Representação gráfica biplot do resultado da análise de componentes principais.

## CONCLUSÕES

A abordagem estatística multivariada por componentes principais permitiu estabelecer claramente uma faixa de salinidade tolerável pelas espécies, sendo de 0,5 a 2,5 dS m<sup>-1</sup> para *C. roseus* e *T. patula* e de 0,5 a 3,0 dS m<sup>-1</sup> para *C. argentea*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water quality in agriculture**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. FAO. Irrigation and Drainage Studies, 29.
- BEZERRA, F. M. S. B.; LACERDA, C. F. de; RUPPENTHAL, V.; CAVALCANTE, E. S.; OLIVEIRA, A. C. de.; Salt tolerance during the seedling production stage of *Catharanthus roseus*, *Tagetes patula* and *Celosia argentea*. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 51, n. 3, e20196590, 2020.

CARTER, C. T.; GRIEVE, C. M.; POSS, J. A.; SUAREZ, D. L. Production and ion uptake of *Celosia argentea* irrigated with saline wastewaters. **Scientia Horticulturae**, v. 106, p. 381-394, 2005.

CASSANITI, C.; ROMANO, D.; FLOWERS, T. J. The response of ornamental plants to saline irrigation water. *In*: GARCÍA GARIZÁBAL, I.; ABRAHAO, R. (eds). **“Irrigation: Types, Sources and Problems/Book 2”**. Rijeka: Intech, 2012. p. 131–158

CASSANITI, C.; ROMANO, D.; HOP, M. E. C. M.; FLOWERS, T. J. Growing floricultural crops with brackish water. **Environmental and Experimental Botany**, v. 92, p. 165-175, 2013.

DIAS N. S.; BLANCO F. F.; SOUZA, E. R.; FERREIRA, J. S. S.; SOUSA NETO, O. N.; QUEIROZ, I.S. R. Efeitos dos sais na planta e tolerância das culturas à salinidade. *In*: GHEYI H. R.; DIAS N. S.; LACERDA F. C.; GOMES FILHO, E. (eds). **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**. 2. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. p. 151-162.

FAGERIA, N. K. Salt tolerance of rice cultivars. **Plant and Soil**, v. 88, p. 237–243, 1985.

MAAS, E. V.; HOFFMAN, G. H. Crop salt tolerance - current assessment. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, v. 103, p. 115–134, 1977.

MANLY, B. F. J.; ALBERTO, J. A. N. **Métodos Estatísticos Multivariados: Uma Introdução**. 4. ed. Porto Alegre, Bookman, 2019.

MIYAMOTO, S.; MARTINEZ, I.; PADILLA, M.; PORTILLO, A.; ORNELAS, D. **Landscape plant lists for salt tolerance assessment**. EUA: [s. n.], 2004. 12 p.