ANÁLISE DE IMAGENS PARA AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE ARROZ

Vanessa Neumann Silva¹; Lucas Dotto²

¹Professora Adjunta, Doutora em Fitotecnia, Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Chapecó-SC, Brasil. E-mail: vanessa.neumann@uffs.edu.br

²Acadêmico do curso de Agronomia, Universidade Federal do Pampa, Campus Itaquí- RS, Brasil

Recebido em: 15/04/2017 – Aprovado em: 22/07/2017 – Publicado em: 31/07/2017
DOI: 10.18677/Agrarian_Academy_2017a4

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi verificar a possibilidade do uso do programa ImageJ®, para análise computadorizada do crescimento de plântulas de arroz para avaliação da qualidade de sementes. Sementes de arroz, cultivar Puitá Inta CI, foram tratadas com seis doses de Zn: 0, 50, 100, 200, 400 e 800 g ha⁻¹ e duas fontes de Zn: ZnSO₄.7H₂O e ZnCl₂. Foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 2 e quatro repetições. Após o tratamento, as sementes foram avaliadas quanto à germinação, envelhecimento acelerado, teste de frio, comprimento manual de plântulas, emergência de plântulas e comprimento por análise computadorizada de plântulas com o software ImageJ®. A análise computadorizada do comprimento de plântulas com o programa ImageJ® é eficiente para diferenciar o crescimento de plântulas de arroz obtidas de sementes tratadas com Zn.

PALAVRAS-CHAVE: Comprimento de plântulas, ImageJ®, *Oryza sativa*

IMAGE ANALYSIS FOR RICE SEEDLING ANALYZE

ABSTRACT

The aim of this work was to verify the possibility of using the ImageJ program for computerized analysis of rice seedlings growth. Seeds of rice cv Puita Inta CI, were treated with six doses of Zn : 0 , 50 , 100 , 200 , 400 and 800 g ha⁻¹ (100 kg ha⁻¹ seed) and two Zn sources: Sulphate heptahydrate zinc (ZnSO₄.7H₂O) and zinc chloride (ZnCl₂), using a completely randomized design in a factorial 6 x 2, with four repetitions. After treatment, seeds were evaluated for germination, accelerated aging, cold test, manual seedling length, seedling emergence and seedling computerized analysis with the ImageJ® software. The results showed that the computerized analysis of seedlings with the ImageJ program is efficient to characterize the rice seedlings growth of seeds treated with zinc.

KEYWORDS: *Oryza sativa*, ImageJ®, seedling length.

INTRODUÇÃO

O uso de sementes de qualidade é fundamental para o sucesso na implantação das culturas. O potencial fisiológico de um lote de sementes é analisado por meio do

teste de germinação, o qual está padronizado para a maioria das espécies cultivadas. Entretanto, por ser realizado em condições ótimas, pode superestimar o potencial de desempenho das sementes (MARCOS FILHO, 2015).

Sendo assim, o uso de testes de vigor torna-se importante, pois estes podem estimar o comportamento de sementes submetidas a variadas condições de ambiente. Dentre estes, alguns testes foram desenvolvidos baseado na capacidade de crescimento de plântulas. No entanto, estes testes são executados, na maioria das vezes, de forma manual e morosa, o que causa demora na obtenção dos resultados e erros de interpretação (MARCOS FILHO, 2015).

Neste sentido, na tentativa de automatizar as avaliações de vigor de sementes alguns sistemas tem sido propostos, com resultados para várias espécies, como cebola (GONÇALVES, 2016), pimentão (SILVA, 2015), girassol (ROCHA et al., 2015), tomate (SILVA & CICERO, 2014a), berinjela (SILVA & CICERO, 2014b), quiabo (KIKUTI & MARCOS FILHO, 2013), milho doce (ALVARENGA et al., 2012), entre outras.

Existem algumas opções de análise computadorizada de plântulas, contudo, esses sistemas ainda não encontram-se disponíveis para acesso livre, sendo essencial o estudo de novas ferramentas para esta finalidade, as quais possam ser disponibilizadas para o público em geral e de fácil acesso. Dentre os programas de livre uso, o ImageJ[®] já foi utilizado com sucesso na análise de imagens de sementes de goiabeira serrana (SILVA et al., 2013), sendo possível a criação de um protocolo para análise de plântulas. O software ImageJ[®] (anteriormente chamado NIH Image) é um programa de processamento de imagens digitais (obtidas com câmera ou escâner) de domínio público, escrito em Java, e desenvolvido no *National Institutes of Health* (BARBOSA et al., 2016).

O objetivo deste trabalho foi verificar a possibilidade do uso do programa ImageJ[®], para análise computadorizada do crescimento de plântulas de arroz obtidas a partir de sementes tratadas com diferentes fontes e doses de zinco.

MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de arroz, cultivar Puitá INTA CI, foram tratadas com seis doses de Zn: 0, 50, 100, 200, 400 e 800 g ha⁻¹ (considerando 100 kg ha⁻¹ de semente) e duas fontes de Zn: sulfato de zinco heptahidratado (ZnSO₄.7H₂O) e cloreto de zinco (ZnCl₂), utilizando-se um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 2 e quatro repetições. A aplicação do Zn foi realizada diluindo-se as doses de Zn em 5 mL de água, constituindo-se uma calda, que foi distribuída sobre as amostras de sementes acondicionadas em sacos plásticos transparentes de 500 mL. Em seguida, as sementes foram homogeneizadas e transferidas para uma bandeja plástica para secagem, onde permaneceram por 50 minutos.

Após o tratamento, as sementes foram avaliadas conforme a metodologia descrita a seguir: **a) Teste de germinação:** foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes para cada tratamento, as quais foram distribuídas em rolos de papel toalha, constituídas por entre três folhas umedecidas com água destilada, com peso equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco (BRASIL, 2009) e envolvidos em saco de polietileno para evitar a perda de água. Após, os rolos com as sementes foram transferidos para câmara de germinação a 25 °C, durante 14 dias, efetuando-se as avaliações aos cinco e 14 dias após a semeadura de acordo com os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). **b) Comprimento manual de plântulas:** utilizaram-se quatro repetições de 20 plântulas

por tratamento, obtidas do teste de germinação, que foram mensuradas manualmente (NAKAGAWA, 1999). **c) Teste de frio:** foi realizado com procedimento semelhante ao teste de germinação padrão, descrito anteriormente, diferindo apenas pela permanência das sementes em câmara de germinação regulada a 10 °C por 48 h adaptado de MENEZES et al. (2012); após foi realizada a transferência das mesmas para câmara regulada à 25 °C, com avaliação aos 14 dias após o início do teste, de acordo com as Regras Para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). **d) Envelhecimento acelerado:** foi realizado com quatro repetições por tratamento, com uma fina camada de sementes distribuídas sobre tela metálica acoplada a caixas de plástico transparente (11 x 11 x 3,5 cm) a 41°C, durante 48 h (TUNES et al., 2012). Em seguida, quatro subamostras de 50 sementes foram submetidas ao teste de germinação, seguindo metodologia descrita anteriormente, com avaliação realizada no quinto dia após a semeadura, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). **e) Emergência de plântulas:** quatro repetições de 25 sementes, por tratamento, foram semeadas em vasos com sete litros de solo, a três cm de profundidade, realizando-se duas irrigações diárias. Foram realizadas avaliações diárias contabilizando-se o número de plântulas emersas até os 14 dias após a semeadura. **f) Análise computadorizada de comprimento de plântulas:** as sementes tratadas foram submetidas ao teste de germinação padrão, conforme descrição anterior, e aos 14 dias após o início do teste, quatro repetições de 20 plântulas, por tratamento, foram colocadas em um escaner modelo Hp Scanjet 8300 Series Taiwan (Figura 1), conectado a um computador Itautec, com processador Intel Celeron D, Windows XP para obtenção das imagens com resolução de 200 dpi.

As imagens foram analisadas no programa ImageJ®, obtendo-se o comprimento total de cada plântula. Na figura 2 são ilustradas as principais etapas da análise, que são: conversão da imagem para escala de cinza (A), ajuste da cor da imagem (B e C), ajuste da escala (D), a qual foi calculada com base na resolução da imagem, a qual era de 200 dpi, 200 pixels por polegada. Para obter o resultado em centímetros, dividiu-se 200 por 2,54, obtendo-se o valor de referência para calibração das imagens. Após, foi feita a seleção de parâmetros (E) e seleção aleatória de plântulas a serem avaliadas (F). Na sequência, executou-se o comando “measure”, e os resultados foram obtidos em uma planilha, a qual é exportada para o programa Excel.

FIGURA 1. Escaner utilizado para obtenção de imagens de plântulas de arroz para posterior análise no software ImageJ.

A
C

B

E

D

F

FIGURA 2. Análise de imagens de plântulas de arroz, cultivar Puitá Inta CI, aos 14 dias, no software ImageJ, mostrando as etapas de: conversão da imagem para escala de cinza (A), ajuste da cor da imagem (B e C), ajuste da escala (D), seleção de parâmetros a serem avaliados (E) e seleção de plântulas a serem avaliadas (F).

Baseado nos conceitos de SAKO et al. (2001) e HOFFMASTER et al. (2003), calculou-se índices de vigor, de velocidade de crescimento de plântulas e de uniformidade de crescimento. Para tanto, consideraram-se valores de 0 a 1000, sendo 0 o mínimo e 1000 o máximo para cada amostra. A uniformidade de crescimento de plântulas foi calculada para cada amostra, considerando-se 1000 como valor máximo e subtraindo-se deste valor o desvio padrão observado referente ao comprimento de plântulas.

O índice de velocidade de crescimento foi obtido considerando que o crescimento atual das plântulas é resultado do somatório do comprimento de todas as plântulas e que a velocidade pode ser atribuída a razão entre o crescimento atual e o máximo possível de uma amostra. Para determinar o crescimento máximo foram realizados testes preliminares. O índice de vigor, por sua vez, foi obtido somando-se a relação entre velocidade de crescimento e uniformidade de crescimento de plântulas. Para verificar qual a melhor proporção para o cálculo do índice de vigor foram testadas as seguintes combinações: 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80 e 10:90 de velocidade de crescimento e uniformidade, representando os índices de vigor 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9, respectivamente. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias por meio do teste de Tukey ($p < 0,05$) e quando significativos foram ajustadas equações de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento de plântulas, verificado por meio da avaliação manual, sofreu efeito negativo do tratamento das sementes com Zinco, com redução no desempenho (Figura 3C). Esses resultados foram semelhantes aos verificados nos testes de envelhecimento acelerado e teste de frio (Figura 3A e 3B), embora não tenham ocorrido alterações na germinação e na emergência de plântulas (dados não apresentados). Os efeitos negativos podem ser atribuídos em razão do excesso de Zn causar interferência no metabolismo celular, provocando ineficiência dos processos envolvidos na diferenciação e expansão celular, conforme LI et al. (2012).

FIGURA 3. Envelhecimento acelerado (A), teste de frio (B) e comprimento de plântulas manual (C) de sementes de arroz, cultivar Puitá Inta CI, tratadas com fontes e doses de Zn.

A análise computadorizada de plântulas com o software ImageJ® possibilitou a obtenção do comprimento de plântulas de forma rápida e assim, o cálculo dos índices de crescimento de plântulas e de vigor, conforme observa-se nas Figuras 4, 5 e 6.

FIGURA 4. Exemplo de análise de imagens de plântulas de arroz no programa ImageJ. Plântula indicada pela seta em vermelho foi mensurada, obtendo-se valor de 15 cm correspondente ao seu comprimento.

FIGURA 5. Comprimento (A), índice de crescimento de plântulas (B), índice de vigor 1 (C), índice de vigor 2 (D), índice de vigor 3 (E) e índice de vigor 4 (F), de sementes de arroz tratadas com fontes e doses de zinco, obtidos na análise de imagens de plântulas com o software ImageJ.

FIGURA 6. Índices de vigor 5 (A), índice de vigor 6 (B), índice de vigor 7 (C), índice de vigor 8 (D) e índice de vigor 9 (E), de sementes de arroz tratadas com fontes e doses de zinco, obtidos por meio da análise de imagens de plântulas com o software ImageJ.

Na figura 4, observa-se a análise de plântulas realizada pelo software, indicando com a seta vermelha a primeira plântula mensurada, a qual tinha comprimento de 15 cm, conforme apresentado na figura. É possível notar que todas as plântulas, marcadas em amarelo, são automaticamente mensuradas pelo software, sendo posteriormente gerada uma planilha no programa excel com os resultados, necessitando apenas salvar a mesma para posterior análise, o que traz uma economia de tempo, tornando o processo mais rápido e menos laborioso, comparado ao manual.

Na figura 5A observa-se que ambas as fontes de Zn causaram redução do comprimento de plântulas, assim como foi verificado na avaliação manual (Figura 3). Assim, a avaliação computadorizada do comprimento de plântulas pode facilitar a incorporação deste teste na rotina de laboratórios, pela praticidade e agilidade na obtenção de resultados, além de ter maior precisão, evitando o erro inerente ao avaliador (HOFFMASTER et al., 2003), como já vem sendo utilizado para sementes de soja com o programa SVIS® no estado de Ohio, nos Estados Unidos da América (MARCOS FILHO, 2015).

O índice de crescimento por sua vez (Figura 5B), também revelou efeito prejudicial do tratamento de sementes com ambas as fontes de Zn, contudo, o ZnCl_2 provocou efeito linear decrescente, causando maiores prejuízos. Considerando que foram aplicadas quantidades iguais de Zn para ambas as fontes, as respostas divergentes ocorreram em razão da quantidade de ânions presentes nas fontes, visto que no $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ há maior quantidade de ânions comparado ao ZnCl_2 ($\text{SO}_4^{2-} \times \text{Cl}^-$), os quais tem natureza tóxica, reduzindo o crescimento das plântulas quando em doses elevadas (AERY & SARKAR, 2012). Similar ao ocorrido nesta pesquisa, o índice de crescimento de plântulas, obtido no software SVIS® revelou diferenças na qualidade de sementes de trigo (SILVA et al., 2012a). Segundo MARCOS FILHO (2015) um dos métodos mais importantes para avaliação do vigor de sementes é a avaliação da velocidade e uniformidade de crescimento, enfatizada na própria conceituação de vigor, parâmetros que são considerados no cálculo dos índices apresentados no presente trabalho.

Os índices de vigor (Figuras 5C à 5F e 6A à 6f) não revelaram diferenças quanto às fontes de Zn utilizadas, contudo, indicaram efeito prejudicial do tratamento, com ambas as fontes. As doses de zinco utilizadas podem ter causado

efeitos tóxicos nas células e com isso reduzido o crescimento das plântulas e resultando em menor vigor das sementes. TAVARES et al. (2013), verificaram redução do comprimento de plântulas de sementes de arroz tratadas com as doses de 0,12 a 0,25 g de Zn kg⁻¹ de sementes, cujas doses são inferiores a menor dose de 0,5 g de Zn kg⁻¹ de semente, utilizada neste trabalho. LI et al. (2012) ao tratarem sementes de trigo com Zn, verificaram concentrações altas deste elemento próximas as raízes, aumentando o peróxido de hidrogênio e diminuindo a viabilidade celular e diretamente relacionado com a redução do crescimento radicular.

De acordo com os resultados obtidos, observa-se que o comprimento de plântulas, o índice de crescimento e os índices de vigor 2 à 9, obtidos na análise de imagens, tiveram alta correlação com os resultados da avaliação manual de comprimento de plântulas, média correlação com os de envelhecimento acelerado e baixa correlação com o teste de frio (Tabela 1). O índice de vigor 1 (proporção 10:90) teve baixa correlação com o teste de comprimento de plântulas manual, não sendo, portanto um índice adequado, visto que os demais possibilitaram resultados mais consistentes.

TABELA 1. Correlação entre índice de crescimento de plântulas (IC), índices de vigor com o comprimento total de plântulas, teste de frio e envelhecimento acelerado de sementes de arroz tratadas com doses de ZnSO₄.7H₂O e ZnCl₂.

Índices análise de imagens de plântulas	Comprimento total de plântulas	Teste de frio	Envelhecimento acelerado
IC	0,84	0,29	0,54
IV1	0,29	0,29	0,54
IV2	0,84	0,29	0,54
IV3	0,84	0,29	0,54
IV4	0,84	0,28	0,54
IV5	0,84	0,28	0,54
IV6	0,84	0,29	0,54
IV7	0,84	0,28	0,54
IV8	0,84	0,28	0,53
IV9	0,84	0,27	0,52

Para outras espécies, como milho doce (ALVARENGA et al., 2012), por exemplo, estes autores verificaram alta associação entre os resultados dos índices de vigor e de crescimento de plântulas com o envelhecimento acelerado. Cabe destacar que neste trabalho, as sementes estavam tratadas com Zn, o que pode ter influenciado na resposta ao envelhecimento acelerado, causando neste caso redução do desempenho das sementes, porém, não na mesma intensidade daquela verificada pelo crescimento de plântulas.

É importante mencionar que devido a alta correlação entre os resultados da maioria dos índices obtidos na análise computadorizada, exceto índice de vigor 1, com a análise manual do comprimento de plântulas, surgiu a oportunidade de realizar este tipo de avaliação de forma automatizada, o que possibilitará economia de tempo, precisão e agilidade no processo de análise. De acordo com

DELL'ÁQUILA (2007), a integração de dados obtidos por procedimentos manuais e computadorizados em laboratórios de análise de sementes pode contribuir para a padronização de testes, especialmente considerando-se que até o momento não existem testes de vigor para sementes de arroz.

MARCOS FILHO (2015) ressalta que a análise computadorizada de plântulas com o programa SVIS[®], representa um procedimento simples, reproduzível e objetivo para avaliação direta do vigor de sementes germinadas ou como ferramenta suplementar para a interpretação de outros testes ou mesmo para identificar efeitos de tratamentos químicos e outras situações em que é interessante o monitoramento da germinação e do crescimento de plântulas em intervalos regulares, o que também pode ser obtido com o sistema apresentado neste trabalho, com uso de análise de imagens no programa ImageJ[®].

CONCLUSÃO

A análise computadorizada do comprimento de plântulas com o programa ImageJ[®] é eficiente para diferenciar o potencial fisiológico de sementes de arroz tratadas com zinco.

REFERÊNCIAS

AERY, N.C.; SARKAR, S. Metal species vis-à-vis seed germination and early seedling growth responses in soybean. **Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences**, v.2, n. 2, p.763-769, 2012.

ALVARENGA, R.O.; MARCOS FILHO, J.; GOMES JUNIOR, F.G. Avaliação do vigor de sementes de milho superdoce por meio da análise computadorizada de imagens de plântulas. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, n. 3, p. 488-494 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222012000300017>.

BARBOSA, J.Z.; CONSALTER, R.; PAULETTI, V.; MOTTA, A.C.V. Uso de imagens digitais obtidas com câmeras para analisar plantas. **Revista de Ciências Agrárias**, v.39 n.1, p. 15-24, 2016. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA15006>.

BRASIL. 2009. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 395p.

DELL'ÁQUILA, A. Towards new computer imaging techniques applied to seed quality testing and sorting. **Seed Science and Technology**, v.35, n. 3, p. 519-538, 2007. <https://doi.org/10.15258/sst.2007.35.3.01>.

GONÇALVES, N.R. **Avaliação da qualidade de sementes de cebola por meio de análise de imagens**. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Tese (Doutorado). Departamento de Fitotecnia. 77p. 2016. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-05072016-112535/pt-br.php>>

HOFFMASTER, A.L; FUJIMURA, K.; MCDONALD, M.B.; BENNETT, M.A. An automated system for vigor testing three-day old soybean seedlings. **Seed Science**

and Technology, v.31, n.3, p. 701-713, 2003.
<https://doi.org/10.15258/sst.2003.31.3.19>.

KIKUTI, A.L.P.; MARCOS FILHO, J. Seedling imaging analysis and traditional tests to assess okra seed vigor. **Journal of Seed Science**, v.35, n.2, p. 443-448, 2013.
<http://dx.doi.org/10.1590/S2317-15372013000400005>.

LI, X.; YANG, Y.; ZHANG, J.; JIA, L.; LI, Q.; ZHANG, T.; QIAO, K.; MA, S. Zinc induced phytotoxicity mechanism involved in root growth of *Triticum aestivum* L. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v.86, n.1, p. 198-203, 2012.
<http://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.09.021>.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v.72, n.4, p.363-374, 2015.
<http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>.

MENEZES, N.L.; PASQUALLI, L.L.; BARBIERI, A.P.C.; VIDAL, M.D.; CONCEIÇÃO, G.M. Temperaturas de secagem na integridade física, qualidade fisiológica e composição química de sementes de arroz. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 4, p. 430-436, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000400011>.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. p.2:1- 2:21.

ROCHA, C.R.M.; SILVA, V.N.; CICERO, S.M. Avaliação do vigor de sementes de girassol por meio de análise de imagens de plântulas. *Ciência Rural*, v.45, n.6, p. 970-976, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20131455>.

SAKO, Y.; MCDONALD, M.B.; FUJIMURA, K.; EVANS, A.F.; BENNETT, M.A. (2001) - A system for automated seed vigour assessment. **Seed Science and Technology**, v. 29, n. 3, p. 625-636.

SILVA, C. **Condicionamento fisiológico de sementes de pimentão com biorreguladores**. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Tese (Doutorado). Departamento de Fitotecnia. 101p. 2015. Disponível em: < <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-29092015-163627/en.php>>.

SILVA, V.N.; CICERO, S.M. Image seedling analysis to evaluate tomato seed physiological potential. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.2, p. 327-334, 2014a. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902014000200014>.

SILVA, V.N.; CICERO, S.M. Análise de imagens de plântulas para avaliação do potencial fisiológico de sementes de berinjela. **Horticultura Brasileira**, v.32, n.2, p. 145-151, 2014b. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362014000200004>.

SILVA, V.N.; SARMENTO, M.B.; SILVA, A.C.S.; SILVA, C.S.; CICERO, S.M. Avaliação da morfologia interna de sementes de *Acca sellowiana* O. Berg por meio

de análise de imagens. **Revista Fruticultura Brasileira**, v. 35, n.4, p. 1158-1169, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452013000400027>.

TAVARES, L.C.; FONSECA, D.A.R; BRUNES, A.P.; RUFINO, C.A.; MENEGUELLO, G.E.; BARROS, A.C.S.A Performance of rice seeds treated with zinc, boron and molybdenum. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 4, p. 532-539, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-15372013000400016>.

TUNES, L.M.; TAVARES, L.C.; BARROS, A.C.S.A. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de arroz. **Revista de Ciências Agrárias**, v.35 n.1, p.120-127, 2012.