



ENVELHECIMENTO ACELERADO PARA AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES DE *Parapiptadenia rígida*

Lucas Dotto¹, Vanessa Neumann Silva²

¹Acadêmico de Agronomia, Universidade Federal do Pampa, campus Itaqui-RS, Brasil. E-mail: lucas.dotto3@gmail.com

²Professora Adjunta, Doutora em Fitotecnia, Universidade Federal da Fronteira Sul, campus Chapecó-SC, Brasil.

em: 15/04/2017 – Aprovado em: 22/07/2017 – Publicado em: 31/07/2017
DOI: 10.18677/Agrarian_Academy_2017a21

RESUMO

A utilização de procedimentos eficientes para análise de sementes é fundamental para programas de controle de qualidade, auxiliando na escolha dos materiais de maior potencial para a produção de mudas, assim como para o monitoramento durante o armazenamento de sementes. O objetivo desta pesquisa foi identificar procedimentos adequados para o teste de envelhecimento acelerado para avaliação do vigor de sementes de *Parapiptadenia rígida*. Três lotes de sementes foram avaliados quanto ao teor de água e a germinação e vigor, por meio dos testes de condutividade elétrica, comprimento, massa fresca e seca de plântulas e com o teste de envelhecimento acelerado realizado com diferentes metodologias. Os resultados obtidos permitiram concluir que os testes de envelhecimento acelerado à 38°C por 24, 48 ou 72 horas e 41°C por 24 horas são eficientes na avaliação do vigor de sementes de *Parapiptadenia rígida*.

PALAVRAS-CHAVE: angico, qualidade de sementes, tecnologia de sementes.

ACCELERATED AGING TEST TO EVALUATE *Parapiptadenia rígida* SEED VIGOR

ABSTRACT

The use of efficient procedures for seed analysis is essential for quality control programs, helping to select the materials with the greatest potential for seedling production, as well as for monitoring during seed storage. The objective of this research was to identify appropriate procedures of accelerated aging test to evaluate *Parapiptadenia rígida* (Benth.) Brenan seed vigor. *Parapiptadenia rígida* seeds represented by 3 lots. Seed moisture content was measured and germination capacity were evaluated; seed vigor was evaluated by electrical conductivity, seedling length, fresh and dry seedling weight obtained after seedling length test and with different accelerated aging tests. Results showed that *Parapiptadenia rígida* seed vigor can be evaluated efficiently by accelerated aging tests, using combinations of 38 ° C for 24, 48 or 72 hours and 41 ° C for 24 hours.

KEYWORDS: 'Angico', seed quality, seed technology.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma das mais ricas floras do mundo, consistindo de mais de 45.000 espécies de plantas (BFG, 2015; FLORA DO BRASIL 2020, +2016), o que representa aproximadamente 10 % do total mundial. Contudo, ainda existe uma lacuna sobre informações relativas a muitas dessas espécies. Conhecer o potencial das plantas nativas Brasileiras deve se tornar uma estratégia e precisa ser priorizada, visto que ainda existe pouco conhecimento sobre as mesmas e seu potencial é pouco explorado (MUGGE et al., 2016).

O angico vermelho (*Parapiptadenia rigida* (Benth) Brenan) pertence à família Mimosaceae, conhecido popularmente como angico-roxo, angico-gurucaia, entre outros, de ocorrência natural no Brasil, Argentina, Bolívia, Paraguai e Uruguai (BACKES & IRGANG, 2009). É uma espécie produzida com frequência em viveiros florestais, sendo a semente sua forma de multiplicação (MISSIO & MORO, 2016). Apesar da importância desta espécie para a recuperação ambiental ou reflorestamentos existem poucos estudos e pesquisas sobre os aspectos fitotécnicos, especialmente sobre propagação e tecnologia de sementes.

A utilização de procedimentos eficientes para análise de sementes é fundamental para programas de controle de qualidade, auxiliando na escolha dos materiais de maior potencial para a produção de mudas, assim como para o monitoramento durante o armazenamento de sementes. O vigor de sementes reflete um conjunto de características que são, em parte, responsáveis pelo desempenho das sementes no campo após a semeadura ou durante o armazenamento; devido ao vigor não ser uma única característica é difícil que um só teste seja capaz de estimar o potencial dos lotes, o que nos leva a estudar e desenvolver vários testes para esta finalidade. Para obtenção de resultados consistentes e comparáveis é fundamental a padronização das metodologias utilizadas durante a condução dos testes (MARCOS FILHO, 2015).

Dentre os diferentes testes de vigor existentes, destaca-se o envelhecimento acelerado, o qual é baseado na simulação de fatores ambientais adversos, temperatura e umidade relativa elevadas, os quais estão relacionados com o avanço da deterioração das sementes (MARCOS FILHO, 2015). A combinação entre temperatura e tempo de exposição das sementes às condições de envelhecimento é fator importante para a eficiência do teste, sendo que para muitas espécies essa relação ainda não foi estabelecida (GUEDES et al., 2011). O teste de envelhecimento acelerado pode ser conduzido com temperaturas entre 40 e 45°C, sendo que recentemente a maioria dos trabalhos sugere o uso de 41°C (MARCOS FILHO, 2015).

Vários trabalhos indicam o uso do teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico de sementes de espécies florestais como mogno (CARVALHO et al., 2016), *Bauhinia forficata* (GUARESCHI et al., 2015), leiteira (*Tabernaemontana fuchsiaefolia*) (MORAES et al., 2016), ipê roxo (LAMARCA & BARBEDO 2017), ipê (*Handroanthus albus*) (SHIBATA et al., 2012), aroeira (*Myracrodruon urundeuva*) (CALDEIRA & PEREZ, 2010), entre outras. Sendo assim, o objetivo desta pesquisa foi identificar procedimentos adequados para a condução do teste de envelhecimento acelerado para avaliação do vigor de sementes de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no laboratório didático de sementes da Universidade Federal do Pampa, campus Itaqui. Foram utilizadas sementes de angico vermelho de três lotes, coletadas nos municípios de Santa Maria e São Sepé (RS) pela Fepagro Florestas. Primeiramente foi avaliado o teor de água das sementes, seguido pelos testes para avaliação da germinação e do vigor, conforme descrição a seguir.

Teor de água: foi utilizado o método da estufa a 105 °C com quatro repetições de 1,0 grama de sementes (BRASIL, 2009).

Teste de germinação: quatro repetições de 50 sementes foram distribuídas em rolos de papel germiteste, umedecidos com água destilada (2,5 vezes a massa do papel seco) (BRASIL, 2009), submetidos a temperatura de 25 °C em câmara do tipo BOD. As contagens das plântulas normais foram feitas aos 7 e 10 dias após a semeadura (BRASIL, 2009).

Para avaliação do vigor de sementes foram realizados os testes descritos na sequência todos com metodologia adaptada de ISTA (2014).

Comprimento de plântulas: cinco repetições de 20 sementes foram distribuídas em rolos de papel germitest, umedecidos previamente com água destilada. Os rolos foram posicionados verticalmente no germinador por sete dias a 25 °C. Ao final deste período, foi efetuada a mensuração das partes das plântulas normais emergidas utilizando-se régua. Os resultados médios por plântulas foram expressos em centímetros.

Matéria fresca de plântulas: as plântulas obtidas no teste de comprimento foram pesadas em balança com precisão de 0,001g e o valor obtido pela soma de cada repetição foi dividido pelo número de plântulas utilizadas. Os resultados foram expressos em mg plântula⁻¹.

Massa seca de plântulas: as plântulas obtidas no teste de comprimento foram transferidas para sacos de papel e estes foram colocados em estufa com circulação de ar forçado a 65 °C por 72 horas. Após, foram pesados em balança com precisão de 0,001g e o valor obtido pela soma de cada repetição foi dividido pelo número de plântulas utilizadas. Os resultados foram expressos em mg plântula⁻¹.

Condutividade elétrica: quatro repetições de 25 sementes para cada lote foram pesadas e, em seguida, imersas em 75 ml de água destilada onde permaneceram por 24 horas a 25 °C. A leitura da condutividade elétrica da solução foi realizada em condutivímetro. Os valores das leituras foram divididos pela massa das sementes e os resultados expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$ de semente.

Envelhecimento acelerado: uma camada de sementes foi distribuída sobre tela metálica acoplada a uma caixa plástica (110x110x35mm) contendo 40 ml de água destilada no fundo. Cada caixa foi tampada e exposta à 38 °C, 41 °C ou 43 °C, por 24, 48 e 72 horas em incubadora BOD; em seguida foi determinado o teor de água das sementes e realizado teste de germinação, sendo as plântulas avaliadas após sete dias.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições. Para o teste de envelhecimento acelerado foi utilizado um esquema fatorial 3x9 (lotes x combinações tempo: temperatura). Foi verificado o tipo de distribuição dos dados percentuais e aplicado o teste de Cochran para verificar se as variâncias apresentam homogeneidade. Como os dados apresentaram

distribuição normal e homogeneidade de variância não houve necessidade de transformação. As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na caracterização inicial dos lotes observou-se pequenas diferenças no teor de água das sementes, o que manteve-se após cada procedimento de envelhecimento acelerado (dados não apresentados) portanto, este parâmetro não influenciou nos resultados dos testes, considerando-se que a uniformização deste é imprescindível para a padronização das avaliações e obtenção de resultados consistentes (MARCOS FILHO, 1999).

TABELA 1. Teor de água (TA), germinação (G), primeira contagem de germinação (PC), condutividade elétrica (CE), comprimento de plântulas (CP), massa fresca (MF) e massa seca (MS) de plântulas de diferentes lotes de sementes de *Parapiptadenia rígida*.

Lote	TA	G	PC	CE	CP	MF	MS
		(%)		($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)	(cm planta^{-1})	(mg planta^{-1})	
1	10	64 C*	59 A	161 C	5,7 A	0,09 A	0,013 A
2	9,8	92 A	54 B	91 A	7,0 A	0,08 A	0,011 B
3	10,1	82 B	67 A	126 B	6,9 A	0,10 A	0,016 A
CV(%)	-	2	9	11	15	17	14

*Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

É possível observar diferenças de potencial germinativo entre os lotes, destacando a superioridade do lote 2 em relação aos demais (Tabela 1); entretanto, na primeira contagem do teste o lote 2 apresentou desempenho inferior aos demais, revelando menor capacidade de germinação em um menor intervalo de tempo.

Em relação ao vigor de sementes de angico avaliado por meio do teste de condutividade elétrica, observou-se resultado semelhante ao obtido no teste de germinação, revelando maior potencial do lote 2 em relação aos demais, pela menor lixiviação de exsudatos, consequência da maior capacidade de reestruturação de membranas celulares durante o processo de embebição. Trabalhando com sementes de *Piptadenia viridiflora*, espécie da mesma família botânica do angico vermelho, PESSOA (2007) verificou relação direta entre os resultados de condutividade elétrica, germinação e viabilidade das sementes. Para sementes *Anadenanthera peregrina*, comumente chamada de angico branco, pertencente também à família Mimosaceae, o teste de condutividade elétrica apontou diferenças significativas do vigor em relação a diferentes períodos de armazenamento, e foi mais sensível que o teste de germinação (PINHO et al., 2009).

Avaliando-se o crescimento de plântulas, observou-se que o comprimento de plântulas não foi eficiente para diferenciar o vigor dos lotes, assim como a massa de matéria fresca de plântulas; entretanto, o parâmetro massa de matéria seca de plântulas classificou os lotes quanto a este aspecto, contudo, indicou menor potencial fisiológico do lote 2, semelhante ao resultado da primeira contagem de germinação.

A falta de sensibilidade do parâmetro massa fresca de plântulas para diferenciar o potencial dos lotes pode estar relacionada a erros inerentes a esta avaliação, como relatam SANTOS & PAULA (2009), pois segundo estes autores a avaliação da massa de matéria fresca está sujeita a erros muitas vezes não facilmente corrigidos ou controlados, pois se uma repetição de um determinado tratamento estiver mais úmida, as plântulas estarão mais hidratadas e, portanto, a matéria fresca será maior, o que resultará em maior variabilidade dos resultados.

É importante destacar que o vigor de sementes é reflexo de um conjunto de características que determinam seu potencial fisiológico; segundo MARCOS FILHO (2015) o vigor é a combinação de características que determinam o potencial para alto desempenho após a semeadura; portanto, a reunião destas informações pode tornar mais eficiente a estimativa do comportamento das sementes, sendo altamente recomendado o uso de mais de um teste de vigor para caracterização de lotes.

No teste de envelhecimento acelerado, as metodologias utilizadas, com a exposição das sementes às temperaturas de 38 °C por 24, 48 e 72 horas, 41 °C por 24 horas e 43 °C por 24, 48 e 72 horas foram eficientes na diferenciação dos lotes, revelando maior potencial do lote 2 em relação aos demais, resultado coerente com aquele obtido nos testes de germinação e condutividade elétrica. Contudo, as combinações de 41 °C por 48 e 72 horas não possibilitaram a diferenciação dos lotes 2 e 3, o que sugere, portanto, que estas condições não são adequadas para a diferenciação do potencial fisiológico de sementes de angico por meio do teste de envelhecimento acelerado.

TABELA 2. Valores médios de germinação de sementes de diferentes lotes de *Parapiptadenia rígida* após envelhecimento acelerado a 38 °C, 41 °C e 43 °C por 24, 48 e 72 horas.

Lote	Temperatura								
	38 °C			41 °C			43 °C		
	Período (h)								
	24	48	72	24	48	72	24	48	72
	Germinação (%)								
1	12 bA*	9 bA	11 bA	0 bA	0 bA	0 bA	0 bA	0 bA	0 bA
2	74 aA	74 aB	34 aCD	25 aDE	46 aBC	22 aDE	40 aC	16 aE	26 aDE
3	8 bBC	5 bC	8 bBC	6 bC	39 aA	39 aB	0 bC	0 bC	0 bC
CV(%)	34								

*Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

É interessante observar ainda que as temperaturas de 41 °C e 43 °C foram mais estressantes para as sementes, na maioria dos casos, independentemente do tempo de exposição; o lote 1 por exemplo, não foi capaz de suportar a condição de alta temperatura e não originou plântulas normais, mesmo quando a exposição foi de somente 24 horas; já o lote 3, foi afetado mais drasticamente pela temperatura de 43 °C, independente do tempo de exposição. Sabe-se que temperaturas acima de 40 °C causam a desnaturação de proteínas, tanto estruturais quanto aquelas que atuam como enzimas, ocorrendo então alterações na degradação e mobilização das reservas armazenadas nas sementes, causando, portanto, redução da energia

disponível para a germinação. BARRETO & GARCIA (2017) verificaram que a deterioração de sementes de macaúba, durante o envelhecimento acelerado, está relacionada com a peroxidação de lipídios, e que o sistema enzimático antioxidante não é eficiente para reduzir as espécies reativas de oxigênio após a embebição, uma fase crítica para a germinação.

Embora alguns trabalhos de pesquisa tenham obtido sucesso com o uso da temperatura de 45 °C para o envelhecimento acelerado de espécies florestais (SANTOS & PAULA, 2009; MORAES et al., 2016), sabe-se que as temperaturas utilizadas neste teste podem ser prejudiciais, dependendo do período de duração do mesmo. Segundo WATERWORTH et al. (2016) as altas temperaturas e umidades são os principais fatores envolvidos no processo de envelhecimento natural das sementes, que podem causar danos oxidativos, resultando na deterioração de proteínas, do DNA e de estruturas celulares (WATERWORTH et al., 2015), o que pode levar a perda total da viabilidade da semente. Desta forma, a escolha do binômio tempo e temperatura para o teste de envelhecimento acelerado é um ponto crucial, o qual deve ser estabelecido em função da espécie avaliada.

Segundo SANTOS & PAULA (2009) o uso de muitas espécies arbóreas nativas do Brasil tem sido feito de forma extrativista tornando-se salutar o cultivo destas espécies, entretanto, a propagação de um grande número destas encontra sérias limitações em razão do pouco conhecimento que se dispõem; o uso de uma espécie nativa depende de conhecimentos técnicos a respeito da propagação (MARANHO & PAIVA, 2012); a falta de informações a respeito de tecnologia de sementes pode representar um entrave em qualquer programa de maior extensão que necessite periodicamente de sementes de alta qualidade para a propagação de plantas visando à preservação e utilização para os mais variados interesses.

Desta forma, estudos sobre metodologias para testes de vigor, como o teste de envelhecimento acelerado, que possibilitem a avaliação segura e eficiente do potencial de sementes de espécies florestais, como o angico vermelho, podem contribuir de forma significativa na área de análise de sementes, fornecendo subsídios para a escolha de sementes com maior potencial para a produção de mudas e conseqüentemente facilitando o processo de propagação da espécie.

CONCLUSÃO

O vigor de sementes de angico vermelho pode ser avaliado com eficiência por meio dos testes de envelhecimento acelerado, utilizando-se as combinações de 38 °C por 24, 48 ou 72 horas e 41 °C por 24 horas.

REFERÊNCIAS

BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do sul: guia de identificação e interesse ecológico**. 2ed. Porto Alegre: Paisagem do Sul, 2009. 332p.

BARRETO, L.C.; GARCIA, Q.S. Accelerated ageing and subsequent imbibition affect seed viability and the efficiency of antioxidant system in macaw palm seeds. **Acta Physiologiae Plantarum**, v.39, n.3, p.72-82, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11738-017-2367-z>>. doi: 10.1007/s11738-017-2367-z

BGF – THE BRAZIL FLORA GROUP. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, v.66, n.4, p.1085-1113, 2015. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1590/2175-7860201566411>>.

doi: 10.1590/2175-7860201566411

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: MAPA/ACS; 2009. 398p.

CALDEIRA, S.F.; PEREZ, S.C.J.G.A. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para diásporos de aroeira. **Revista Árvore**, v.34, n.2, p.215-221, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000200003>>. doi: 10.1590/S0100-67622010000200003.

CARVALHO, C.A.; SILVA, J.B.; ALVEZ, C.Z. Envelhecimento acelerado em sementes de mogno. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 4, p. 691-699, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20160083>>. doi: 10.5935/1806-6690.20160083.

FLORA DO BRASIL 2020. **2016+**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br> >

GUARESCHI, D.G.; LANZARINI, A.C.; LAZAROTTO, M.; MACIEL, C.G.; BARBIERI, G. Envelhecimento acelerado de sementes e qualidade de plântulas de *Bauhinia forficata* Link em diferentes substratos e tamanhos de tubetes. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 9, n. 1, p. 65-71, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i1.2175>>. doi: 10.18227/1982-8470ragro.v9i1.2175

GUEDES, R.S.; ALVES, E.U.; OLIVEIRA, L.S.B.; GONÇALVES, E.P.; MELO, P.A.R.F. Envelhecimento acelerado na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 2, p. 443-450, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n2p443> >. Doi: 10.5433/1679-0359.2011v32n2p443.

ISTA- International Seed Testing Association. **Handbook of vigour test methods**, Zurich: ISTA; 2014.

LAMARCA, E.V.; BARBEDO, C.J. Acerca da utilização do método científico nas pesquisas com sementes florestais: o envelhecimento acelerado em sementes de ipê-roxo, um modelo descritivo. **Revista da Universidade Ibirapuera**, n. 13, p. 47-55, 2017. Disponível em: <<http://seer.unib.br/index.php/rev/article/view/108/133>>

MARANHO, A.S.; PAIVA, A.V. Produção de mudas de *Physocalymma scaberrimum* em substratos compostos por diferentes porcentagens de resíduo orgânico de açaí. **Floresta**, v. 42, n. 2, p. 399 - 408, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v42i2.19220> >. doi: 10.5380/ufv.v42i2.19220.

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. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007> >. doi: 10.1590/0103-9016-2015-0007.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 3, p. 1-24.

MUGGE, F.L.B.; PAULA-SOUZA, J.; MELO, J.C.; BRANDÃO, M.L. Native plant species with economic value from Minas Gerais and Goiás: a discussion on the currentness of the data recovered by the French naturalist Auguste de Saint-Hilaire. **Horticultura Brasileira**, v. 34, p. 455-462, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620160402>>. doi: 10.1590/S0102-053620160402.

MISSIO, E.L.; MORO, T. Tratamento de sementes na produção de mudas de angico vermelho. **Caderno de Pesquisa**. v. 28, n. 2, p. 38-51, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.17058/cp.v28i2.7127> >. doi: 10.17058/cp.v28i2.7127 .

MORAES, C.E.; LOPES, J.C.; FARIAS, C.C.M.; MACIEL, K.S. Qualidade fisiológica de sementes de *Tabernaemontana fuchsiaefolia* A.DC. em função do teste de envelhecimento acelerado. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 213-223, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5902/1980509821114>>. doi: 10.5902/1980509821114

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C., VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. **Vigor de Sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES; 1999.

PESSOA, R.C. **Estádios de frutificação e qualidade fisiológica de sementes de *Piptadenia viridiflora* (Kunth.) Benth.** 2007. 66p. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2007.

PINHO, D.S.; BORGES, E.E.L.; CORTE, V.B.; NASSER, L.C.B. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Anadenanthera peregrina*. durante o armazenamento. **Revista Árvore**, v.33, n.1, p.27-33, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622009000100004>>. doi: 10.1590/S0100-67622009000100004

SANTOS, S.R.G; PAULA, R.C. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Sesbatiana commersoniana* (Baill.) Smith & Downs. **Scientia Florestalis**, v. 37, n. 81, p. 07-016, 2009.

SHIBATA, M.; COELHO, C.M.M.; OLIVEIRA, L.M.; GARCIA, C. Accelerated aging of ipê seeds under controlled conditions of storage. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 2, p. 247 - 254, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222012000200009> >. doi: 10.1590/S0101-31222012000200009.

WATERWORTH, W.M, FOOTITT, S.; BRAY, C.M.; FINCH-SAVAGE, W.E.; WEST, C.E. DNA damage checkpoint kinase ATM regulates germination and maintains genome stability in seeds. **PNAS- Proceedings of The National Academy of Science of The United States of America**, v. 113, n.34, p. 9647-9652, 2016.

Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1608829113> >. doi: 10.1073/pnas.1608829113 .

WATERWORTH, W.M.; BRAY, C.M.; WEST, C.E The importance of safeguarding genome integrity in germination and seed longevity. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n.12, p.3549–3558, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1093/jxb/erv080>>. doi: 10.1093/jxb/erv080.