

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 26/02/2018.



unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



METABOLISMO DE SEMENTES DE *Annona emarginata* (Schltdl.)

H. Rainer DURANTE TRATAMENTOS DE IMERSÃO EM
SOLUÇÕES AQUOSAS

JULIANA IASSIA GIMENEZ

Tese apresentada ao Instituto de
Biotecnologia, UNESP, *Campus* de
Botucatu, para obtenção do título de
Doutor em Ciências Biológicas (Botânica),
AC: Fisiologia e Bioquímica Vegetal.

BOTUCATU - SP

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

“Júlio de Mesquita Filho”

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU

METABOLISMO DE SEMENTES DE *Annona emarginata*
(Schltdl.) H. Rainer DURANTE TRATAMENTOS DE
IMERSÃO EM SOLUÇÕES AQUOSAS

JULIANA IASSIA GIMENEZ

PROF^a DR^a GISELA FERREIRA
ORIENTADORA

Tese apresentada ao Instituto de Biociências, UNESP, *Campus* de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Botânica), AC: Fisiologia e Bioquímica Vegetal.

BOTUCATU - SP

2016

JULIANA IASSIA GIMENEZ

**METABOLISMO DE SEMENTES DE *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer
DURANTE TRATAMENTOS DE IMERSÃO EM SOLUÇÕES AQUOSAS**

Tese apresentada ao Instituto de Biociências, UNESP, *Campus* de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Botânica), AC: Fisiologia e Bioquímica Vegetal.

Aprovado em: 26/02/2016

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a Dr^a Gisela Ferreira

Prof. Dr. Massanori Takaki

Profa Dra. Denise Maria Trombert de Oliveira

Prof. Dr. Iván de La Cruz Chacón

Prof. Dr. Edvaldo Ap. Amaral da Silva

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Gimenez, Juliana Iassia.

Metabolismo de sementes de *Annona emarginata* (Schltdl.)
H. Rainer durante tratamentos de imersão em soluções
aquosas / Juliana Iassia Gimenez. - Botucatu, 2016

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de
Botucatu

Orientador: Gisela Ferreira

Capes: 20303009

1. Anonácea. 2. Sementes - Desenvolvimento. 3. Métodos
de embebição. 4. Acido abscísico. 5. Botânica -
Embriologia. 6. Germinação.

Palavras-chave: Ácido abscísico; Annonaceae; Degradação de
reservas; Embebição; Respiração; Sistema antioxidante.

*“Vá firme na direção das suas metas,
porque o pensamento cria, o desejo atrai e a fé realiza”*

Lauro Trevisan

*Dedico aos meus pais, Maria de Lourdes e José,
por amparar, confiar e cativar.*

Agradecimentos

Agradeço à Deus pela vida e oportunidades de crescimento, pela minha família e meus amigos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa de Doutorado (Processo 2012/24013-1).

À minha orientadora Profa Dra Gisela Ferreira, a quem sou muito grata pela amizade, ensinamentos e confiança no meu trabalho.

Ao Prof. Dr. Norberto da Silva, pela acolhida, incentivo e apoio no começo desta jornada.

À Profa Dra Carmen Silvia Fernandes Boaro (Depto Botânica), Prof. Dr. Iván de La Cruz Chacón (UNICACH, México), Prof. Dr. Raoul Henry (Depto Zoologia), Prof. Dr. Fernando Broetto e Prof. Dr. Pedro de Magalhães Padilha (Depto Química) pelo auxílio e contribuições para o desenvolvimento do projeto.

Ao Prof. Dr. Alaor Almeida (CEATOX), Prof. Dr. Edivaldo Domingues Velini (NUPAM), Profa Dra Wilma de Grava Kempinas (Depto Morfologia), Profa Dra Tatiane Maria Rodrigues (Laboratório de Anatomia – Depto Botânica), Prof. Dr. Luiz Fernando Rolim de Almeida (Laboratório de Ecofisiologia – Depto Botânica), Profa Dra Elza Guimarães (Laboratório de Ecologia – Depto Botânica), Prof. Dr. João Domingos Rodrigues e Profa Dra Elizabeth Orika Ono (Laboratório de Enzimas – Depto Botânica) por gentilmente cederem laboratórios e/ou equipamentos.

À Profa Dra Denise Maria Trombert de Oliveira e à Profa Dra Silvia Rodrigues Machado pelo auxílio e orientações na realização das análises ultraestruturais.

Ao Thiago Gianeti (NUPAM), Fábio Iachel (CEATOX), Claudete Tardivo e Carolina Massucci (Centro de Microscopia Eletrônica), José Eduardo Bozano (Depto Morfologia) e Nathália Arias Galastri (FATEC) pela ajuda e dedicação na realização de análises.

À Metrohm, por intermédio de Marcelo Giglioti, por disponibilizar prontamente equipamentos para a realização das análises de perfil de açúcares.

À Coordenadoria de Assistência Técnica Integral (CATI) de São Bento do Sapucaí – SP, especialmente à Dra. Silvana Catarina Sales Bueno e o Eng. Agrônomo Amélio José Berti, pelo fornecimento de frutos.

À Universidade Estadual Paulista – UNESP pela oportunidade de realizar esta tese.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Botânica) e aos funcionários da Seção de Pós-Graduação por todo o auxílio no decorrer do curso.

Às funcionárias da biblioteca, Márcia, Niva, Rosângela e Rose por toda a ajuda prestada, com muita dedicação e paciência.

Aos funcionários do Departamento de Botânica, especialmente à Inara, José Eduardo e Maria Helena.

À Amanda, Magnum e Samanta pela disponibilidade e dedicação em laboratório, além do aprendizado, das muitas risadas e da amizade construída.

A todos estagiários que colaboraram com as diversas etapas deste trabalho, em especial à Ana Clara, Andressa, Luana, Lucas, Mayumi, Rafaella, Talita e Vinicius.

Aos amigos da Pós-Graduação que colaboraram com este trabalho, compartilharam sonhos e momentos de descontração: Ana Claudia, Angélica, Angelo, Bruno, Camila Braga, Camila Vaz, Daniel, Danilo, Fabio, Felipe, Jane, Jennifer, João Paulo, Juliana Lima, Luís Paulo, Marcela, Natália, Ricardo, Roberto, Rubiana, Sérgio e Thayssa.

À minha família, meu porto seguro! Agradeço aos meus pais Maria de Lourdes e José Gimenez, pelos valores de caráter transmitidos, confiança, apoio e incentivo em todos os momentos. Aos meus irmãos Valdir e Wando, e minhas cunhadas Izabel e Silvia, pelo apoio, amizade e carinho. Às minhas sobrinhas que são meu sopro de ânimo e perseverança. Amo vocês!

Às minhas irmãs de coração, Jana e Rita, pelo apoio, cumplicidade e amizade incondicional.

Aos amigos Ana Claudia Guimarães, Cristiane Martinez, Eliete Silva, Érica Serrano, Flávia Vieira, Gisele de Oliveira, Paula Martins, Rodrigo Gonçalves, Ronaldo Felitti, Susiane Moura, e também meus primos, Ana, Michel, Rita e Fabio, os quais sempre enviaram boas energias e vibraram com cada conquista.

Quanto mais a gente agradece, mais coisas boas acontecem!

Gratidão

Sumário

RESUMO	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUÇÃO	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Família Annonaceae	5
2.1.1. A espécie <i>Annona emarginata</i> (Schltdl.) H. Rainer	6
2.2. Germinação: aquisição de água e metabolismo	7
2.3. Tratamentos pré-germinativos	10
2.4. Disponibilidade de oxigênio durante o processo germinativo.....	12
3. CAPÍTULO I – Redução da disponibilidade de oxigênio durante a embebição de sementes de <i>Annona emarginata</i> (Schltdl.) H. Rainer: metabolismo e germinação.....	19
Resumo	20
Introdução	21
Material e Métodos	23
Resultados	28
Discussão	31
Referências	36
Tabelas e Figuras	42
4. CAPÍTULO II – Embebição lenta causa danos ultraestruturais e alterações no metabolismo de sementes de <i>Annona emarginata</i> (Schltdl.) H. Rainer?	51
Resumo	52
Introdução	53
Material e Métodos	55
Resultados	58

Discussão	60
Referências	64
Tabelas e Figuras	69
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
6. CONCLUSÕES	75
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

GIMENEZ, J.I. **METABOLISMO DE SEMENTES DE *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer DURANTE TRATAMENTOS DE IMERSÃO EM SOLUÇÕES AQUOSAS.** 2016. 86p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas/Botânica) – Instituto de Biociências, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

RESUMO – O presente estudo objetivou avaliar como a imersão de sementes até atingirem determinados teores de água durante a embebição altera o metabolismo e a germinabilidade. Sementes de *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer inicialmente com 10% de água foram submetidas à embebição entre papel umedecido com água ou sob imersão em Ψ_w 0 MPa ou em Ψ_w -1,2 MPa até atingirem os teores de 15%, 20% e 35% de água. Durante os tratamentos foram monitorados o teor de água, produção de etanol e a atividade respiratória das sementes. À medida que as sementes atingiram os teores de água foram retiradas dos tratamentos para as análises: teste de germinação, análise anatômica e ultraestrutural do embrião, quantificação de açúcares solúveis totais e perfil (glicose, frutose e sacarose), amido, proteínas solúveis totais e perfil (albuminas, globulinas, glutelinas e prolaminas), lipídeos totais e hormônios vegetais (ABA e IAA), atividade de enzimas antioxidantes (Superóxido Dismutase, Catalase e Peroxidase) e peroxidação de lipídeos. À medida que os teores de água foram alcançados ao longo do tempo de imersão até completar a embebição (final da fase I) ocorreu a redução na disponibilidade de oxigênio (hipoxia) cujos níveis críticos provocaram danos metabólicos (alterações na atividade respiratória, no perfil hormonal (ABA/IAA), na degradação de reservas e no sistema antioxidante) e ultraestruturais, que resultaram em decréscimo da germinabilidade demonstrando intolerância à hipoxia pelas sementes de *A. emarginata*. Conclui-se que o fator limitante durante a embebição de sementes em soluções aquosas e que pode auxiliar a definir o tempo de imersão é a determinação do nível crítico de disponibilidade de oxigênio, a fim de evitar danos irreversíveis que resultem em redução da germinabilidade.

Palavras-chave: Ácido Abscísico, Annonaceae, Degradação de reservas, Embebição, Respiração, Sistema Antioxidante.

GIMENEZ, J.I. **METABOLISM OF *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer SEEDS DURING IMMERSION TREATMENTS IN AQUEOUS SOLUTIONS.** 2016. 86p. Thesis (Doctor degree in Biological Sciences/Botany) – Instituto de Biociências, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

ABSTRACT – The present study aimed to assess how seed immersion until they reach different water contents during the imbibition phase changes its metabolism and germination. Seeds of *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer initially with 10% of water content were imbibed on moistened paper or immersed in Ψ_w 0 MPa or in Ψ_w -1.2 MPa until they reach 15%, 20% and 35% threshold of water content. Seed water content, ethanol production and respiration were monitored during treatments. When achieved each water content threshold, seeds were removed and the following analysis carried on: germination test, embryo anatomy and ultrastructure, quantification of total soluble sugars and profile (albumin, globulin, glutelin and prolamin), total lipids and plant hormones (ABA and IAA), antioxidant enzymes activity (Superoxide dismutase, Catalase and Peroxidase) and lipid peroxidation. Oxygen availability was reduced (hypoxia) as water content thresholds were achieved throughout immersion time until complete imbibition (end of phase I), these critical levels caused metabolic (changes in respiratory activity, hormone profile (ABA/IAA), reserve degradation and antioxidant system) and ultrastructural damages, which resulted in germination decrease demonstrating that *A. emarginata* seeds are hypoxia intolerant. It can be concluded that the limiting factor during imbibition in aqueous solutions is the assessment of critical level of oxygen availability, which might help to define the limit for immersion time in order to avoid irreversible damage that results in decreased germinability.

Key words: Abscisic acid, Annonaceae, Antioxidant system, Degradation of reserves, Imbibition, Respiration.

1. INTRODUÇÃO

O crescente interesse pela produção de mudas de espécies nativas para fins medicinais, indústria alimentícia e para programas de reflorestamento tem aumentado a demanda de informações a respeito da fisiologia da germinação e cultivo destas espécies (ATAÍDE et al., 2013). Deste modo, técnicas que envolvem a imersão das sementes em soluções aquosas como o tratamento com reguladores vegetais (BRAGA et al., 2010; SOCOLOWSKI; CICERO, 2011) e o condicionamento osmótico (SOUZA et al., 2011; SHARMA et al., 2014) têm sido amplamente utilizadas para a promoção e sincronização da germinação.

No entanto, em muitos trabalhos a determinação do tempo de imersão das sementes nas soluções é realizada de modo aleatório ou com base no tempo necessário para a mudança da fase I para a fase II da curva de aquisição de água. Deste modo, por não se considerar as características dos processos metabólicos que são ativados durante a embebição, diferentes respostas germinativas são obtidas e podem estar relacionadas com os teores de água atingidos pelas sementes. Enquanto a imersão por curtos períodos pode não hidratar os tecidos de modo suficiente para a reativação metabólica (BEWLEY et al., 2013), por outro lado, a imersão por longos períodos pode submeter as sementes a menor disponibilidade de oxigênio (BAILEY-SERRES et al., 2012), ambas as situações resultando em baixa germinabilidade. A redução na disponibilidade de oxigênio no meio pode provocar alterações na atividade respiratória (BANTI et al., 2013), nos níveis de hormônios como o ABA (MILLAR et al., 2006) e no estresse oxidativo (JALEEL et al., 2007).

A espécie utilizada neste estudo foi a *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer, conhecida popularmente como araticum-de-terra-fria, a qual apresenta elevada importância para a recuperação de áreas degradadas e como porta-enxerto para espécies comerciais do gênero *Annona*, como a fruta-do-conde (*Annona squamosa* L.), a atemoia (*Annona cherimola* Mill. x *A. squamosa* L.) e a graviola (*Annona muricata* L.) (TOKUNAGA, 2000 apud

SCALOPPI JR; MARTINS, 2014). No entanto, as sementes desta espécie possuem germinação lenta e desuniforme (COSTA et al., 2011) e quando imersas até o fim da fase de embebição, apresentam redução da germinabilidade (GIMENEZ et al., 2014).

Deste modo, considerando a ampla utilização de tratamentos pré-germinativos de imersão de sementes em soluções aquosas e o fato do tempo de imersão ser quase sempre determinado sem considerar o metabolismo das sementes, este trabalho teve como objetivo avaliar como a imersão de sementes até atingirem determinados teores de água, durante a embebição, altera o metabolismo e a germinabilidade de sementes de *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS¹

- ALMEIDA, L.F.P.; ALENCAR, C.M.; YAMANISHI, O.K. Propagação por enxertia de atemoia ‘Thompson’ sobre espécies de *Rollinia*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.2, p.653-656, 2010.
- ALMEIDA, J.R.G.S.; ARAÚJO, C.S.; PESSOA, C.O.; COSTA, M.P.; PACHECO, A.G.M. Atividade antioxidante, citotóxica e antimicrobiana de *Annona vepretorum* Mart. (Annonaceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, p.258-264, 2014.
- AMARO, A.C.E.; ZUCARELI, V.; MISCHAN, M.M.; FERREIRA, G. Combinações entre GA₄₊₇ + N-(fenilmetil)-aminopurina e ethephon na germinação de sementes de *Passiflora cincinnata* Mast. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p.105-202, 2009.
- ANESE, S.; SILVA, E.A.A.; DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R.; SOARES, G.C.M.; MATOS, A.C.B.; TOOROP, P.E. Seed priming improves endosperm weaking, germination, and subsequent seedling development of *Solanum lycocarpum* St. Hil. **Seed Science & Technology**, v.39, p.125-139, 2011.
- APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.141, p.399-436, 2009.
- ATAÍDE, G.M.; BORGES, E.E.L.; GONÇALVES, J.F.C.; GUIMARÃES, V.M.; FLORES, A.V.; BICALHO, E.M. Alterations in seed reserves of *Dalbergia nigra* ((Vell.) Fr All. Ex Benth.) during hydration. **Journal of Seed Science**, v.35, n.1, p.56-63, 2013.
- BAILEY-SERRES, J.; FUKAO, T.; GIBBS, D.J.; HOLDSWORTH, M.J.; LEE, S.C.; LICAUSI, F.; PERATA, P.; VOESENEK, L.A.C.J.; van DONGEN, J.T. Making sense of low oxygen sensing. **Trends in Plant Science**, v.17, p.129-138, 2012.
- BAILEY-SERRES, J.; FUKAO, T.; GIBBS, D.J.; HOLDSWORTH, M.J.; LEE, S.C.; LICAUSI, F.; PERATA, P.; VOESENEK, L.A.C.J.; DONGEN, J.T. Making sense of low oxygen sensing. **Trends in Plant Science**, v.17, n.3, p.1360-1385, 2012.

¹ Normas ABNT NBR 6023:2002.

BAILLY, C. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. **Seed Science Research**, v.14, p.93-107, 2004.

BAILLY, C.; EL-MAAROUF-BOUTEAU, H.; CORBINEAU, F. From intercellular signalling networks to cell death: the dual role of reactive oxygen species in seed physiology. **Comptes Rendus Biologies**, v.331, p.806-814, 2008.

BANTI, V.; GIUNTOLI, B.; GONZALI, S.; LORETI, E.; MAGNESCHI, L.; NOVI, G.; PAPARELLI, E.; PARLANTI, S.; PUCCIARIELLO, C.; SANTANIELLO, A.; PERATA, P. Low oxygen response mechanisms in green organisms. **International Journal of Molecular Science**, v.14, p.4734-4761, 2013.

BARON, D.; FERREIRA, G.; RODRIGUES, J.D.; BOARO, C.S.F.; MACEDO, A.C. Gas exchange, physiological indexes and ionic accumulation in *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer seedlings in nutrients solution. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.35, n.3, p.361-376, 2013.

BARTOLI, C.G.; GÓMEZ, F.; MARTÍNEZ, D.E.; GUIAMET, J.J. Mitochondria are the main target for oxidative damage in leaves of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Experimental Botany**, v.55, p.1663-1669, 2004.

BASKIN, J.M.; BASKIN, C.C. A classification system for seed dormancy. **Seed Science Research**, v.14, p.1-16, 2004.

BENECH-ARNOLD, R.L.; GUALANO, N.; LEYMARIE, J.; CÔME, D.; CORBINEAU, F. Hypoxia interferes with ABA metabolism and increases ABA sensitivity in embryos of dormant barley grains. **Journal of Experimental Botany**, v.57, n.6, p.1423-1430, 2006.

BERNARDES, T.G.; ESTRÊLA, C.T.; NAVES, R.V.; REZENDE, C.F.A.; MESQUITA, M.A.M.; PIRES, L.L. Efeito do armazenamento e de fitohormônios na qualidade fisiológica de sementes de araticum (*Annona crassiflora* Mart.). **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.37, n.3, p.163-168, 2007.

BEWLEY, J.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3 ed. New York: Springer, 2013. 392p.

- BLOKHINA, O.; FAGERSTEDT, K.V. Oxidative metabolism, ROS and NO under oxygen deprivation. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.48, p.359-373, 2010.
- BONAVENTURE, L. El cultivo de la cherimoya y de su híbrido atemoya en Brasil. **Acta Horticulturae**, v.497, p.147-151, 1999.
- BOVERIS, A.; PUNTARULO, S.A.; ROY, A.H.; SANCHEZ, R.A. Spontaneous chemiluminescence of soybean axis during imbibition. **Plant Physiology**, v.76, p.447-451, 1984.
- BOWLER, C.; VAN MONTAGU, M.; INZÉ, D. Superoxide dismutase and stress tolerance. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.43, n.2, p.83-116, 1992.
- BRAGA, J.F.; FERREIRA, G.; PINHO, S.Z.; BRAGA, L.F.; SOUSA, M.P. Germination of atemoya (*Annona cherimola* Mill. x *A. squamosa* L.) cv. Gefner seeds subjected to treatments with plant growth regulators. **International Journal of Science and Nature**, v.1, n.2, p.120-126, 2010.
- CAMPBELL, C.W.; POPENOE, I. Effect of gibberellic acid on seed dormancy of *Annona diversifolia* Salf. **Proceedings of the Tropical Region American Society for Horticultural Science**, v.11, p.33-36, 1968.
- CAMPOS, F.G.; BARON, D.; MARQUES, M.O.M.; FERREIRA, G.; BOARO, C.S.F. Characterization of the chemical composition of the essential oils from *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer 'terra-fria' and *Annona squamosa* L.. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, p.202-208, 2014.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.
- CASTRO, R.D.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Orgs.) **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.149-162.
- CAVALCANTE, T.R.M.; NAVES, R.V.; SERAPHIN, J.C.; CARVALHO, G.D. Diferentes ambientes e substratos na formação de mudas de araticum. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.1, p.235-240, 2008.

CHATROU, L.W.; PIRIE, M.D.; ERKENS, R.H.K. ; COUVREUR, T.L.P. ; NEUBIG, K.M.; ABBOTT, J.R.; MOLS, J.B.; MAAS, J.W.; SAUNDERS, R.M.K.; CHASE, M.W. A new subfamilial and tribal classification of the pantropical flowering plant family Annonaceae informed by molecular phylogenetics. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v.169, p.5-40, 2012.

CHIU, K.Y.; CHEN, C.L.; SUNG, J.M. Why low temperature primed sh-2 sweet corn seeds have better storability: some physiological clues. **Seed Science and Technology**, v.33, p.199–213, 2005.

CORBINEAU, F. Markers of seed quality: from present to future. **Seed Science Research**, v.22, p.61-68, 2012.

COSTA, P.N.; BUENO, S.S.C.; FERREIRA, G. Fases da germinação de sementes de *Annona emarginata* (Schltdl.) H.Rainer em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.1, p.253-260, 2011.

DE LA CRUZ-CHACÓN, I.; GONZÁLEZ-ESQUINCA, A.R. Liriodenine alkaloid in *Annona diversifolia* during early development. **Natural Product Research**, v.26, n.1, p.42-49, 2012.

DIAZ-VIVANCOS, P.; BARBA-ESPIN, G.; HERNANDEZ, J.A. Elucidating hormonal/ROS networks during seed germination: insights and perspectives. **Plant Cell Reports**, v.32, p.1491-1502, 2013.

DONGEN, J.T.; LICAUSI, F. Oxygen sensing and signaling. **Annual Review of Plant Biology**, v66, p.345-367, 2015.

ELKOCA, E.; HALILOGLU, K.; ESITKEN, A.; ERCISLI, S. Hydro- and osmopriming improve chickpea germination. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v.57, p.193-200, 2007.

FELLE, H.H. pH Regulation in anoxic plants. **Annals of Botany**, v.96, p.519-532, 2005.

FERREIRA, G. **Reguladores vegetais na superação da dormência, balanço hormonal, e degradação de reservas em sementes de *Annona diversifolia* Saff. e *A. purpurea* Moc. e Sessé ex Dunal (Annonaceae)**. 101f. Tese (Livre-docência). Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

FERREIRA, G., CEREDA, E., SILVA, C.P., CUNHA, R.J.P., CATANEO, A. Imbibition study of sugar apple (*Annona squamosa* L.) and atemoya (*Annona squamosa* L. x *A. Cherimola* Mill.) seeds. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ANONÁCEAS, 1., 1997, Chapingo, México. **Memorias...** Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo, 1997. p.210-224.

FERREIRA, G.; ERIG, P.R.; MORO, E. Uso de ácido giberélico em sementes de fruta-do-conde (*Annona squamosa* L.) visando a produção de mudas em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.1, p.178-182, 2002.

FERREIRA, G.; GIMENEZ, J.I.; CORSATO, J.M.; OLIVEIRA, M.C. Germinação de sementes de anonáceas. In: FERREIRA, G.; KAVATI, R.; BOARO, C.S.F.; FERRARI, T.B.; LEONEL, S. (Ed.) *Anonáceas: propagação e produção de mudas*. Botucatu: FEPAF. 2013. p.19-43.

FERREIRA, G.; GONZÁLEZ-ESQUINCA, A.R.; DE-LA-CRUZ-CHACÓN, I. Water uptake by *Annona diversifolia* Saff. and *A. purpurea* Moc. & Sessé Ex Dunal seeds (Annonaceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, p.288-295, 2014.

FERREIRA, G.; GUIMARÃES, V.F.; PINHO, S.Z.; OLIVEIRA, M.C.; RICHART, A.; BRAGA, J.F.; DIAS, G.B. Curva de absorção de água em sementes de atemóia (*Annona cherimola* MILL x *Annona squamosa* L.) CV. 'Gefner'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.1, p.121-124, 2006.

FOYER, C.H.; NOCTOR, G. Redox homeostasis and antioxidant signaling: a metabolic interface between stress perception and physiological responses. **Plant Cell**, v.17, p.1866-1875, 2005.

GARG, N.; MANCHANDA, G. ROS generation in plants: boon or bane? **Plant Biosystems**, v.143, p.81-96, 2009.

GIMENEZ, J.I.; FERREIRA, G.; CORSATO, J.M. Soluble sugars and germination of *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer seeds submitted to immersion in GA₃ up to different water contents. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, p.281-287, 2014.

GIMENO-GILLES, C.; LELIÈVRE, E.; VIAU, L.; MALIK-GHULAM, M.; RICOULT, C.; NIEBEL, A.; LEDUC, N.; LIMAMI, A.M. ABA-Mediated inhibition of germination is related to the inhibition of genes encoding cell-wall biosynthetic and architecture: modifying

enzymes and structural proteins in *Medicago truncatula* embryo axis. **Molecular Plant**, v.2, n.1, p.108-119, 2009.

GOMES, M.P.; GARCIA, Q.S. Reactive oxygen species and seed germination. **Biologia**, v.68, n.3, p.351-357, 2013.

GRAEBER, K.; LINKIES, A.; MÜLLER, K.; WUNCHOVA, A.; ROTT, A.; LEUBNER-METZGER, G. Cross-species approaches to seed dormancy and germination: conservation and biodiversity of ABA-regulated mechanisms and the Brassicaceae DOG1 genes. **Plant Mol. Biol.**, v.73, p.67–87, 2010.

GREGGAINS, V.; FINCH-SAVAGE, W.E.; QUICK, W.P.; ATHERTON, N.M. Metabolism-induced free radical activity does not contribute significantly to loss of viability in moist-stored recalcitrant seeds of contrasting species. **New Phytologist**, v.148, p.267-276, 2000.

GUPTA, K.J.; ZABALZA, A.; DONGEN, J.T. Regulation of respiration when the oxygen availability changes. **Physiologia Plantarum**, v.137, p.383-391, 2009.

HADAS, A. Water uptake germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solution. **Journal of Experimental Botany**, v.27, p.480-489, 1976.

HOEKSTRA, F.A.; GOLOVINA, E.A.; AELST, A.C.; HEMMINGA, M.A. Imbibitional leakage from anhydrobiotes revisited. **Plant, Cell and Environment**, v.22, p.1121-1131, 1999.

JALEEL, C.A.; MANIVANNAN, P.; SANKAR, B.; KISHOREKUMAR, A.; GOPI, R.; SOMASUNDARAM, R.; PANNEERSELVAM, R. Water deficit stress mitigation by calcium chloride in *Catharanthus roseus*: Effects on oxidative stress, proline metabolism and indole alkaloid accumulation. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v.60, p.110-116, 2007.

JOB, C.; RAJJOU, L.; LOVIGNY, Y.; BELGHAZI, M.; JOB, D. Patterns of protein oxidation in Arabidopsis seeds and during germination. **Plant Physiology**, v.138, p.790-802, 2005.

JUBES, J.T.; MARTINEZ, H.; PADILLA, E.; OSTE, C.A. Efectos de escarificacion, medio, posicion de siembra y ácido gibberellico, sobre la germinacion de semillas em cherimoya

(*Annona cherimolia* Mill). **Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.12, n.1/2, p.161-171, 1975.

KATO-NOGUCHI, H. Pyruvate metabolism in rice coleoptiles under anaerobiosis. **Plant Growth Regulation**, v.50, p-41-46, 2006.

KODDE, J., BUCKLEY, W.T., GROOT, C.C., RETIERE, M., ZAMORA, A.M.V. E GROOT, S.P.C. A fast ethanol assay to detect seed deterioration. **Seed Science Research**, v.2, p.55-62, 2012.

KOKUBUN, M. Genetic and cultural improvement of soybean for waterlogged conditions in Asia. **Field Crops Research**, v.152, p.3-7, 2013.

KOMATSU, S.; SUGIMOTO, T.; HOSHINO, T.; NANJO, Y.; FURUKAWA, K. Identification of flooding stress responsible cascades in root and hypocotyl of soybean using proteome analysis. **Amino Acids**, v.38, p.729-738, 2010.

KRISHNAN, P.; JOSHI, D.K.; NAGARAJAN, S.; MOHARIR, A.V. Characterization of germination and non-viable soybean seeds by nuclear magnetic resonance (NMR) spectroscopy. **Seed Science Research**, v.14, p.355-362, 2004.

KROCHKO, J.E.; ABRAMS, G.D.; LOEWEN, M.K.; ABRAMS, S.R.; CUTLER, A.J. (+) - Abscisic Acid 8'-Hydroxylase is a cytochrome P450 Monooxygenase. **Plant Physiology**, v.118, p.849-860, 1998.

LIMA, E.S.; ABDALLA, D.S.P. Peroxidação lipídica: mecanismos e avaliação em amostras biológicas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 37, n.3, p.1-11, 2001.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo: Nova Odessa, Instituto Plantarum, 2009, 384 p.

LIU, P.P.; MONTGOMERY, T.A.; FAHLGREN, N.; KASSCHAU, K.D.; NONOGAKI, H.; CARRINGTON, J.C. Repression of *AUXIN RESPONSE FACTOR10* by microRNA 160 is critical for seed germination and post-germination stages. **The Plant Journal**, v.52, p.133-146, 2007.

LUZIA, D.M.M.; JORGE, N. Bioactive substance contents and antioxidant capacity of the lipid fraction of *Annona crassiflora* Mart. seeds. **Industrial Crops and Products**, v.42, p.231-235, 2013.

MAAS, P.; KAMER, H.M.D.; JUNIKKA, L.; MELLO-SILVA, R.D.; RAINER, H. Annonaceae from Central-eastern Brazil. **Rodriguésia**, v.52, n.80, p.61-94, 2001.

MAAS, P.; LOBÃO, A.; RAINER, H. *Annonaceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB110219>>. Acesso em: 27 Jan. 2016a

MAAS, P.; LOBÃO, A.; RAINER, H. *Annonaceae* in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB110243>>. Acesso em: 27 Jan. 2016b

MATSUMOTO, R.S.; RIBEIRO, J.P.N.; TAKAO, L.K.; LIMA, M.I.S. Potencial alelopático do extrato foliar de *Annona glabra* L. (Annonaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v.24, n.3, p.631-635, 2010.

MIRANSARI, M.; SMITH, D.L. Plant hormones and seed germination. **Environmental and Experimental Botany**, v.99, p.110-121, 2014.

MIRO, B.; ISMAIL, A.M. Tolerance of anaerobic conditions caused by flooding during germination and early growth in rice (*Oryza sativa* L.). **Frontiers in Plant Science**, v.4, article 269, p.1-18, 2013.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **TRENDS in Plant Science**, v.7, n.9, p.405-410, 2002.

MUNNÉ-BOSCH, S.; OÑATE, M.; OLIVEIRA, P.G.; GARCIA, Q.S. Changes in phytohormones and oxidative stress markers in buried seeds of *Vellozia alata*. **Flora**, v.206, p.704-711, 2011.

NAMBARA, E.; OKAMOTO, M.; TATEMATSU, K.; YANO, R.; SEO, M.; KAMIYA, Y. Abscisic acid and the control of seed dormancy and germination. **Seed Science Research**, v.20, p.55-67, 2010.

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. Porto Alegre: Artmed, 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014

OLIVEIRA, M.C.; FERREIRA, G.; GUIMARÃES, V.F.; DIAS, G.B. Germinação de sementes de atemóia (*Annona cherimola* Mill. x *A.squamosa* L.) cv 'Gefner' submetidas a

tratamentos com ácido giberélico (GA₃) e ethephon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.2, p.544-554, 2010.

PATANÈ, C.; CAVALLARO, V.; AVOLA, G.; D'AGOSTA, G. Seed respiration of sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] during germination as affected by temperature and osmoconditioning. **Seed Science Research**, v.16, p.251-260, 2006.

RAGASA, C.Y.; SORIANO, G.; TORRES, O.B.; DON, M.J.; SHEN, C.C. Acetogenins from *Annona muricata*. **Pharmacognosy Journal**, v.4, n.2, p.32-37, 2012.

RAINER, H. Monographic studies in the genus *Annona* L. (Annonaceae): Inclusion of the genus *Rollinia* A.St.-Hil. **Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien**, v.108 B, p.191-205, 2007.

RESENDE, M.L.; SALGADO, S.M.L.; CHAVES, Z.M. Espécies ativas de oxigênio na resposta de defesa de plantas a patógenos. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, n.2, p.123-130, 2003.

RIBEIRO, M.N.O.; PASQUAL, M.; VILLA, F.; PIO, L.A.S.; HILHORST, H.W.M. *In vitro* seed germination and seedling development of *Annona crassiflora* Mart.. **Scientia Agricola**, v.66, p.410-413, 2009.

RIZZINI, C.T. Dormancy in seeds of *Annona crassiflora* Mart. **Journal of Experimental Botany**, v.24, n.78, p.117-123, 1973.

SANTOS, J.G.; ZUCOLOTO, M.; COELHO, R.I.; LOPES, J.C.; ALMEIDA, G.D. Germinação e crescimento de mudas de biribazeiro (*Rollinia mucosa* (Jack) Baill) no Brasil. **IDESIA**, v.27, n.2, p.55-59, 2009.

SCALOPPI JUNIOR, E.J.; MARTINS, A.B.G. Estaquia em anonas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, p.147-156, 2014.

SGUAREZI, C.N., BRACCINI, A.L., SCAPIM, C.A., BRACCINI, M.C.L.; DALPASQUALE, V.A. Avaliação de tratamentos pré-germinativos para melhorar o desempenho de sementes de café (*Coffea arabica* L.), I.Condicionamento osmótico. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.2, p.152-161, 2001.

- SHARMA, A.D.; RATHORE, S.V.S.; SRINIVASAN, K.; TYAGI, R.K. Comparison of various seed priming methods for seed germination, seedling vigour and fruit yield in okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench.). **Scientia Horticulturae**, v.165, 75-81, 2014.
- SILVA, D.B.; SILVA, J.A.; JUNQUEIRA, N.T.V.; ANDRADE, L.R.M. **Frutas do cerrado**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. 2001. 179p.
- SILVA, E.A.A.; MELO, D.L.B.; DAVIDE, A.C.; BODE, N.; ABREU, G.B.; FARIA, J.M.R.; HILHORST, H.W.M. Germination Ecophysiology of *Annona crassiflora* Seeds. **Annals of Botany**, v.99, p.823-830, 2007.
- SILVA, E.N.; FERREIRA-SILVA, S.L.; FONTENELEA, A.V.; RIBEIRO, R.V.; VIÉGASC, R.A.; SILVEIRA, J.A.G. Photosynthetic changes and protective mechanisms against oxidative damage subjected to isolated and combined drought and heat stresses in *Jatropha curcas* plants. **Journal of Plant Physiology**, v.167, p.1157-1164, 2010.
- SLIWINSKA, E.; BASSEL, G.W.; BEWLEY, J.D. Germination of *Arabidopsis thaliana* seeds is not completed as a result of elongation of the radicle but of the adjacent transition zone and lower hypocotyl. **Journal of Experimental Botany**, v.60, p.3587-3594, 2009.
- SMET, S. DE; DAMME, P. VAN; SCHELDEMAN, X.; ROMERO, J. Seed structure and germination of cherimoya (*Annona cherimola* Mill.). **Acta Horticulturae**, n.497, p.269-278, 1999.
- SOCOLOWSKI, F.; CICERO, S.M. Use of growth regulators to overcome seed dormancy in *Xylopia aromatica* (Annonaceae). **Seed Science & Technology**, v.39, p.21-28, 2011.
- SORIANO, D.; OROZCO-SEGOVIA, A.; MÁRQUEZ-GUZMÁN, J.; KITAJIMA, K.; BUEN, A.G.; HUANTE, P. Seed reserve composition in 19 tree species of a tropical deciduous forest in Mexico and its relationship to seed germination and seedling growth. **Annals of Botany**, v.107, p.939-951, 2011.
- SOUSA, S.A.; DANTAS, A.C.V.L.; PELACANI, C.R.; VIEIRA, E.L.; LEDO, C.A.S. Superação da dormência em sementes de pinha. **Caatinga**, v.21, n.4, p.118-121, 2008.
- SOUZA, M.O.; SOUZA, C.L.M.; PELACANI, C.R. Germinação de sementes osmocondicionadas e não osmocondicionadas e crescimento inicial de *Physalis angulata* L. (Solanaceae) em ambientes salinos. **Acta Botanica Brasilica**, v.25, n.1, p.105-112, 2011.

STENZEL, N.M.C.; MURATA, I.M.; NEVES, C.S.V.J. Superação da dormência em sementes de atemóia e fruta-do-conde. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.2, p.305-308, 2003.

TOKUNAGA, T.A. **A cultura da atemóia**. Campinas: CATI, 2000. 80 p.

TOUGOU, M.; HASHIGUCHI, A.; YUKAWA, K.; NANJO, Y.; HIRAGA, S.; NAKAMURA, T.; NISHIZAWA, K.; KOMATSU, S. Responses to flooding stress in soybean seedlings with the *alcohol dehydrogenase* transgene. **Plant Biotechnology**, v.29, p.301-305, 2012.

TULLIO, M.C.; ARRIGONI, O. The ascorbic acid system in seeds: to protect and to serve. **Seed Science Research**, v.13, p.249-260, 2003.

VALENZUELA, J.R.C.; OSÓRIO, J.D.B. Efecto del ácido giberélico y el método de siembra en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de anona colorada (*Annona reticulata* L.). **Revista Facultad Nacional de Agronomía**, v.51, n.2, p.235-244, 1998.

VARIER, A.; VARI, A.K.; DADLANI, M. The subcellular basis of seed priming. **Current Science**, v.99, n.4, p.450-456, 2010.

VIEIRA, M.H.P.; IRBER, M. de V. Emergência e taxa de germinação em *Annona coriácea*. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 47., 1996, Nova Friburgo. **Resumos...** Nova Friburgo: Sociedade Botânica do Brasil, 1996.

WEITBRECHT, K.; MÜLLER, K.; LEUBNER-METZGER, L. First off the mark: early seed germination. **Journal of Experimental Botany**, v.62, n.10, p.3289-3309, 2011.

YIN, G.; SUN, H.; XIN, X.; QIN, G.; LIANG, Z.; JING, X. Mitochondrial damage in the soybean seed axis during imbibition at chilling temperatures. **Plant Cell Physiology**, v.50, p.1305-1318, 2009.

ZABALZA, A.; van DONGEN, J.T.; FROELICH, A.; OLIVER, S.N.; FAIX, B.; GUPTA, K.J.; SCHMÄLZLIN, E.; IGAL, M.; ORCARAY, L.; ROYUELA, M.; GEIGENBERGER, P. Regulation of respiration and fermentation to control the plant internal oxygen concentration. **Plant Physiology**, v.149, p.1087-1098, 2009.