

EDIANE CONCEIÇÃO ALVES

**ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS EM SEMENTES E FRUTOS DE
MARACUJAZEIRO AZEDO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO E
SUBMETIDOS AO ARMAZENAMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS-BRASIL
2018

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

A474a
2018

Alves, Ediane Conceição, 1987-

Alterações fisiológicas em sementes e frutos de
maracujazeiro azedo em diferentes estádios de maturação e
submetidos ao armazenamento / Ediane Conceição Alves. –
Viçosa, MG, 2018.

vi, 44f : il (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Maracujá - Fisiologia pós-colheita. 2. Sementes -
Fisiologia - Qualidade. 3. Maracujá - Maturação. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 634.425

EDIANE CONCEIÇÃO ALVES

**ALTERAÇÕES FISIOLÓGICAS EM SEMENTES E FRUTOS DE
MARACUJAZEIRO AZEDO EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE
MATURAÇÃO E SUBMETIDOS AO ARMAZENAMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 18 de setembro de 2018.


Luciana D. Silva Rosado


Ana Claudia Costa


João Emanuel R. Guimarães


Denise Cunha F. dos Santos Dias
(Coorientadora)


Carlos Eduardo M. dos Santos
(Orientador)

À Iracema, minha mãe, exemplo de força e determinação!

Aos meus irmãos

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, por todas as oportunidades e conhecimentos proporcionados.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em especial aos professores e funcionários, essenciais para o bom êxito desse trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo apoio para a realização do presente trabalho - Código de Financiamento 001.

À Capes e CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao meu orientador Carlos Eduardo Magalhães dos Santos, pelo ótimo exemplo de profissional e pela excelente orientação.

À Professora Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias, pela oportunidade, orientação, ensinamentos e por ser um exemplo inspirador de didática em sala de aula.

Aos Professores Eduardo Fontes Araújo, Luiz Antônio dos Santos Dias, Eduardo Borges pelas contribuições ao trabalho.

Aos técnicos e amigos Wander, Zé Custódio e Mauro por serem sempre solícitos em todas as etapas dos experimentos.

A todos os colegas do Grupo de Pesquisa em Sementes pelo convívio agradável e pelas trocas de conhecimento ao longo desses quatro anos.

Aos amigos de longa data que fiz na minha amada UFRA, Luana e Dalton por todo apoio, carinho e cuidado aqui em Viçosa.

Aos amigos do laboratório de sementes, Ana Maria, Priscila, Ana Clara, Regis, Rubens e Carol, os quais pude compartilhar momentos incríveis dentro e fora da UFV.

Aos meus irmãos Irene, Alex e Josinaldo, ao meu sobrinho Henrique e à minha mãe, Iracema, por ser o maior exemplo da força que uma mulher pode ter mesmo em meio a tantas adversidades.

SUMÁRIO

RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
INTRODUÇÃO GERAL	7
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10

CAPÍTULO 1 - QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MARACUJAZEIRO AZEDO OBTIDAS DE FRUTOS EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO ...	12
RESUMO.....	12
INTRODUÇÃO	13
MATERIAIS E MÉTODOS	14
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
CONCLUSÕES	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

CAPÍTULO 2-ALTERAÇÕES EM FRUTOS E SEMENTES DE MARACUJAZEIRO AZEDO DECORRENTES DO ESTÁDIO DE MATURAÇÃO E ARMAZENAMENTO PÓS-COLHEITA DO FRUTO.....	26
RESUMO	26
INTRODUÇÃO	27
MATERIAIS E MÉTODOS	30
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

RESUMO

ALVES, Ediane Conceição, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2018. **Alterações fisiológicas em sementes e frutos de maracujazeiro azedo em diferentes estádios de maturação e submetidos ao armazenamento.** Orientador: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos. Coorientadores: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias e Luiz Antônio dos Santos Dias.

O estágio de maturação dos frutos de maracujazeiro azedo tem fundamental importância na definição do ponto de colheita, que pode influenciar nos atributos de qualidade dos frutos. Além disso, o estágio de maturação também pode influenciar na qualidade fisiológica das sementes. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da maturação do fruto na qualidade fisiológica de sementes e qualidade pós-colheita de frutos. O trabalho foi conduzido no Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no Laboratório de Análise de Sementes e no Laboratório de Recursos Genéticos. Os frutos foram colhidos diretamente da planta em diferentes estádios de maturação do fruto e submetidos ao armazenamento pós-colheita, e as sementes extraídas, submetidas ao armazenamento. Foram avaliados atributos de qualidade dos frutos de maracujazeiro azedo. Já a qualidade fisiológica das sementes foi avaliada por meio de testes de vigor e atividade de enzimas do sistema antioxidante. Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Pelos resultados obtidos, a qualidade fisiológica das sementes de maracujazeiro azedo aumentou com o avanço do estágio de maturação do fruto e sementes de frutos colhidos na coloração amarela apresentaram alto potencial fisiológico em todos os testes realizados. Em outro estudo, foi observado que pelos testes de vigor, frutos colhidos na coloração amarela e submetidos ao armazenamento pós-colheita por 14 dias proporcionam sementes com maior qualidade fisiológica e com maior atividade de enzimas do sistema antioxidante. Quanto à qualidade do fruto, observou-se que o armazenamento pós-colheita foi benéfico, em especial para frutos colhidos na coloração amarela, os quais mostraram características desejáveis para o mercado de fruta fresca e agroindústria.

ABSTRACT

ALVES, Ediane Conceição, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2018. **Physiological changes in seeds and fruits of passion fruit at different stages of maturation and submitted to storage.** Adviser: Carlos Eduardo Magalhães dos Santos. Co-advisers: Denise Cunha Fernandes do Santos Dias and Luiz Antônio dos Santos Dias

Maturation stage of sour passion fruit is of fundamental importance in the definition of harvesting point which may influence the fruits quality attributes. In addition, the maturation stage may also influence seeds physiological quality. The aim objective of this study was to evaluate the influence of fruit maturation on seed physiological quality and post-harvest quality of fruits. The study was conducted in the Department of Phytotechnology of the Federal University of Viçosa in the Laboratory of Seed Analysis and in the Laboratory of Genetic Resources. Fruits were harvested directly from the plant at different stages of fruit maturation and submitted to post-harvest storage and the extracted seeds were submitted to storage. Quality attributes of sour passion fruit were evaluated. Seeds physiological quality was evaluated by vigor tests and enzyme activity of the antioxidant system. Results were submitted to analysis of variance and the means were compared by Tukey test at 5% probability. Based on the results obtained, seeds physiological quality of sour passion fruit increased with maturation stage of the fruit and seeds of fruits harvested in yellow color presented high physiological potential in all tests performed. In another study was observed that by vigor tests fruits harvested in the yellow color and submitted to post-harvest storage for 14 days provide seeds with higher physiological quality and higher activity of enzyme antioxidant system. Regarding fruit quality it was observed that post-harvest storage was beneficial especially for fruits harvested in yellow color which showed desirable characteristics for fresh fruit and agroindustry market

1. INTRODUÇÃO GERAL

Com produção superior a 776 mil toneladas, o Brasil é o maior produtor mundial de maracujá azedo (*Passiflora edulis* Sims) (IBGE, 2016). Entre os motivos que fazem com que o fruto seja bem aceito de Norte ao Sul do país, destacam-se o seu aroma, sabor marcante e suas propriedades nutraceuticas. Todas estas características possibilitam seu uso na indústria cosmética e farmacêutica, agroindústria e no próprio mercado de fruta fresca (TUPINAMBÁ, 2012; MELETI, 2011).

Com a crescente demanda pelo fruto, cresceu também a necessidade de uso de materiais propagativos que proporcionem a obtenção de mudas com ótimo desempenho em campo, além de uniformidade no pomar (ZAIDAN; BARBEDO, 2004). No caso específico do maracujazeiro azedo, mesmo algumas técnicas de propagação vegetativa sendo viáveis, os pomares comerciais da espécie são formados predominantemente por sementes (MELETTI, 2011). A preferência pela propagação seminífera dá-se principalmente pela facilidade, economia e rapidez na formação de mudas (FERREIRA, 2000).

Ainda que a utilização de sementes na propagação do maracujazeiro azedo seja o meio tradicional de obtenção de mudas, é comum relatos de desuniformidade na formação do estande, devido a fatores relacionados à germinação irregular e a uma possível dormência (PEREIRA; DIAS, 2000). Aliado a esses inconvenientes, os produtores muitas vezes preferem produzir as sementes em seu próprio campo de produção, desconsiderando critérios como escolha das matrizes e de frutos sem um padrão de maturação previamente definido, essas ações podem levar a obtenção de sementes com baixa qualidade fisiológica (CATUNDA et al., 2003; OSIPI et al., 2011).

A maturação de sementes pode ser entendida como uma sequência de eventos que tem início ainda na fecundação do óvulo e termina quando atinge a maturidade fisiológica, momento este em que as sementes se encontram com o máximo acúmulo de matéria seca. Assim, como a matéria seca tende a aumentar com o avanço do processo de maturação, a germinação e o vigor também seguem a mesma tendência e seu pontos máximos podem até coincidir, entretanto, não é uma regra. Em espécies de frutos carnosos, tais como o maracujazeiro azedo, a máxima

germinação e vigor podem ocorrer antes ou mesmo após o ponto de maturidade fisiológica e até mesmo após a colheita dos frutos (MARCOS FILHO, 2014).

Uma alternativa para que os produtores possam ter um critério estabelecido para basear-se no momento da colheita e extração de sementes destinadas à produção de mudas, é a definição do estágio de maturação do fruto. Isto implica tanto no controle de qualidade do fruto, como no estabelecimento do ponto de máxima qualidade fisiológica das sementes (BARBEDO et al., 1993). Para isto, aspectos relacionados à maturação do fruto, tais como mudanças de coloração da casca, podem ser utilizados para identificar o estágio de maturação mais oportuno para a colheita de sementes (SILVA et al., 2008).

Para o maracujazeiro azedo esta informação faz-se ainda mais importante, pois as plantas apresentam crescimento indeterminado, com florescimento e frutificação contínuos, favorecendo assim a ocorrência de frutos em diferentes estádios de maturação e conseqüentemente, sementes em estádios distintos de desenvolvimento (NEGREIROS et al., 2006).

Estas características dificultam a obtenção de sementes com elevada qualidade fisiológica, já que aquelas colhidas imaturas podem apresentar baixo vigor e germinação, e ainda que estas sementes tenham a capacidade de germinar, o máximo vigor da semente geralmente é atingido somente quando alcancem seu máximo acúmulo de matéria seca (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Uma opção que vem se mostrando eficaz para obtenção de sementes mais vigorosas de muitas espécies que apresentam crescimento indeterminado e desuniformidade na maturação, é o armazenamento pós-colheita de frutos. Esta técnica permite a colheita de frutos em diferentes estádios de maturação, reduzindo o número de colheitas. Deste modo, após a colheita dos frutos maduros as sementes são imediatamente extraídas, enquanto aqueles frutos que ainda não atingiram a completa maturação são submetidos ao armazenamento pós-colheita, permitindo que as sementes atinjam sua máxima qualidade fisiológica.

Além dessas vantagens, o armazenamento pós-colheita diminui o tempo de permanência dos frutos na planta-mãe, diminuindo desgastes das plantas e a exposição dos frutos á possíveis ataques de pragas e doenças, que podem reduzir a germinação e vigor das sementes (CASTRO et al., 2008; BARBEDO et al., 1994).

Neste sentido, estudos têm sido desenvolvidos a fim de conhecer o estágio de maturação mais adequado para a colheita e a influência do armazenamento pós-colheita na qualidade fisiológica de sementes de diversas espécies, como mamão (DIAS et al., 2015); pimenta dedo de moça (SILVA et al. 2015); abóbora (SILVA et al., 2015) e tomate (VIDIGAL et al., 2006).

Quanto à definição de estágio de maturação e utilização do armazenamento pós-colheita de frutos, para maracujazeiro azedo, os estudos ainda são contraditórios. Segundo Ruggiero (1987), para a obtenção de sementes com máxima qualidade fisiológica, os frutos devem ser colhidos com coloração amarelo-intenso e as sementes extraídas logo após a colheita. Contrariando esta afirmação, Negreiros et al. (2006) defendem que para obtenção de sementes com máxima qualidade, os frutos podem ser colhidos em transição de coloração, do verde para o amarelo.

Com relação à qualidade do fruto, atributos de qualidade, tais como firmeza, teor de sólidos solúveis totais e acidez, também podem ser afetados pelo ponto de colheita. Assim, o conhecimento do estágio de maturação é fundamental para obtenção de frutos com qualidade e que possam atender as exigências do mercado de fruta fresca e também de fundamental importância para a agroindústria (COELHO et al., 2010)

Com base no exposto, constata-se que as informações disponíveis sobre temas envolvendo os efeitos da maturação e armazenamento pós-colheita sobre a qualidade fisiológica de sementes e frutos de *Passiflora edulis* ainda não estão bem esclarecidos. Assim, a realização de estudos mais detalhados sobre tais temas pode fornecer importantes informações a cerca do ponto ideal de colheita.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBEDO, A. S. C.; ZANIN, A. C. W.; BARBEDO, C. J.; NAKAGAWA, J. Efeitos da idade e do período de repouso pós-colheita dos frutos sobre a qualidade de sementes de berinjela. **Horticultura Brasileira**, v. 12, n. 1, p. 14-18, 1994.
- BARBEDO, C.J.; COELHO, A.S.; ZANIN, A.C.W.; NAKAGAWA, J. Influência da idade do fruto na qualidade de sementes de pepino. **Horticultura Brasileira**, v.11, n. 1, p.18-21, 1993.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**, 4. ed. Jaboticabal: Funep, p. 588, 2012.
- CASTRO, M. M.; GODOY, A. R.; CARDOSO, A. I. I. Qualidade de sementes de quiabeiro em função da idade e do repouso pós-colheita dos frutos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1491-1495, 2008.
- CATUNDA, P. H. A.; VIEIRA, H. D., SILVA, R. F.; POSSE, S. C. P. Influência do teor de água, da embalagem e das condições de armazenamento na qualidade de sementes de maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n.1, p.65-71, 2003.
- COELHO, A. A.; CENCI, S. A.; RESENDE, E. D. Qualidade do suco de maracujá-amarelo em diferentes pontos de colheita e após o amadurecimento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p.722-729, 2010.
- DIAS, M. A.; DIAS, D. C. F. S.; BORGES, E. E. L.; DIAS, L. A. S. Qualidade e compostos fenólicos em sementes de mamão alterados pela colheita e maturação dos frutos. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 737-743, 2015.
- FERREIRA, G. Propagação do maracujazeiro. **Informe Agropecuário**, v. 21, n. 206, p. 18-24, 2000.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Área colhida, produção e produtividade do maracujá em 2016**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 ag. 2017.
- MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 83-91, 2011.
- NEGREIROS, J. R. S.; WAGNER-JÚNIOR, A.; SILVA, J. O. C. Influência do estágio de maturação e do armazenamento pós-colheita na germinação e desenvolvimento inicial do maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 21-24, 2006.

PEREIRA, K. J. C.; DIAS, D. C. F. Germinação e vigor de sementes de maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) submetidas a diferentes métodos de remoção da mucilagem. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 288-291, 2000.

RUGGIERO, C. Implantação da cultura e propagação. In: Ruggiero, C. (ed). **Cultura do maracujazeiro**. Ribeirão Preto, Legis Summa, p. 40-57, 1987.

SILVA, A. P.; DURIGAN, J. F. Colheita e conservação pós-colheita do maracujá. **Informe Agropecuário**, v. 21, n. 206, p. 67-71, 2000.

SILVA, M. S.; OLIVEIRA, R. C.; ALMEIDA, R. F.; SÁ JUNIOR, A.; SANTOS, C. M. Aeryl removal methods and passion fruit seed positions: Germination and emergence. **Journal of Seed Science**, v. 37, n. 2, p. 125-130, 2015.

TUPINAMBÁ, D. D.; COSTA, A. M.; COHEN, K. O.; PAES, N. S.; FALEIRO, F. G.; CAMPOS, A. V. S.; SANTOS, A. L. B.; SILVA, K. N.; JUNQUEIRA, N. T. V. Pulp yield and mineral content of commercial hybrids of yellow passion fruits. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 34, n. 2, p. 663-668, 2012.

VIDIGAL, D. S.; DIAS, D. C. F.; NAVEIRA, D. S. P. C.; ROCHA, F. B.; BHERING, M. C. Qualidade fisiológica de sementes de tomate em função da idade e do armazenamento pós-colheita dos frutos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 87-93, 2006.

VIDIGAL, D. S.; DIAS, D. C. F.; VON PINHO, E. V. de R.; DIAS, L. A. S. Alterações fisiológicas e enzimáticas durante a maturação de sementes de pimenta (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, p. 129-136, 2009.

ZAIDAN, L. B. P.; BARBEDO, C. J. Quebra de dormência em sementes. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, p. 135-146, 2004.

CAPÍTULO 1

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MARACUJAZEIRO AZEDO OBTIDAS DE FRUTOS EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de maracujazeiro azedo obtidas de frutos em diferentes estádios de maturação. Os frutos foram colhidos diretamente da planta em três estádios de maturação (frutos com 100% da área da epiderme com coloração verde; frutos com aproximadamente 30% da área da epiderme com coloração amarela e frutos com 100% da área da epiderme com coloração amarela). Após a colheita, os frutos foram transportados para o Laboratório de Análise de Sementes (LAS), neste local procedeu a extração e secagem das sementes. Em seguida foram avaliados o grau de umidade das sementes, germinação, peso de mil sementes, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, índice de velocidade de germinação e comprimento de plântulas. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Pelos resultados obtidos, a qualidade fisiológica das sementes de maracujazeiro azedo aumentou com o avanço do estágio de maturação do fruto e sementes de frutos colhidos na coloração amarela apresentaram alto potencial fisiológico em todos os testes realizados.

Palavras-chave: *Passiflora edulis* Sims, germinação, vigor

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Passiflora* é composto por uma grande variedade de espécies, e no Brasil é possível encontrar mais de 150 espécies nativas. Dentre estas, o *Passiflora edulis* Sims destaca-se como a mais importante do ponto de vista comercial, representando mais de 95% dos pomares de maracujazeiro azedo existentes no país, além de ser a espécie do gênero *Passiflora* mais cultivada em todo o mundo (BENACCI et al., 2008).

A propagação vegetativa do maracujazeiro pode ser realizada por métodos de enxertia, estaquia e propagação in vitro, porém a propagação sexuada é a principal forma de obtenção de mudas comerciais (SILVA et al., 2015). A preferência pela propagação seminífera dá-se principalmente pela facilidade de obtenção das sementes, rapidez e economia no processo de formação das mudas (FERREIRA, 2000)

Entretanto, apesar da utilização de sementes ser fundamental para a propagação de maracujazeiro azedo, ainda são incipientes as informações sobre a produção de sementes comerciais. Diante disso, muitos produtores adotam sem critérios a seleção de plantas matrizes, colheita dos frutos, extração e beneficiamento das sementes, o que contribui forma expressiva para a redução da qualidade fisiológica das sementes (FERREIRA, 2000; MELETTI, 2010). Deste modo, reconhecer o ponto em que as sementes estão aptas a apresentar seu máximo potencial fisiológico é fundamental para a definição do momento ideal da colheita dos frutos visando a produção de sementes (WAGNER JUNIOR et al., 2006).

Entre as características que uma semente deve apresentar, a qualidade fisiológica destaca-se como umas das mais importantes, pois expressa o potencial da semente em produzir uma nova planta (SILVA et al., 2012). Esta característica é constantemente associada a elevada germinação e vigor (VIDIGAL et al., 2011).

Para Marcos Filho (2015), alguns desses parâmetros estão relacionados a alterações fisiológicas e físicas que ocorrem durante os processos de maturação de frutos e sementes, como tamanho, peso e coloração. Dentre estas, a coloração dos frutos tem sido apontada como um eficiente parâmetro para identificação do ponto de maturidade fisiológica de sementes em espécies frutíferas, como mamão (*Carica papaya*) (DIAS et al., 2015), cereja do mato (*Eugenia involucrata*) (ORO et al., 2012),

ingá (*Inga laurina*) (SCHULZ et al., 2014), maracujá banana (*P. mollissima*) e granadilha (*P. ligularis*) (SALAZAR E RAMIREZ, 2017).

Para maracujazeiro azedo, existem poucos estudos apontando a coloração do fruto como parâmetro na identificação do ponto de colheita para extração de sementes, e os poucos estudos sobre o tema são contraditórios.

Em estudo sobre o tema, Negreiros et al. (2006) concluíram que sementes de frutos com 5 a 50% de coloração amarela e aqueles com mais de 50% de coloração amarela, armazenados por 3 a 6 dias apresentaram maior qualidade fisiológica. Em outro estudo, onde foram avaliados três estádios de maturação do fruto, todos com mais de 30% de coloração amarela, mostrou que frutos completamente amarelos (100%) proporcionaram a obtenção de sementes com melhor desempenho fisiológico (AGUACIA et al., 2015). No entanto, segundo Battistus et al. (2014) que avaliaram quatro estádios de maturação do fruto (verde, verde em transição para o amarelo, completamente amarelo e enrugados), o estágio ideal para extração de sementes de maracujazeiro azedo é quando os frutos estão em avançado estágio de maturação, ou seja, enrugados.

Deste modo, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de maracujazeiro azedo obtidas de frutos em diferentes estádios de maturação.

1. MATERIAIS E MÉTODOS

1.1. Material vegetal e condições do experimento

O experimento foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Frutos da cultivar “BRS SC1”, desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), provenientes de polinização livre, foram colhidos no pomar comercial do sítio “Santa Tereza”, localizado na região rural de Viçosa-MG, em plantas com 9 meses de idade. O espaçamento era de 2 metros entre plantas e 3,5 metros entre fileiras, em sistema de condução de espaldeira.

Os frutos foram colhidos diretamente nas plantas, em três estádios de maturação (Figura 1): estágio I: frutos com 100% da área da epiderme com coloração verde (A), estágio II: frutos com aproximadamente 30% da área da epiderme com coloração amarela (B) e, estágio III: frutos com 100% da área da

epiderme com coloração amarela (C). Após a colheita, os frutos foram transportados para o Laboratório de Análise de Sementes.



Figura 1- Aspecto visual do fruto de maracujazeiro azedo, em estágio de colheita I (A); II (B) e III (C).

No laboratório, os frutos foram cortados ao meio com auxílio de uma faca e as sementes extraídas e colocadas sobre peneira de malha fina, e sob água corrente foram separadas do arilo por meio de fricção mecânica. Em seguida, foram dispostas sobre folhas de papel toalha e submetidas à secagem natural por 72 horas a 70% de umidade relativa e temperatura de 25°C.

2.2. Avaliação da qualidade fisiológica das sementes

2.2.2. Grau de umidade das sementes

Foi determinado em estufa a $105^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas (BRASIL, 2009), utilizando-se quatro repetições com 25 sementes submetidas à secagem por 72 h a uma temperatura de 25°C. Os resultados foram expressos em porcentagem.

2.2.3. Matéria seca de sementes

Foi determinada utilizando-se quatro repetições com 25 sementes com base no peso final das sementes secas. Os resultados foram expressos em mg.semente^{-1} .

2.2.4. Germinação

Foram utilizadas quatro repetições com 50 sementes, as quais foram distribuídas sobre duas folhas de papel toalha e cobertas por uma terceira, previamente umedecidas com volume de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram mantidos em câmara de germinação do tipo BOD, sob

temperatura alternada (20-30°C) com 16 horas a 20°C e 8 horas a 30°C, conforme condições indicadas para a espécie (BRASIL, 2009). As avaliações foram realizadas aos 14 e 28 dias, considerando plântulas normais, aquelas que apresentassem os cotilédones totalmente livres do tegumento. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

2.2.5. Peso de mil sementes

Foi realizado com oito repetições de 100 sementes, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Cada repetição foi pesada e, em seguida, foram realizados cálculos de variância, desvio padrão e coeficiente de variação para verificar se o coeficiente de variação não excedeu o valor de 4% entre as repetições em nenhum dos tratamentos. Em seguida foi calculado o peso de mil sementes, mantendo-se o mesmo número de casas decimais, pela fórmula:

$$PMS = \frac{\text{peso da amostra} \times 100}{\text{n}^\circ \text{ total de repetições}}$$

Onde: PMS= Peso de mil sementes.

2.2.6. Primeira contagem de germinação

Foi conduzido em conjunto com o teste de germinação, descrito anteriormente, sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais obtidas aos 14 dias após a semeadura.

2.2.7. Envelhecimento acelerado

Foi conduzido com quatro repetições com 50 sementes distribuídas uniformemente sobre tela acoplada à caixa gerbox, contendo ao fundo 40 mL de água destilada. As caixas foram mantidas fechadas e acondicionadas em câmara do tipo B.O.D. a 42°C por 72 horas. Após este período as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrito acima, avaliando-se a porcentagem de plântulas normais obtidas aos 14 dias após a semeadura.

2.2.8. Índice de velocidade de germinação

Foi conduzido em conjunto com o teste de germinação, anotando-se diariamente, no mesmo horário, o número de plântulas que apresentavam os cotilédones visíveis. Ao final do teste, com os dados diários do número de plântulas normais, calculou-se o IVG empregando-se a fórmula proposta por Maguire (1962).

2.2.9. Condutividade elétrica

Quatro repetições de 25 sementes foram pesadas separadamente em balança analítica de precisão e colocadas em copos plásticos contendo 75 ml de água destilada, permanecendo em câmara de germinação a 25 °C, por 24 h. Após, o conteúdo dos copos foi homogeneizado com bastão de vidro e realizada a leitura da condutividade elétrica em condutímetro Digimed DM-32. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$.

2.2.10. Comprimento de plântulas

Foi realizado com cinco repetições de 10 sementes, dispostas em linha reta no terço superior de duas folhas de papel germitest, e cobertas por uma terceira, previamente umedecidas com volume de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram inseridos em sacos polietileno e mantidos em câmara de germinação do tipo B.O.D. regulada com temperatura alternada (20-30°C). As avaliações foram realizadas aos 28 dias com auxílio de um paquímetro digital. O comprimento médio da parte aérea e radicular foi obtido somando-se as medidas correspondentes de cada plântula normal, em cada repetição, e dividindo a seguir, pelo número de plântulas normais. Os resultados foram expressos em milímetros.

2.3. Análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas utilizando-se software RBIO (Biometria no R) (BHERING, 2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes ao grau de umidade das sementes frescas e secas, matéria seca de sementes e peso de 1000 sementes de maracujazeiro azedo, estão apresentados na Figura 2. Não houve diferença significativa entre as médias para o grau de umidade das sementes frescas (Figura 2A), que permaneceram entre 25 e 26% de umidade. O elevado grau de umidade nas sementes frescas em todos os estádios de maturação pode ser justificado pela presença da polpa que mantém constante a umidade das sementes. Além disso, há baixo potencial hídrico no interior dos frutos, fazendo com que ocorram poucas variações no grau de umidade (DEMIR et al., 2002; ABUD et al., 2013).

Ao contrário do grau de umidade das sementes frescas, houve redução significativa nas médias do grau de umidade das sementes secas (Figura 2B), que atingiu valor mínimo de 7,5% para sementes extraídas de fruto amarelo, que foi estatisticamente inferior as demais. De acordo com Ricci et al. (2013), a redução no conteúdo de água indica que as sementes estão próximas ao encerramento de processos relacionados a maturação e preparando o metabolismo para retomada do crescimento do embrião.

Relacionando os resultados obtidos nas variáveis grau de umidade, matéria seca (Figura 2C) e peso de 1000 sementes de maracujazeiro azedo (Figura 2D), observa-se que em sementes de frutos verdes, há maior grau de umidade e menor conteúdo de matéria seca e peso de 1000 sementes. Neste estágio de maturação, provavelmente as sementes ainda estão passando pelas fases de acúmulo de reservas, o que explicaria seu menor conteúdo de matéria seca quando comparado aos demais estádios de maturação. Em contrapartida, em sementes de fruto verde/amarelo e amarelo o grau de umidade reduziu, enquanto que a matéria seca de sementes e o peso de 1000 sementes aumentaram.

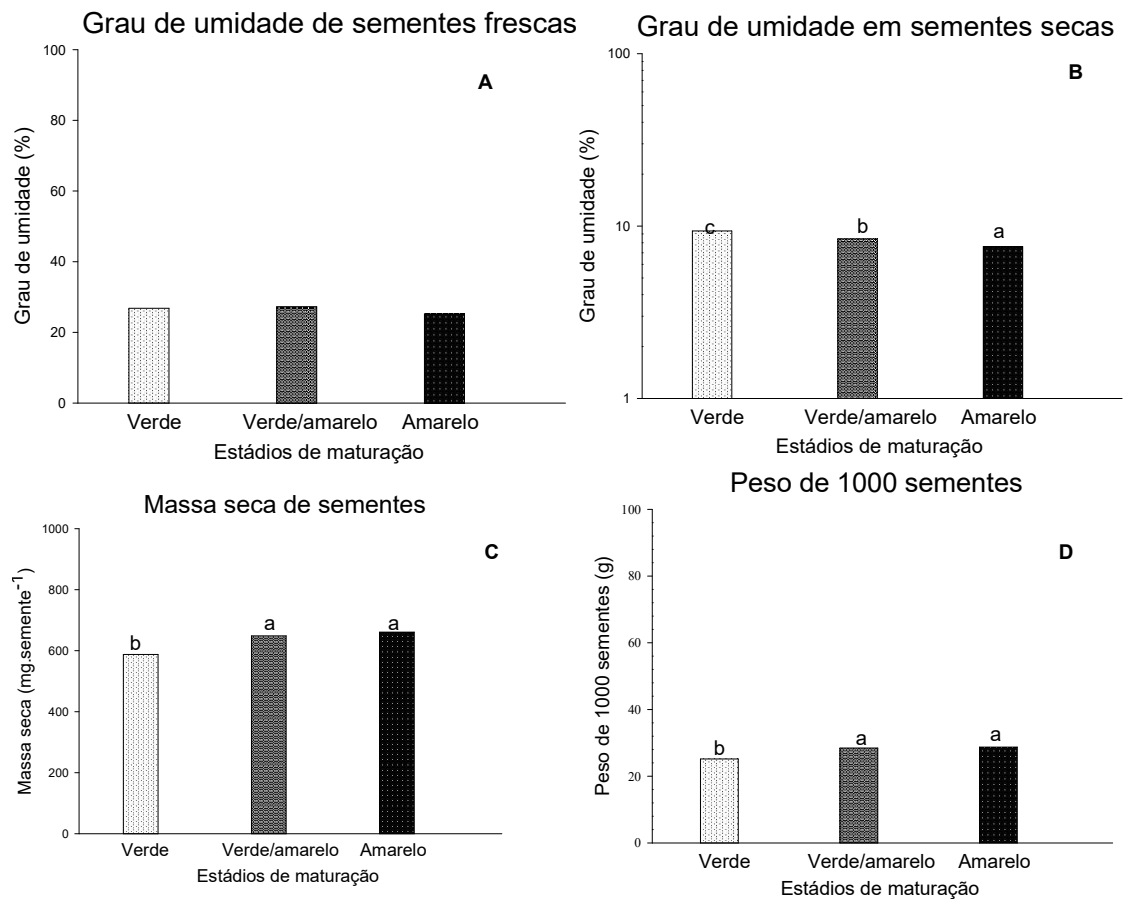


Figura 2. Grau de umidade das sementes frescas (A), grau de umidade das sementes secas (B), Matéria seca de sementes (C) e Peso de 1000 sementes(D) de maracujazeiro azedo obtidas de frutos em três estádios de maturação.

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Na Figura 3, estão apresentados os resultados de porcentagem de germinação, primeira contagem de germinação, comprimento de plântulas, índice de velocidade de germinação, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. Verificou-se que houve diferenças significativas entre as médias de porcentagem de germinação (Figura 3A). A germinação aumentou de acordo com o progresso do estágio de maturação do fruto. Em sementes de fruto verde, a germinação foi inferior (67,3%), enquanto sementes de fruto amarelo apresentaram aumento de 31,2 pontos percentuais na germinação, quando comparadas as de fruto verde, chegando ao máximo de 98,5% de germinação, sendo estatisticamente superior as sementes dos demais estádios de maturação.

A alta porcentagem de germinação em sementes de fruto amarelo pode ser atribuída ao maior acúmulo de matéria seca, indicando que quantidades satisfatórias de reservas, permitem que as sementes apresentem maior capacidade de germinação, que aquelas com menor conteúdo, como as sementes de fruto verde do presente estudo.

O vigor avaliado pela primeira contagem de germinação (Figura 3B) apresentou resultados semelhantes à porcentagem de germinação, com destaque para as sementes de fruto amarelo. Em maracujazeiro azedo, a primeira contagem é avaliada aos 14 dias após a instalação do teste de germinação, nesta ocasião, sementes de fruto amarelo produziram 74% de plântulas normais. Em contrapartida, sementes de fruto verde e verde/amarelo apresentaram 12,5% e 55%, respectivamente. Estes resultados indicam que sementes de fruto amarelo apresentam maior velocidade de germinação que sementes obtidas nos demais estádios de maturação avaliados.

Não houve efeito significativo dos diferentes estádios de maturação dos frutos de maracujazeiro azedo no crescimento das plântulas (Figura 3C). No entanto, quando se avaliou o vigor pelo índice de velocidade de germinação (Figura 3D), sementes de frutos verde/amarelo e amarelo apresentaram os melhores resultados. O menor índice de velocidade de germinação foi encontrado em sementes de fruto verde.

Pelo teste de envelhecimento acelerado, sementes de frutos verde/amarelo e amarelo apresentaram médias estatisticamente superiores às sementes de fruto verde (Figura 3E). Durante o teste de envelhecimento acelerado as sementes são submetidas a condição de alta temperatura (42°C) e alta umidade relativa (100%), estes fatores em associação podem provocar rápida deterioração nas sementes (BHERING et al., 2006). Deste modo, pode-se inferir que sementes de fruto verde/amarelo e amarelo são mais vigorosas e capazes de propiciar maior número de plântulas normais, mesmo após serem submetidas a níveis elevados de estresse.

Estes resultados corroboram com Aguacia et al. (2015), que em estudos com *P. edulis* observaram que o vigor em sementes de fruto amarelo foi superior as sementes de frutos verde em transição de coloração. É válido ressaltar que neste mesmo estudo, o acúmulo de matéria seca também foi superior em sementes de fruto amarelo

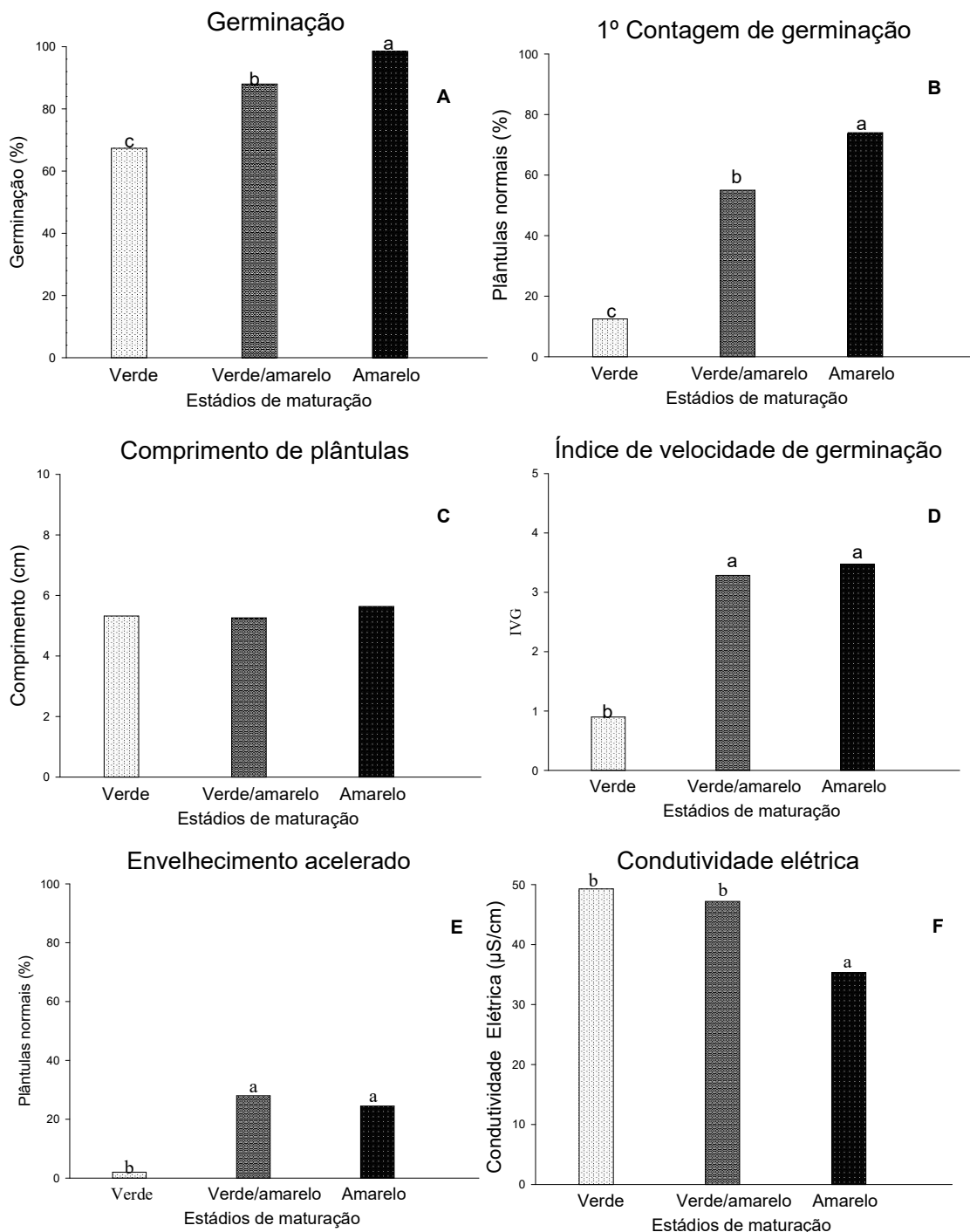


Figura 3. (A) Porcentagem de germinação (B), Primeira contagem de germinação (C), Comprimento de plântulas; (D), Índice de velocidade de germinação, (E) Envelhecimento acelerado e (F) Condutividade elétrica de sementes de maracujazeiro azedo obtidas de frutos em três estádios de maturação.

*Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidades

Houve redução da condutividade elétrica (Figura 3F) das sementes de maracujazeiro azedo com o avanço da maturação dos frutos, indicando novamente maior vigor nas sementes provenientes de fruto amarelo. Sementes de fruto verde e verde/amarelo, por sua vez, foram iguais estatisticamente, ambas apresentaram maiores valores de condutividade elétrica.

Segundo Vidigal et al. (2009), este comportamento indica que nos estádios de maturação mais precoces, assim como o estágio verde, deste estudo, há maior liberação de lixiviados devido ao menor nível de estruturação das membranas. Já em sementes de estádios mais avançados de maturação, há maior organização das membranas, e por isso menor liberação de exsudatos. Esta característica pode ser relacionada a sementes mais vigorosas e com maior potencial fisiológico.

Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Battistus et al. (2014), que avaliando a qualidade de sementes de maracujazeiro azedo em quatro estádios de maturação (verde, verde em transição de cor para o amarelo, amarelo e amarelo enrugado), constataram menor condutividade elétrica em sementes obtidas de frutos em estágio de maturação mais avançado. Em sementes de mamão, Azevedo e Neto (2014) também observaram que em estádios iniciais de maturação, as sementes apresentaram maior condutividade elétrica, já aquelas obtidas de frutos em estágio de maturação mais avançados, apresentando menor quantidade de lixiviados e melhor desempenho nos demais teste de vigor, assim como as sementes de fruto amarelo avaliadas no presente estudo.

4. CONCLUSÕES

A qualidade fisiológica das sementes de maracujazeiro azedo aumentou com o avanço do estágio de maturação do fruto. Sementes de fruto amarelo apresentaram alto potencial fisiológico em todos os testes realizados, e, portanto, recomenda-se realizar a colheita dos frutos destinados a extração de sementes neste estágio de maturação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABUD, H. F.; ARAÚJO, E. F.; ARAÚJO, R. F.; ARAÚJO, A. V.; FERREIRA, C. M. F. P. Qualidade fisiológica de sementes das pimentas malagueta e biquinho durante a ontogênese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 12, p.1546-1554, 2013.

AGUACIA, L. M.; MIRANDA, D.; CARRANZA, C. Effect of fruit maturity stage and fermentation period on the germination of passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) and sweet granadilla seeds (*Passiflora ligularis* Juss). **Agronomía Colombiana**, v. 33, n. 3, p. 305-314, 2015.

AZEVEDO, T. P.; FIGUEIRÊDO NETO, A. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Carica papaya* L. em função do estágio de maturação. **Revista Verde**, v. 9, n. 2, p. 68-72, 2014.

BATTISTUS, A. G.; FUCHS, F.; DE SOUZA, R. F. B.; MALAVASI, M. M.; DRANSKI, J. A. L.; RAMPIM, L.; BULEGON, L. G.; GUIMARÃES, V. F.; MORANZA, T. M.; MULLER, M. A. E LIMA, P.R. – Physiological maturity of seeds and colorimetry of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Degener). **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 40, p. 3018-3024, 2014.

BERNACCI, L.C.; SOARES-SCOTT, M.D.; JUNQUEIRA, N.T.V.; PASSOS, I.R. S.; MELETTI, L.M.M. *Passiflora edulis* Sims: the correct taxonomic way to cite the yellow passion fruit (and of others colors). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n.2, p. 566-576, 2008.

BHERING, M. C.; DIAS, D. C. F. VIDIGAL, D. S.; NAVEIRA, D. S. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de pimenta. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 64-71, 2006.

BORGES, A. L.; LIMA A. A. Maracujazeiro In Crisostomo LA and Naumov A (ed.) **Fruteiras tropicais do Brasil: adubando para alta produtividade e qualidade**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, v. 1, n. 1, p. 166-181, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, p. 365, 2009.

DEMIR, I.; MAVI, K.; SERMENLI, T.; OZCOBAN, M. Seed development and maturation in Aubergine (*Solanum melongena* L.). **Gartenbauwissenschaft**, v. 67, n. 4, p. 148-154, 2002.

DIAS, M. A.; DIAS, D. C. F. S.; BORGES, E. E. L.; DIAS, L. A. S. Qualidade e compostos fenólicos em sementes de mamão alterados pela colheita e maturação dos frutos. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 737-743, 2015.

FERREIRA, G. Propagação do maracujazeiro. **Informe Agropecuário**, v. 21, n. 206, p. 18-24, 2000.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Área colhida, produção e produtividade do maracujá em 2016**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 Ago. 2018.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: ABRATES, p. 660, 2015.

MELETTI, L. M. M.; OLIVEIRA, J.C.; RUGGIERO, C. **Maracujá**. Jaboticabal: FUNEP, 2010.

NEGREIROS, J. R. S.; WAGNER-JÚNIOR, A.; SILVA, J. O. C. Influência do estágio de maturação e do armazenamento pós-colheita na germinação e desenvolvimento inicial do maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 21-24, 2006.

ORO, P.; SCHULZ, D. G.; VOLKWEIS, C. R.; BANDEIRA, K. B.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Maturação fisiológica de sementes de *Eugenia pyriformis* Cambess e *Eugenia involucrata* DC. **Biotemas**, v. 25, n. 3, p. 11-18, 2012.

RICCI, N.; PACHECO, A. C.; CONDE, A. S.; CUSTÓDIO, C. C. Qualidade de sementes de pimenta jalapenho em função da maturação e tempo de permanência nos frutos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, n. 2, p. 123-129, 2013.

SALAZAR, A.; AND RAMÍREZ, C. Fruit maturity stage and provenance affect seed germination of *Passiflora mollissima* (banana passion fruit) and *P. ligularis* (sweet granadilla), two commercially valuable tropical fruit species. **Seed Science and Technology**, v. 45, n. 2, p. 383-397, 2017.

SCHULZ, D. G.; ORO, P.; VOLKWEIS, C.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Maturidade fisiológica e morfometria de sementes de *Ingalaurina* (Sw.) Willd. **Floresta Ambient**, v. 21, n. 1, p. 45-50, 2014.

SILVA, M. S.; OLIVEIRA, R. C.; ALMEIDA, R. F.; SÁ JUNIOR, A.; SANTOS, C. M. Aryl removal methods and passion fruit seed positions: Germination and emergence. **Journal of Seed Science**, v. 37, n. 2, p. 125-130, 2015.

VIDIGAL, D. de S.; DIAS, D.C. F. S.; VON PINHO, E. V. de R.; DIAS, L. A. S. Alterações fisiológicas e enzimáticas durante a maturação de sementes de pimenta (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, p. 129-136, 2009.

WAGNER JÚNIOR, A.; PIMENTEL L. D.; NEGREIROS, J. R. S.; ALEXANDRE, R. S.; MORGADO, A. D. O.; SILVA, J. O. C.; BRUCKNER, C. H. Influência do estágio

de maturação dos frutos e do substrato na formação de “seedlings” de três cultivares de pessegueiro. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 12, n. 2, p. 221-225, 2006.

CAPÍTULO 2

QUALIDADE DE FRUTOS E SEMENTES DE MARACUJAZEIRO AZEDO DECORRENTES DO ESTÁDIO MATURAÇÃO E ARMAZENAMENTO PÓS- COLHEITA DO FRUTO

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade de sementes e frutos de maracujazeiro azedo, em diferentes estádios de maturação e submetidos ao armazenamento pós-colheita. Os frutos de maracujazeiro azedo foram colhidos em dois estádios de maturação (verde/amarelo e amarelo) e submetidos a três períodos de armazenamento pós-colheita (0, 7 e 14 dias). Após, no Laboratório de Recursos Genéticos do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, foram avaliados a firmeza, o teor de sólidos solúveis totais (Brix), acidez total titulável e razão SST/AT. No Laboratório de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa foi avaliado a qualidade fisiológica de sementes por meio do teste de germinação, testes de vigor e atividade de enzimas do sistema antioxidante. O experimento foi estruturado em esquema fatorial 2 x 3 (estádio de maturação e períodos de armazenamento pós-colheita), no delineamento inteiramente casualizado. As médias foram comparadas pelo teste F e teste Tukey a 5% de probabilidade. Não houve diferenças significativas entre as médias para grau de umidade, matéria seca de sementes e germinação. Pelos resultados obtidos, o armazenamento pós-colheita mostrou ser benéfico para a melhoria qualidade dos frutos, em especial para frutos colhidos na coloração amarela. Com relação as sementes, frutos colhidos na coloração amarela e submetidos ao armazenamento pós-colheita por 14 dias proporcionam sementes com maior qualidade fisiológica e com maior atividade de enzimas do sistema antioxidante.

PALAVRAS-CHAVE: *P. edulis*, sementes, vigor, enzimas, Brix.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Passiflora* é originário da América Tropical e pertencente a família *Passifloraceae*. Entre os seus principais representantes destaca-se o maracujazeiro azedo (*Passiflora edulis* Sims), que representa mais 95% dos pomares comerciais existentes (FAVORITO et al., 2017).

Pela grande variedade de produtos obtidos a partir do fruto, a qualidade pós-colheita do maracujazeiro azedo é importante tanto para o mercado de fruta fresca quanto para a agroindústria. No entanto, estes mercados têm exigências diferentes. No mercado de fruta fresca, dá-se preferência para frutos grandes, com coloração da casca uniforme, resistência ao transporte e maior tempo de prateleira, visando garantir o padrão adequado para comercialização (ABREU et al., 2009; RINALDI et al., 2017). Por sua vez, frutos destinados a agroindústria devem possuir elevado rendimento de suco, alta acidez total titulável e teor de sólidos solúveis totais.

Na prática, o ponto de colheita do maracujazeiro azedo para comercialização, é caracterizado pela abscisão dos frutos, que ficam presos nas ramas ou mesmo caídos no chão. No entanto, esta prática pode causar rápida desidratação do fruto e riscos de contaminação por microorganismos que reduzem o período de conservação pós-colheita. Além disso, esta prática não leva em consideração os diferentes destinos da produção (COELHO et al., 2010).

Outro critério também utilizado como indicativo de maturação e ponto de colheita, é a coloração da casca do fruto, que passa por modificações durante o processo de amadurecimento. Tais alterações são acompanhadas de mudanças em características físicas e químicas dos frutos (BRUCKNER E PICANÇO, 2001). Neste sentido, estabelecer uma relação entre a coloração da casca e os estádios de maturação, permite o melhor planejamento de colheita a fim de proporcionar frutos com qualidade e maior tempo de vida pós-colheita, e que, sobretudo, possam atender as demandas e padrões do mercado (SILVA et al., 2008)

O reconhecimento do estágio de maturação também se torna interessante para a produção de mudas de maracujazeiro azedo, representada em sua totalidade pela utilização de sementes (MELETTI, 2011; SILVA et al., 2015).

Segundo Marcos Filho (2014), a coloração da casca do fruto pode ser um indicativo de qualidade das sementes, pois ela reflete as modificações que ocorrem durante o desenvolvimento e maturação do fruto.

A coloração do fruto tem sido utilizada como parâmetro para identificação do estágio de maturação do fruto, visando obtenção de sementes em sua máxima qualidade fisiológica em espécies da família Passifloraceae, como *P. mollissima*, *P. ligularis* (SALAZAR E RAMIREZ, 2017) e *P. edulis* (NEGREIROS et al., 2006; BATTISTUS et al., 2014; AGUACIA et al., 2015).

Em espécies de frutos carnosos e com crescimento indeterminado, como o maracujazeiro azedo, o armazenamento pós-colheita também conhecido como repouso pós-colheita de frutos, tem sido utilizado para obtenção de sementes com alta qualidade fisiológica. O uso desta técnica permite a colheita de frutos mesmo que ainda não estejam completamente maduros, pois quando submetidos ao armazenamento, continuam o processo de maturação e as sementes podem atingir a máxima qualidade fisiológica (DIAS et al., 2006).

Além disso, o armazenamento pós-colheita diminui o tempo de permanência dos frutos na planta-matriz, reduzindo o ataque de pragas e doenças, que podem promover danos e reduzir a germinação e o vigor das sementes. Estudos com tomate (*Solanum lycopersicum*) (VIDIGAL, et al., 2006), abóbora (*Cucurbita maxima*) (COSTA et al., 2006) e mamão (*Carica papaya*) (DIAS et al., 2015) relataram os efeitos benéficos do armazenamento pós-colheita na melhoria da qualidade fisiológica das sementes.

Apesar da importância do reconhecimento do estágio de maturação e armazenamento pós-colheita, os estudos que abordam tais temas ainda geram dúvidas. Para Negreiros et al. (2006), a obtenção de sementes deve ser realizada quando os frutos apresentarem epiderme com coloração amarela, quanto o tempo de armazenamento pós-colheita dos frutos, deve ser 3 a 6 dias. Porém, Battistus et al. (2017) concluíram que as sementes podem ser obtidas de frutos na coloração amarela e em avançado estádios de maturação (já enrugados). Santos et al. (2016), por sua vez, afirmam que as sementes podem ser obtidas de frutos “de vez” (verde/amarelo), amarelos e também senescentes (enrugados), sem prejuízos a produção de mudas. É válido ressaltar que neste estudo, apenas a emergência de plântulas foi utilizada como teste de vigor para avaliar os estádios de maturação.

O conhecimento a respeito da possibilidade de armazenamento das sementes é um fator fundamental para facilitar a logística de produção e comercialização de sementes de cultivares (CARVALHO et al., 2017). Para o maracujazeiro azedo,

apesar de estudos diversos sobre a conservação das sementes, ainda há poucas informações relacionadas à influência do estágio de maturação durante o armazenamento das sementes. O que se sabe é que a longevidade das sementes pode ser afetada pela sua qualidade inicial, e que esta por sua vez pode estar relacionada ao estágio de maturação do fruto no momento da colheita.

Outro ponto a ser destacado, é que maioria das pesquisas em sementes de maracujazeiro azedo avaliou a qualidade fisiológica apenas a partir de testes de germinação e vigor. Estes testes apresentam grande importância para avaliação do potencial fisiológico das sementes, no entanto, as respostas obtidas podem ser complementadas com estudos sobre a atividade de enzimas do sistema antioxidante, que em maracujazeiro azedo, ainda são escassos.

Em outras espécies com sementes de frutos carnosos, como pimenta (*Capsicum frutescens*) (VIDIGAL et al., 2009), pepino (*Cucumis sativus*) (NAKADA et al., 2011), abóbora (*Curcubita maxima*) (SILVA et al. 2017), os estudos mostraram que é possível relacionar a qualidade fisiológica das sementes à atividade de enzimas do sistema antioxidante. Ainda, segundo Bandeira et al. (2014), a avaliação da atividade de enzimas do sistema antioxidante pode fornecer respostas mais sensíveis e que podem dar suporte às respostas obtidas nos testes de germinação e vigor.

Entre as enzimas do sistema antioxidante comumente avaliadas em sementes, destacam-se a catalase (CAT) e a ascorbato peroxidase (APX) que metabolizam o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), molécula extremamente nociva ao metabolismo celular, em água (H_2O) e oxigênio (O_2), além das peroxidases, que contribuem de forma significativa na detoxificação de radicais livres (GREGGAINS et al., 2000).

De acordo com as informações existentes sobre tais temas, fica claro que os estudos não foram conclusivos. Neste sentido, este estudo teve como objetivo avaliar as alterações fisiológicas em sementes de maracujazeiro azedo decorrentes do estágio de maturação e armazenamento pós-colheita dos frutos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes (LAS) do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. Frutos da cultivar “BRS SC1”, desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), provenientes de polinização livre, foram colhidos no pomar comercial com 9 meses de idade do sítio “Santa Tereza”, localizado na região rural de Viçosa-MG. O espaçamento entre plantas era de 2 metros e 3,5 metros entre linhas, em sistema de condução espaldeira.

Os frutos foram colhidos diretamente da planta, em dois estádios de maturação (Figura 1): frutos com 30% da área da casca com coloração amarela (Estádio I-verde amarelo) e frutos com 100% da área da casca com coloração amarela (Estádio II-Amarelo). Após a colheita, os frutos foram transportados para o LAS e submetidos ao armazenamento pós-colheita à temperatura média (25 °C) nos tempos 0, 7 e 14 dias, após o início do período de avaliações, permanecendo em caixas plásticas, em ambiente de laboratório.

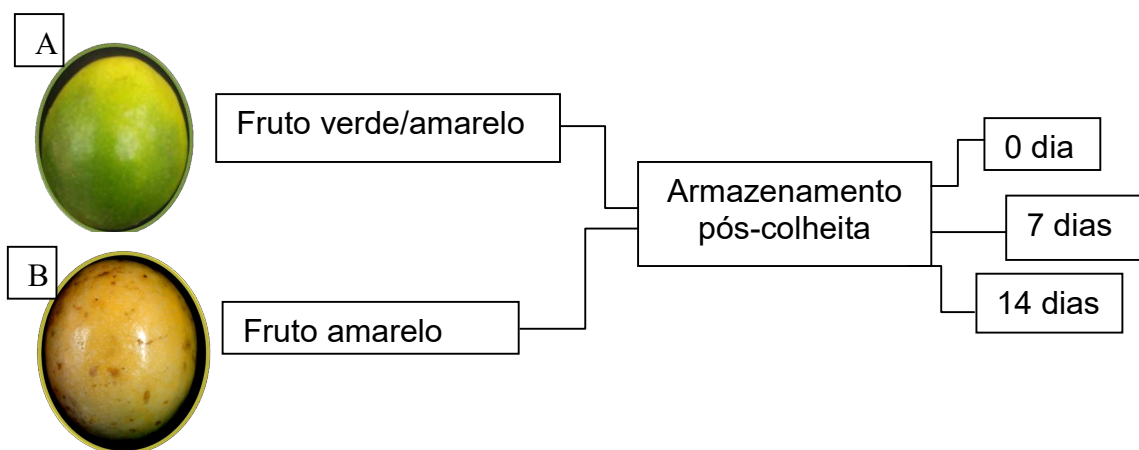


Figura 1- Aspecto visual do fruto de maracujazeiro azedo (*P. edulis*), em estágio I: com aproximadamente 30% da casca com coloração amarela (A) e II: frutos com 100% da casca na coloração amarela(B).

2.1. Qualidade do fruto

2.1.1. Firmeza

A firmeza dos frutos foi determinada com o auxílio do texturômetro (STEVENS – LFRA texture analyser), utilizando o ponteiro TA 9/1000. O valor obtido para determinar a firmeza em grama-força por centímetro quadrado (gf cm⁻²) é definido com a força máxima requerida para que uma parte penetre na polpa do fruto

2.1.2. Acidez total titulável

A acidez foi determinada utilizando cerca de 2g da amostra diluída em água destilada até o volume de 25ml e tituladas com NaOH 0,1N, utilizando-se 3 gotas de fenolftaleína como indicador, conforme a metodologia descrita na A.O.A.C (1970). A identificação do ponto de viragem da fenolftaleína foi acompanhada com um pHmetro no valor de pH 8,2. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico. O cálculo foi efetuado de acordo com a fórmula abaixo:

$$\text{ATT (\% ácido cítrico)} = \frac{V \times N \times P'' \times 100}{P}$$

onde: V = volume de NaOH gasto na titulação (mL)

N = normalidade corrigida do NaOH

P'' = miliequivalente do ácido cítrico

P = peso da amostra (g)

2.1.3. Sólidos solúveis totais (SST)

Nesta determinação foram utilizadas duas gotas de suco de maracujá diretamente sobre o prisma de um refratômetro digital com correção automática dos valores em função da temperatura. Os resultados foram expressos em ° BRIX.

2.1.4. Razão SST/AT

Foi calculada a relação SST/AT por meio da seguinte equação:

$$R = \frac{\text{SST}}{\text{AT}}$$

Onde:

SST= Sólidos Solúveis Totais

AT= Acidez total

2.1.5. Rendimento de suco (%)

Após a extração e pesagem da polpa bruta em balança analítica, o material foi processado em um homogeneizador no módulo pulsar, em seguida filtrado em tela de filó com malha de 1 mm previamente pesada, conforme descrito por Silva (2004). Com o auxílio de um espremedor manual foi feita a separação do suco e do resíduo da polpa, composta por arilo e sementes do fruto. Os resultados de rendimento de suco, em percentagem da massa total do fruto, foram determinados através da fórmula:

$$\text{RS (\%)} = \frac{\text{Massa da polpa bruta(g)} - \text{Massa do resíduo bruto (g)}}{\text{Massa total do fruto (g)}} \times 100$$

2.2. Qualidade fisiológica das sementes

Em cada tempo de armazenamento, os frutos foram cortados ao meio com auxílio de uma faca e as sementes extraídas e colocadas sobre peneira de malha fina, e sob água corrente foram separadas do arilo por meio de fricção mecânica. Em seguida, foram dispostas sobre folhas de papel toalha e submetidas à secagem natural por 72 horas em ambiente de laboratório nas condições mencionadas acima.

Após a secagem as sementes foram acondicionadas em sacos de papel kraft e identificados com os respectivos tratamentos. Em seguida foram armazenadas em prateleiras à temperatura de 25°C e umidade relativa de 60 a 70%, onde permaneceram por 360 dias. Todas as avaliações da qualidade fisiológica das sementes foram realizadas nos seguintes tempos: 0; 120 e 360 dias.

2.2.1. Grau de umidade das sementes

Foi determinado em estufa a $105^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas (BRASIL, 2009), utilizando-se quatro repetições com 25 sementes de cada tratamento, submetidas a secagem prévia por 72 h a temperatura de 25°C e umidade relativa do ar de 60 a 70%. Os resultados foram expressos em porcentagem.

2.2.2. Matéria seca de sementes

Foi determinada utilizando-se 4 repetições com 25 sementes de cada tratamento, com base no peso final após a secagem em estufa a $105^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$. Os resultados foram expressos em mg.semente^{-1} .

2.2.3. Germinação

Foram utilizadas quatro repetições com 50 sementes, as quais foram distribuídas sobre duas folhas de papel toalha e cobertas por uma terceira, previamente umedecidas com volume de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Os rolos foram mantidos em câmara de germinação do tipo BOD, sob temperatura alternada ($20\text{-}30^{\circ}\text{C}$) com 16 horas de escuro e 8 horas de luz, conforme condições indicadas para a espécie (BRASIL, 2009). As avaliações foram realizadas aos 14 e 28 dias, considerando plântulas normais, aquelas que apresentassem os cotilédones totalmente livres do tegumento. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

2.2.4. Primeira contagem de germinação

Foi conduzido em conjunto com o teste de germinação sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais obtidas aos 14 dias após a semeadura.

2.2.5. Envelhecimento acelerado

Foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes, que foram distribuídas uniformemente sobre tela acoplada à caixa gerbox, contendo 40 mL de água

destilada. As caixas foram mantidas fechadas e acondicionadas em câmara do tipo B.O.D. a 42°C por 72 horas. Após este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação conforme descrito acima, avaliando-se a porcentagem de plântulas normais obtidas aos 14 dias após a semeadura.

2.2.6. Emergência de plântulas

Foram utilizadas quatro repetições com 50 sementes cada, semeadas em sulcos com 1 cm de profundidade, em bandejas plásticas contendo areia lavada de textura média, previamente umedecida com água. As bandejas permaneceram sobre bancadas em ambiente de laboratório à temperatura ambiente. A contagem foi realizada a partir da emergência da primeira plântula e prosseguiu até a estabilização. Os resultados foram expressos em porcentagem.

2.2.7. Índice de velocidade de emergência

Foi conduzido em conjunto com o teste de emergência de plântulas, anotando-se diariamente, no mesmo horário, o número de plântulas emergidas que apresentavam cotilédones livres do tegumento. Ao final do teste, com os dados diários do número de plântulas normais, calculou-se o IVE empregando-se a fórmula proposta por Maguire (1962).

2.2.8. Avaliação das enzimas do sistema antioxidante

Inicialmente foram feitos testes preliminares para definição do período mais adequado a embebição das sementes para a realização das análises enzimáticas. Para cada tratamento, 200 sementes foram distribuídas em rolos, conforme descrito para o teste de germinação e mantidas em câmara tipo B.O.D. regulada com temperatura alternada (20-30°C) por 96h. Após esse período de embebição, os tegumentos foram totalmente removidos com o auxílio de um mini torno e os embriões obtidos de cada tratamento foram imediatamente congelados em nitrogênio líquido e armazenados em freezer a -20°C até o momento das análises.

2.2.8.1. Extração enzimática

No presente estudo foram determinadas as atividades das enzimas: catalase (CAT, EC 1.11.1.6), peroxidases (POX, EC 1.11.1.7), peroxidase do ascorbato (APX, EC 1.11.1.11). Os extratos utilizados para determinação da atividade das enzimas foram obtidos a partir da homogeneização de 0,3g de embriões previamente pesados em balança analítica de precisão, na presença de 2mL de tampão fosfato de potássio 0,1M, pH 6,8, ácido etileno diaminotetracético (EDTA) 0,1mM, fluoreto de fenilmetilsulfônico (PMSF) 1mM e polivinilpirrolidona (PVPP) 1% (p/v) (Peixoto et al., 1999). O homogeneizado foi centrifugado a 12.000 rpm durante 15 minutos a 4 °C, e o sobrenadante utilizado como extrato bruto na determinação das atividades enzimáticas, avaliados em quatro repetições de cada tratamento.

2.2.8.2. Atividade da catalase (CAT)

Foi extraída em TFK 100 mM (pH 7,0); acrescentado de 2 mM de EDTA; 0,1% (v/v) de Triton X-100; 0,1% (V/V) de 2-Mercaptoetanol; 20 mM de ascorbato; 30 mg de PVP. Uma alíquota de 20 µL do sobrenadante obtido após centrifugação do homogenato a 15.000 g, por 15 min a 4°C, foi utilizada para as reações. O meio de reação (3 mL) continha TFK 50 mM (pH 7,0) e H₂O₂ 12,5 mM; e a reação foi iniciada pela adição de 20 µL de extrato. A atividade da CAT foi determinada pelo monitoramento do decréscimo da ABS a 240 nm (HAVIR; McHALE, 1987) e para os cálculos foram considerado que uma unidade de APX é a quantidade de enzima capaz de oxidar 1µmol de H₂O₂ min⁻¹. A dosagem de proteínas para os cálculos das atividades enzimáticas da SOD, APX e CAT foi realizada segundo Bradford (1976).

2.2.8.3. Atividade da peroxidase (POX)

A atividade das peroxidases foi determinada pela adição do extrato enzimático bruto ao meio de reação constituído de tampão fosfato de potássio 25 mM, pH 6,8, pirogalol 20 mM e H₂O₂ 20 mM (KAR; NISHRA, 1976). A produção de purpurogalina foi determinada em leitor de microplaca (Multiskan GO, Thermo Scientific, Waltham,

EUA) pelo incremento da absorvância durante o primeiro minuto de reação a 420 nm, a 25 °C. A atividade enzimática foi calculada utilizando-se o coeficiente de extinção molar de 2,47 mM⁻¹ cm⁻¹ (CHANCE; MAEHLEY, 1955) e expressa em μmol de purpurogalina min⁻¹ mg⁻¹ proteína.

2.2.8.4. Atividade da peroxidase do ascorbato (APX)

Foi extraída em TFK 50 mM (pH 7,0); acrescido de 2 mM de EDTA; 0,1% (v/v) de Triton X-100; 0,1% (v/v) de 2-Mercaptoetanol; 20 mM de ascorbato e 30 mg de PVP. Após centrifugação a 15.000 g, por 15 min a 4°C, o sobrenadante coletado e uma alíquota de 50 μL do extrato enzimático utilizada na reação. A atividade da APX foi acompanhada pelo decréscimo da ABS a 290 nm em um meio de reação constituído de TFK 50 mM (pH 7,0); 0,1 mM de H₂O₂; 0,5 mM de ascorbato e 50 μL do extrato enzimático (NAKANO; ASADA, 1981). Para os cálculos, uma unidade de APX é a quantidade de enzima capaz de oxidar 1 μmol de ascorbato min⁻¹.

2.2.8.5. Determinação das proteínas totais

Foi determinada pelo método proposto por Bradford (1976). Foi utilizado o mesmo extrato usado para a determinação da atividade enzimática da PPO, utilizando albumina sorbovina (ASB) como padrão. As amostras foram colocadas em microtubos em banho de gelo para posterior diluição (1:9), sendo 100 μL de extrato em 900 μL de água destilada. Depois, retirada uma alíquota de 50 μL dessa solução e junto a 50 μL de água destilada e 1 mL de reagente de Bradford, foi realizada a leitura de absorvância em espectrofotômetro a 595 nm.

2.3. Análise estatística

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado. Para a qualidade do fruto, foram utilizados 10 repetições, sendo um fruto por parcela, já para a qualidade fisiológica de sementes foram utilizadas 04 repetições com 50 sementes. Os dados obtidos nos testes de avaliação da qualidade das sementes foram submetidos à análise de variância, em esquema fatorial 2x3, sendo dois estádios de maturação e três períodos de armazenamento pós-colheita dos frutos. As médias dos tratamentos referentes aos estádios de maturação foram comparadas pelo teste F (p ≤ 0,05). As

médias referentes aos períodos de armazenamento pós-colheita dos frutos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As análises foram realizadas utilizando-se software RBIO (Biometria no R) (BHERING, 2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Qualidade do fruto

Para a firmeza do fruto (Tabela 1), observa-se que não houve interação significativa entre os fatores estudados. No entanto, o armazenamento pós-colheita exerceu influência sobre esta variável, e a partir de 7 dias de armazenamento, frutos no estágio verde/amarelo e amarelo apresentaram redução da firmeza. Quanto aos frutos que não foram submetidos ao armazenamento, observa-se que apresentaram os maiores valores, 104,16N para frutos verde/amarelo e 96,41N para frutos amarelos, o que se deve ao fato de estarem em estágio menos avançado de maturação.

Frutos de maracujazeiro azedo com pouca firmeza, em geral são mais susceptíveis à danos mecânicos, além de sofrerem depreciação de seu valor comercial (RINALDI, et al. 2017). Entretanto, é válido ressaltar que frutos pouco firmes, como os frutos submetidos a 14 dias de armazenamento deste estudo, não inviabilizam a utilização da polpa, nestes casos, a indústria pode aproveitar frutos com essas características, desde que possuam boa qualidade interna.

Quanto ao teor de sólidos solúveis totais (°Brix), foram observadas diferenças significativas apenas para o armazenamento pós-colheita, que promoveu aumento no teor de sólidos solúveis em frutos verde/amarelo, que atingiu valor máximo de 14,16 °Brix, e amarelo, com máximo de 15,26 °Brix, após 14 dias de armazenamento pós-colheita. Estes valores estão acima dos valores requeridos pela agroindústria, que de acordo com Brucker et al. (2002), devem ser superiores a 13 °Brix. Para a indústria, a utilização de frutos com alto teor de sólidos solúveis representa economia, pois quanto maior o teor de sólidos solúveis, menor a quantidade de fruto necessária para produzir determinada quantidade de suco concentrado (TRENTIN et al., 2014).

Tabela 1. Firmeza, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, razão SST/AT, rendimento de polpa e rendimento de suco de frutos de maracujazeiro azedo em dois estádios de maturação e submetidos ao armazenamento pós-colheita

Estádio de maturação	Período de armazenamento pós-colheita (dias)			
	0	7	14	Média
Firmeza (N)				
Verde/amarelo	104,16aA	71,99bA	40,47cA	72,21
Amarelo	96,41aA	61,68bA	41,05cA	63,43
Média	100,28	66,83	40,84	
F(E) = **	F(A) = **	F(E x A) = **	CV(%) = 11,5	
Sólidos solúveis totais (Brix)				
Verde/amarelo	12,39bA	13,13abA	14,16aA	13,22
Amarelo	13,22bA	13,29bA	15,26aA	13,92
Média	12,81	13,21	14,71	
F(E) = **	F(A) = **	F(E x A) = **	CV(%) = 16,5	
Acidez Total Titulável				
Verde/amarelo	3,13aA	1,77bA	1,25bA	2,05
Amarelo	3,16aA	1,39bB	1,47bA	2,00
Média	3,14	1,58	1,36	
F(E) = **	F(A) = **	F(E x A) = **	CV(%) = 21,2	
Razão SST/AT				
Verde/amarelo	4,53cAB	7,21bB	9,81aAB	7,18
Amarelo	4,97bA	9,51aA	11,02aA	8,50
Média	4,75	8,36	10,42	
F(E) = **	F(A) = **	F(E x A) = **	CV(%) = 18,0	
Rendimento de suco (%)				
Verde/amarelo	29,61	37,03	33,19	33,28B
Amarelo	40,57	37,39	46,16	41,37A
Média	35,09	37,21	39,67	
F(E) = **	F(A) = ^{ns}	F(E x A) = ^{ns}	CV(%) = 22,2	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, ^{ns}, não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; E (Estádio de maturação); A (Armazenamento pós-colheita); CV (Coeficiente de Variação).

O maior rendimento de suco (Tabela 1), foi observado em frutos no estágio amarelo, e apesar do armazenamento pós-colheita não ter exercido influência sobre esta variável, aos 14 dias de armazenamento os frutos amarelos atingiram rendimento de suco de 46,16%. Estes resultados concordam com Silva et al. (2008), que observaram que frutos de maracujazeiro azedo colhidos em estágio de maturação mais avançado apresentam maior rendimento de suco.

Com relação a acidez total titulável (ATT), os valores variaram de 1,25 a 3,16 (Tabela 2). As maiores médias foram obtidas em frutos que não foram submetidos ao armazenamento pós-colheita e as menores, em frutos submetidos ao armazenamento pós-colheita. De acordo com Melleti et al. (2005), a baixa acidez total titulável associada a alto teor sólidos solúveis totais, contribui para o aumento da razão SST/AT, permitindo, deste modo, frutos com polpa mais adocicada, que agradam mais o consumidor que faz uso da fruta in natura.

No presente estudo, a maior relação SST/ATT, foi observada em frutos colhidos na coloração amarela. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2005), que em estudo com frutos de maracujazeiro azedo em diferentes estádios de maturação, observaram que a razão SST/AT aumentou de forma significativa quando os frutos foram colhidos mais maduros. Ainda de acordo com Nascimento et al. (2011), essa relação geralmente tende a aumentar com o avanço da maturação devido a redução da acidez em frutos mais maduros.

3.2. Qualidade fisiológica de sementes

Pela Tabela 2, verifica-se que não houve efeito isolado e nem interação significativa entre os fatores estágio de maturação e tempos de armazenamento pós-colheita para as características grau de umidade das sementes, matéria seca de sementes e porcentagem de germinação. Estes resultados indicam que essas variáveis não foram influenciadas pelas mudanças estágio de maturação e nem pelo tempo de armazenamento pós-colheita.

Em relação ao grau de umidade, a ausência de variação significativa entre os tratamentos é considerada normal em frutos carnosos, tal como no maracujá azedo, visto que estes sofrem poucas alterações no grau de umidade, principalmente nos momentos finais da maturação, além disso, há baixo potencial hídrico no interior de frutos carnosos (DEMIR et al., 2002).

Resultados similares foram obtidos por Araújo et al. (2007), que não observaram modificações significativas no grau de umidade em sementes de maracujazeiro azedo extraídas de frutos com 55 e 65 dias após a antese e armazenadas por 7 e 14 dias.

Quanto à matéria seca de sementes, independente do estágio de maturação e do tempo de armazenamento pós-colheita de frutos, não houve modificações

significativas. Provavelmente o fluxo de nutrientes do fruto para as sementes já havia sido paralisado no momento da colheita dos frutos, deste modo, acréscimos significativos não poderiam ser notados mesmo que os frutos fossem submetidos ao tempo extra de armazenamento pós-colheita.

Segundo Salazar e Ramirez (2017), provavelmente sementes com alta capacidade de germinação, como as que foram utilizadas no presente estudo, geralmente apresentam desenvolvimento completo e reservas suficientes para a retomada do crescimento do embrião no momento da colheita dos frutos, o que pode justificar os resultados obtidos para esta variável, que apresentou médias superiores a 83%.

Tabela 2. Grau de umidade das sementes, matéria seca de sementes e germinação de sementes de *P. edulis* extraídas de frutos em dois estádios de maturação e submetidos ao armazenamento pós-colheita

Estádio de maturação	Período de armazenamento pós-colheita (dias)			
	Grau de umidade das sementes (%)			
	0	7	14	Média
Verde/Amarelo	24	23	24	23,7
Amarelo	23	27	24	24,6
Média	23,5	25	24	
F(E) = ^{ns}	F(A) = ^{ns}		F(E x A) = ^{ns}	CV(%) = 12,1
Massa seca de sementes (mg.semente ⁻¹)				
Verde/Amarelo	639	599	594	611
Amarelo	646	630	591	622
Média	644	614	615	
F(E) = ^{ns}	F(A) = ^{ns}		F(E x A) = ^{ns}	CV(%) = 13,5
Germinação (%)				
Verde/Amarelo	91,5	91,5	92	91,7
Amarelo	92	83	87	87,3
Média	91,8	87,3	89,5	
F(E) = ^{ns}	F(A) = ^{ns}		F(E x A) = ^{ns}	CV(%) = 9,8

^{ns}, não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; E -Estádio de maturação, A - Armazenamento pós-colheita e CV - Coeficiente de Variação.

Vale ressaltar ainda, que mesmo não ocorrendo diferenças significativas para peso de matéria seca e germinação, outras modificações fisiológicas e bioquímicas podem ocorrer nas sementes, como será mostrado em variáveis apresentadas adiante.

Pela primeira contagem de germinação, observa-se que sementes de frutos verde/amarelo apresentaram aumento na qualidade fisiológica apenas depois de 14 dias de armazenamento pós-colheita. Por sua vez, em sementes de fruto amarelo, os benefícios do armazenamento pós-colheita foram notados desde os 7 dias de armazenamento e, aos 14 dias, atingiu média de 69% de germinação na primeira contagem (Tabela 3).

A germinação na primeira contagem é um importante indicativo da velocidade de germinação. Deste modo, estes resultados indicam que o armazenamento pós-colheita do fruto foi benéfico para aumento do vigor de sementes de maracujazeiro azedo e contribuiu para o aumento da velocidade da germinação, permitindo a obtenção de plântulas em menor espaço de tempo. Esta característica é bastante interessante para a produção de mudas de maracujazeiro azedo, visto que sua germinação é relatada na literatura como lenta e desuniforme.

Não houve interação significativa entre os fatores para o envelhecimento acelerado, porém foi possível constatar que o vigor das sementes de fruto amarelo aumentou quando foram submetidos ao armazenamento pós-colheita, atingindo valores máximos após 14 dias de armazenamento pós-colheita do fruto.

Quanto ao índice de velocidade de emergência, sementes de fruto verde/amarelo apresentaram menor índice quando foram extraídas de frutos armazenados por 14 dias. Já a porcentagem de emergência de sementes de frutos verde/amarelo não apresentou diferenças significativas entre os diferentes tempos de armazenamento pós-colheita. Por sua vez, sementes de fruto amarelo apresentaram aumento do índice de velocidade de emergência e decréscimo na porcentagem de emergência, quando obtidas de frutos armazenados por 14 dias.

O efeito benéfico do armazenamento pós-colheita do fruto também foi observado em maracujá azedo (NEGREIROS et al., 2006) e em outras espécies de frutos carnosos, como em tomate (ROCHA et al., 2018; SINGKAEW et al., 2017) e mamão (DIAS et al., 2015). Quanto aos estádios de maturação, sementes extraídas de frutos na coloração amarela, em geral apresentaram maior vigor que sementes de fruto verde. Estes resultados concordam com os resultados obtidos por Salazar e Ramizez (2017) em estudos com sementes de frutos de granadilha e com Aguacia et al. (2015) com sementes de maracujazeiro azedo, que encontraram o melhor desempenho em sementes colhidas de frutos na coloração amarela.

Tabela 3. Primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, índice de velocidade de emergência e emergência de plântulas de sementes de *P. edulis* extraídas de frutos em diferentes estádios de maturação e submetidos ao armazenamento pós-colheita.

Estádio de maturação	Período de armazenamento pós-colheita (dias)			
	Primeira contagem de germinação (%)			
	0	7	14	Média
Verde/amarelo	11,00Ab	13,50Bb	69,00 Aa	31,16
Amarelo	6,00Ab	46,00 Aa	54,00 Aa	35,33
Média	8,50	29,70	61,50	
F(E) = **	F(A) = **	F(E x A) = **	CV(%) = 15,80	
	Envelhecimento acelerado (%)			
Verde/amarelo	2,00	27,30	39,33	23,00B
Amarelo	19,30	39,30	60,00	39,50A
Média	10,00c	33,00 b	50,00a	
F(E) = **	F(A) = **	F(E x A) = ns	CV(%) = 11,50	
	Índice de velocidade de emergência			
Verde/amarelo	1,64 Aab	2,21 Aa	1,28 Bb	1,71
Amarelo	1,68 Aa	1,88 Aa	2,54 Aa	2,03
Média	1,66	2,04	1,91	
F(E) = **	F(A) = **	F(E x A) = **	CV(%) = 18,20	
	Emergência de plântulas (%)			
Verde/amarelo	85,50 Aa	91,50Aa	88,50Aa	88,30
Amarelo	90,00 Aa	93,00Aa	66,00Bb	83,00
Média	87,70	92,20	77,25	
F(E) = **	F(A) = **	F(E x A) = **	CV(%) = 9,80	

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, ns, não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; E (Estádio de maturação); A (Armazenamento pós-colheita); CV (Coeficiente de Variação).

Com relação à atividade das enzimas do sistema antioxidante, apresentadas na tabela 4, observa-se que, de modo geral, corroboram com as respostas obtidas nos testes de vigor apresentados anteriormente. A enzima catalase apresentou maior atividade em sementes de fruto amarelo. No entanto, quando frutos verde/amarelo foram armazenados por 14 dias, as sementes apresentaram aumento significativo na atividade desta enzima, atingindo médias semelhantes às sementes de fruto amarelo extraídas de frutos com 14 dias de armazenamento.

Tabela 4. Atividade das enzimas catalase, ascorbato peroxidase, e peroxidase em sementes de *P. edulis* extraídas de frutos em dois estádios de maturação e submetidos ao armazenamento pós-colheita

Estádio de maturação	Período de armazenamento pós-colheita (dias)			
	Catalase ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ proteína)			
	0	7	14	Média
Verde/amarelo	11,40Bb	12,90Bb	19,20Aa	14,50
Amarelo	19,20Aa	21,60Aa	20,10Aa	20,30
Média	15,30	17,20	19,65	
F(E) = **		F(A) = **		F(E x A) = **
				CV(%) = 9,13
	Ascorbato peroxidase ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ proteína)			
Verde/amarelo	0,012	0,015	0,020	0,016 b
Amarelo	0,020	0,034	0,033	0,029 a
Média	0,016b	0,024 a	0,026 a	
F(E) = **		F(A) = **		F(E x A) = ^{ns}
				CV(%) = 14,3
	Peroxidase ($\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg}$ proteína)			
Verde/amarelo	0,114	0,224	0,220	0,185 b
Amarelo	0,240	0,334	0,382	0,318 a
Média	0,177	0,280	0,301	
F(E) = **		F(A) = ^{ns}		F(E x A) = ^{ns}
				CV(%) = 18,1

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; **, significativo a 5% de probabilidade pelo teste Tukey; ^{ns}, não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; E (Estádio de maturação); A (Armazenamento pós-colheita).

Segundo Sharma et al. (2012), a CAT atua efetivamente na remoção do peróxido de hidrogênio (H_2O_2), um dos produtos tóxicos liberados no metabolismo oxidativos. Deste modo, a alta atividade da CAT pode ser indicadora do vigor das sementes, uma vez que sementes com sistema de defesa eficiente reagem melhor a aos estresses oxidativos que podem provocar deterioração nas sementes.

Não houve interação significativa entre os fatores para a enzima APX. Sementes de fruto amarelo apresentaram maior atividade que sementes de fruto verde/amarelo. O armazenamento pós-colheita do fruto por 7 e 14 dias mostrou-se igualmente benéfico para o aumento da atividade desta enzima.

Quanto à enzima POX, houve efeito significativo apenas para o estágio de maturação, com maior atividade em sementes de fruto amarelo. A POX apresenta papel importante no metabolismo das sementes, pois faz uso de peróxidos como acceptor de hidrogênio, contribuindo para o aumento dos mecanismos de defesa e prevenção da perda de qualidade das sementes. Deste modo, a menor atividade desta enzima, tal como ocorreu em sementes de fruto verde/amarelo, pode indicar menor vigor das sementes.

Na tabela 5, estão apresentadas as médias de germinação de sementes de maracujazeiro submetidas ao armazenamento. Os resultados demonstram que sementes de frutos na coloração verde/amarelo em geral, até os 120 dias de armazenamento não apresentaram redução porcentagem média de germinação. Já aos 360 dias, a germinação de sementes de frutos armazenados por 7 e 14 dias reduziu significativamente. Por outro lado, sementes de fruto amarelo mantiveram o potencial germinativo mesmo após um longo período de armazenamento.

Tabela 5. Porcentagem de germinação de sementes de maracujazeiro azedo em dois estádios de maturação, três tempos de armazenamento pós-colheita do fruto e submetidas ao armazenamento.

Estádio de maturação	Tempo de armazenamento pós-colheita de frutos (dias)			
	0	7	14	
Verde/amarelo	0	91,5a	91,5a	92,0a
	120	94,0a	99 a	96,0a
	360	80,0b	65,5b	79,0b
Amarelo	0	92,0a	83,5b	87,0a
	120	98,0a	92,0a	93,0a
	360	88,0a	87,0a	90,0a

CV(%) = 9,13

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

É válido ressaltar que não foi possível estabelecer interação entre os fatores estudados, mas que a germinação em sementes de fruto amarelo, avaliada aos 360 dias de armazenamento, apresentou médias superiores em relação à porcentagem de germinação de sementes de fruto verde/amarelo, indicando que este estágio favorece a conservação das sementes por maior período.

2. CONCLUSÕES

Frutos de maracujazeiro azedo submetidos ao armazenamento pós-colheita obtiveram menor firmeza. O teor de sólidos solúveis totais, a acidez titulável e a razão ATT/SST apresentaram melhoria após o armazenamento pós-colheita do fruto.

O rendimento de suco foi superior em frutos colhidos na coloração amarela.

Frutos colhidos na coloração amarela proporcionam sementes com maior qualidade fisiológica e maior atividade de enzimas do sistema antioxidante, que sementes obtidas de frutos verde/amarelo.

A germinação de sementes de fruto verde/amarelodiminui após 120 dias de armazenamento, enquanto a germinação de sementes de fruto amarelo permanece constante mesmo após 360 dias de armazenamento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, S. P. M.; PEIXOTO, J. R. ; JUNQUEIRA, N. T. V.; SOUSA, M. A. F. Características físico-químicas de cinco genótipos de maracujazeiro-azedo cultivados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p.487- 487-491, 2009.

ABUD, H. F.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; ARAUJO, A. V.; PINTO, C. M. F. Qualidade fisiológica de sementes das pimentas malagueta e biquinho durante a ontogênese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n.12, p. 1546-1553, 2013.

AGUACIA, L. M.; MIRANDA, D.; CARRANZA, C. Effect of fruit maturity stage and fermentation period on the germination of passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) and sweet granadilla seeds (*Passiflora ligularis* Juss). **Agronomía Colombiana**.v. 33, n. 3, p. 305-314, 2015.

ARAUJO, E. C.; SILVA, R. F.; VIANA, A. P.; SILVA, M. V. Estádio de maturação e qualidade de sementes após repouso de frutos de maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 3, p. 67-76, 2007.

BANDEIRA, J. M.; MARINI, P.; BORBA, I. C. G.; MARTINS, A. B. N.; AMARANTE, L.; MORAES, D. M.; Antioxidative metabolism: a tool to detects mall differences in the vigor of soybean seeds. **Iheringia Serie Botanica**, v. 69, n. 2, p. 285-292, 2014.

BATTISTUS, A. G.; FUCHS, F.; DE SOUZA, R. F. B.; MALAVASI, M. M.; DRANSKI, J. A. L.; RAMPIM, L.; BULEGON, L. G.; GUIMARÃES, V. F.; MORANZA, T. M.; MULLER, M. A. E LIMA, P.R. - Physiological maturity of seeds and colorimetry of yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*Degener). **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 40, p. 3018-3024, 2014.

BORGES, A. L. e LIMA, A. D. A. Maracujazeiro. Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil. Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical**, v. 1, p. 166-181, 2009.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of proteins utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1, p. 248-254, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, p. 365, 2009.

CAIXETA, F.; VON PINHO, E. V. R.; GUIMARÃES, R. M.; PEREIRA, P. H. A. R.; DIAS, D. C. F. S.; RIBEIRO, F. P.; DIAS, L. A. S.; SILVA, D. H.; VIDIGAL, D. S. Tomato seed quality in relation to fruit maturation and post-harvest storage. **Seed Science and Technology**, v. 34, n. 3, p. 691-699, 2006.

CHANCE, B.; MAEHLY, A. C. [136] Assay of catalases and peroxidases. **Methods in Enzymology**, v. 2, n. 1, p. 764–775, 1955.

COSTA, C. J.; CARMONA, R.; NASCIMENTO, W. M. 2006. Idade e tempo de armazenamento de frutos e qualidade fisiológica de sementes de abóbora híbrida. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 127-132, 2006.

DEMIR, I.; MAVI, K.; SERMENLI, T.; OZCOBAN, M. Seed Development and Maturation in Aubergine (*Solanum melongena* L. **Gartenbauwissenschaft**, v. 67, n. 4, p. 148-154, 2002.

DIAS, D. C. F. S.; RIBEIRO, F. P.; DIAS, L. A. S.; SILVA, D. H.; VIDIGAL, D. S. Tomato seed quality in relation to fruit maturation and post-harvest storage. **Seed Science and Technology**, v. 34, n. 3, p. 691-699, 2006.

DIAS, M. A.; DIAS, D. C. F. S.; BORGES, E. E. L.; DIAS, L. A. S. Qualidade e compostos fenólicos em sementes de mamão alterados pela colheita e maturação dos frutos. **Ciência Rural**, v. 45, n. 4, p. 737-743, 2015.

FERREIRA, G. **Propagação do maracujazeiro**. Informe Agropecuário, v. 21, p. 18-24, 2000.

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, n. 1, p. 267-276, 2000.

HAVIR, E. A.; MCHALE, N. A. Biochemical and development al characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. **Plant Physiology**, v. 84, n. 2, p. 450–455, 1987.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Área colhida, produção e produtividade do maracujá em 2016**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 ag. 2017.

KAR, M. ; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenol oxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, v. 57, n. 2, p. 315–319, 1976.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2014.

MELETTI, L. M. M. Avanços na cultura do maracujá no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 1, p. 83-91, 2011.

MELETTI, L. M. M.; OLIVEIRA, J. C.; RUGGIERO, C. **Maracujá. (Série Frutas Nativas, 6)**. Jaboticabal: FUNEP, 2010.

MELETTI, L. M. M.; SOARES-SCOTT, M. D.; BERNACCI, L. C.; PASSOS, I. R. S. Melhoramento genético do maracujá: passado e futuro. In: FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V.; BRAGA, M. F. **Maracujá: germoplasma e melhoramento genético**, Planaltina - Distrito Federal: Embrapa Cerrados, p. 81-106, 2005.

NAKADA, P. G.; OLIVEIRA, J. A.; MELO, L. C.; GOMES L. A. A.; PINHO, E. V. R. V. Desempenho fisiológico e bioquímico de sementes de pepino nos diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 33, n. 1, p. 113-122, 2011.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant and Cell Physiology**, v. 22, n. 5, p. 867–880, 1981.

NEGREIROS, J. R. S.; WAGNER-JÚNIOR, A.; SILVA, J. O. C. Influência do estágio de maturação e do armazenamento pós-colheita na germinação e desenvolvimento inicial do maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 1, p. 21-24, 2006.

ORO, P.; SCHULZ, D. G.; VOLKWEIS, C. R.; BANDEIRA, K. B.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C.; Maturação fisiológica de sementes de *Eugenia pyriformis* Cambess e *Eugenia involucrata* DC. **Biotemas**, v. 25, n. 3, p. 11-18, 2012.

OSIPI, E. A. F.; LIMA, C. B.; COSSA, C. A. Influência de métodos de remoção do arilo na qualidade fisiológica de sementes de *Passiflora alata* Curtis. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. Especial, p. 680-685, 2011.

PRADO, R. M. de; VALE, D. W.; ROMUALDO, L. M. Fósforo na nutrição e produção de mudas de maracujazeiro. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 3, p. 493- 498, 2005.

RINALDI, M. M.; COSTA, A. M.; FALEIRO, F. G.; JUNQUEIRA, N. T. V. Conservação pós-colheita de frutos de *Passiflora setacea* DC. submetidos a

diferentes sanitizantes e temperaturas de armazenamento. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p. 1-12, 2017.

ROCHA, R. G. L.; RIBEIRO, M. C. C.; SILVA, F. D. B. Maturação fisiológica e armazenamento pós-colheita de frutos e sementes de tomate cereja em transição agroecológica. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, n. 1, p. 36-41, 2018.

ROTILI, M. C. C.; VORPAGEL, J. A.; BRAGA, G. C.; KUHN, O. J.; SALIBE, A. B. Atividade antioxidante, composição química e conservação de maracujá-amarelo embalado com filme de PVC. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 942-952, 2013.

SALAZAR, A.; RAMÍREZ, C. Fruit maturity stage and provenance affect seed germination of *Passiflora mollissima* (banana passion fruit) and *P. ligularis* (sweet granadilla), two commercially valuable tropical fruit species. **Seed Science and Technology**, v. 45, n. 2, p. 383-397, 2017.

SANTOS, C. H. S. B. ; CRUZ NETO, A. J.; JUNGHANS, T. G.; JESUS, O. N.; GIRARD, E. A. Estádio de maturação de frutos e influência de ácido giberélico na emergência e crescimento de *Passiflora* spp. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 481-490, 2016.

SCHULZ, D. G.; ORO, P.; VOLKWEIS, C.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Maturidade fisiológica e morfometria de sementes de *Inga laurina* (Sw.) Willd. **Floresta Ambient**, v. 21, n. 1, p. 45-50, 2014.

SHARMA, P.; JHA, A. B.; DUBEY, R. S.; PESSARAKLI, M. Reactive oxygen species, oxidative damage, and antioxidative defense mechanism in plants under stressful conditions. **Journal of Botany**, v. 2012, n. 1, p. 1-26, 2012.

SILVA, M. S.; OLIVEIRA, R. C.; ALMEIDA, R. F.; SÁ JUNIOR, A.; SANTOS, C. M. Aryl removal methods and passion fruit seed positions: Germination and emergence. **Journal of Seed Science**, v. 37, n. 2, p. 125-130, 2015.

SILVA, P. P.; BARROS, A. C. S. A.; DIAS, D. C. F. S.; SEKITA, M. C.; NASCIMENTO, W. M. Biochemical changes in hybrid pumpkin seeds at different stages of maturation. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 3, p. 558-564, 2017.

SILVA, T. V.; RESENDE, E. D.; VIANA, A. P.; ROSA, R. C. C.; PEREIRA, S. M. F.; CARLOS, L. A.; VITORAZI, L. Influência dos estádios de maturação na qualidade do suco do maracujá-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 3, p. 472-475, 2005.

SINGKAEW, J.; MIYAGAWA, S.; ONGS-AREE. C.; VICHITSOONTHONKUL, T.; SOKAOKHA. S.; PHOTCHANACHAI, S. Season, Fruit maturity, and storage affect on the physiological quality of F1 hybrid 'VTM580' tomato seeds and seedlings. **The Horticulture Journal**, v. 86, n. 1, p. 121–131. 2017.

TRENTIN, J. P. R.; DALBOSCO, E. Z.; ALBUQUERQUE, A. N.; KRAUSE, D. P. K.; KRAUSE, W. QUALIDADE DE FRUTOS DE MARACUJÁ AZEDO COMERCIALIZADOS EM TANGARÁ DA SERRA – MT. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer**, v. 10, n. 19, p. 1580, 2014.

VIDIGAL, D. S.; DIAS, D. C. F, NAVEIRA, D. S. P. C.; ROCHA, F, B.; BHERING, M. C. Qualidade fisiológica de sementes de tomate em função da idade e do armazenamento pós-colheita dos frutos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 3, p. 87-93, 2006.

VIDIGAL, D. S.; DIAS, D. C. F. S.; PINHO, E. V. R. V.; DIAS, L. A. S. Alterações fisiológicas e enzimáticas durante a maturação de sementes de pimenta (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 2, p. 129-136, 2009.