

ARIEL SANTIVÁÑEZ AGUILAR

**QUALIDADE FISIOLÓGICA, ENZIMAS ANTIOXIDANTES E TEORES DE
MACRONUTRIENTES EM SEMENTES DE BERINJELA EM FUNÇÃO DE IDADES
E TEMPOS DE REPOUSO PÓS-COLHEITA DOS FRUTOS**

Botucatu

2019

ARIEL SANTIVAÑEZ AGUILAR

**QUALIDADE FISIOLÓGICA, ENZIMAS ANTIOXIDANTES E TEORES DE
MACRONUTRIENTES EM SEMENTES DE BERINJELA EM FUNÇÃO DE
IDADES E TEMPOS DE REPOUSO PÓS-COLHEITA DOS FRUTOS**

Tese de doutorado apresentada à
Faculdade de Ciências Agrônômicas
da Unesp Campus de Botucatu, para
obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Horticultura).

Orientador: Prof. Dr. Antonio Ismael
Inácio Cardoso

Botucatu

2019

A283q

Aguilar, Ariel Santivañez

Qualidade fisiológica, enzimas antioxidantes e teores de macronutrientes em sementes de berinjela em função de idades e tempos de repouso pós-colheita dos frutos / Ariel Santivañez Aguilar. -- Botucatu, 2019

65 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu
Orientador: Antonio Ismael Inácio Cardoso

1. Berinjela. 2. Sementes. 3. Qualidade fisiológica. 4. Bioquímica. 5. Enzimas. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: "QUALIDADE FISIOLÓGICA, ENZIMAS ANTIOXIDANTES E TEORES DE
MACRONUTRIENTES EM SEMENTES DE BERINJELA EM FUNÇÃO DE
IDADES E TEMPOS DE REPOUSO PÓS-COLHEITA DOS FRUTOS"

AUTOR: ARIEL SANTIVANEZ AGUILAR
ORIENTADOR: ANTONIO ISMAEL INACIO CARDOSO

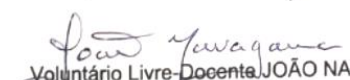
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA
(HORTICULTURA), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. ANTONIO ISMAEL INÁCIO CARDOSO
Horticultura / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP - Câmpus de Botucatu



Prof. Dr. MARCELO DE ALMEIDA SILVA
Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu - UNESP



Voluntário Livre-~~Docente~~ JOÃO NAKAGAWA
Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu



Prof. Dr. FELIPE OLIVEIRA MAGRO
Agronegócio, Abastecimento e Turismo / Prefeitura de Jundiaí/SP



Prof.ª Dr.ª PÂMELA GOMES NAKADA FREITAS
Engenharia Agrônômica / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - FCAT - Unesp

Botucatu, 29 de julho de 2019.

Aos meus amados pais,

Ana Maria e Carlos,

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Aos meus queridos pais, Carlos e Ana Maria, e meus irmãos Marcelo e Jassiel pelo apoio incondicional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)– código financeiro 001, pela bolsa de estudos.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Faculdade de Ciências Agronômicas – FCA, pela oportunidade concedida para realizar o doutorado.

Ao Prof. Dr. Antonio Ismael Inácio Cardoso pela valiosa orientação, dedicação, compreensão, ensinamentos, paciência e exemplo de professor.

A família Ribeiro Morais pela amizade e apoio nos momentos difíceis.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental de São Manuel pela ajuda e aprendizagem recebidos.

Ao Laboratório de Ecofisiologia Aplicada à Agricultura (LECA), por conceder os equipamentos para as análises bioquímicas.

Aos funcionários da Biblioteca pelo apoio recebido.

Aos professores e servidores do departamento de Horticultura pela amizade e ensinamentos.

A todos os amigos da FCA-UNESP que contribuíram na realização da presente pesquisa.

MUITO OBRIGADO A TODOS!

RESUMO

As constantes alterações durante o processo de maturação afetam a qualidade das sementes. Objetivou-se com este trabalho avaliar a qualidade fisiológica, enzimas antioxidantes e teores de macronutrientes em sementes de berinjela em função de idades e tempos de repouso pós-colheita dos frutos. Para isto, foram colhidos frutos aos 40, 50, 60 e 70 dias após a antese (DAA) e mantidos com 0, 10 e 20 dias de repouso pós-colheita. Foram avaliadas as seguintes características nas sementes: porcentagem de sementes beneficiadas, massa de mil sementes, germinação, primeira contagem no teste de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), concentração de proteínas solúveis totais, atividade das enzimas antioxidantes superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase (POX), massa seca de mil sementes e os teores dos macronutrientes das sementes. Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão para verificar o efeito da idade do fruto nas características avaliadas. Para a comparação dos tempos de repouso pós-colheita foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. O repouso pós-colheita (RPC) dos frutos aumenta a qualidade fisiológica (germinação e vigor) de sementes de frutos imaturos, mas não afeta a qualidade de sementes de frutos maduros com 60 DAA. A atividade enzimática da SOD, CAT e POX das sementes diminui com a idade do fruto. O período de repouso pós-colheita de frutos interfere na atividade enzimática (SOD, CAT e POX). O teor de nitrogênio nas sementes diminui com o aumento da idade dos frutos, no entanto, o RPC não afetou o teor de nitrogênio. Para os teores de K, Mg, S e Ca obteve-se interação entre a idade e o repouso pós-colheita dos frutos, porém, em média, os teores destes nutrientes diminuem com o aumento da idade do fruto e com o RPC. A ordem decrescente dos teores dos macronutrientes nas sementes é N>K>P>Mg>S>Ca.

Palavras chaves: *Solanum melongena* L. Atividade enzimática. Maturação. Nutrientes.

ABSTRACT

The constant changes during the maturation process affect the quality of the seeds. The objective of this work was to evaluate the physiological quality, enzymatic activity and macronutrient contents in eggplant seeds obtained from fruits harvested with different ages and post-harvest rest periods. For this, fruits were harvested at 40, 50, 60 and 70 days after anthesis (DAA), with 0, 10 and 20 days of post-harvest rest. The following characteristics were evaluated in the seeds: percentage of seeds processed, weight of one thousand seeds, germination, first count in the germination test, germination speed index (GSI), total soluble protein concentration, activity of the antioxidant enzymes superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and peroxidase (POX), dry weight of one thousand seeds and the contents of the macronutrients of the seeds. The results were submitted to analysis of variance and regression to verify the effect of fruit age on the evaluated characteristics. For the comparison of the post-harvest rest times, the Tukey test at 5% of probability was used. The post-harvest rest (PHR) of the fruits increases the physiological quality (germination and vigor) of seeds of immature fruits, but does not affect the quality of seeds of mature fruits with 60 DAA. Enzyme activity of SOD, CAT and POX of seeds decreases with fruit age. The PHR period of fruits does interfere in the enzymatic activity (SOD, CAT and POX). The nitrogen content in seeds decreased with increasing fruit age, however, the PHR did not affect the nitrogen content. The contents of K, Mg, S and Ca present an interaction between the age and the PHR of the fruits, but, on average, it was observed that the contents of these nutrients decreased with the increase of the age of the fruit and with the PHR. The decreasing order of macronutrient contents in the seeds was N > K > P > Mg > S > Ca.

Key words: *Solanum melongena* L. Enzymatic activity. Maturation. Nutrients.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	15
-------------------------	-----------

CAPÍTULO 1 - GERMINAÇÃO E ATIVIDADE DE ENZIMAS ANTIOXIDANTES EM SEMENTES DE BERINJELA OBTIDAS DE DIFERENTES IDADES E TEMPOS DE REPOUSO PÓS-COLHEITA DOS FRUTOS

1.1	INTRODUÇÃO	19
1.2	MATERIAL E MÉTODOS	20
1.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
1.4	CONCLUSÕES	37
	REFERÊNCIAS	37

CAPÍTULO 2 - TEORES DE MACRONUTRIENTES EM SEMENTES DE BERINJELA COM DIFERENTES IDADES E TEMPOS DE REPOUSO PÓS-COLHEITA DOS FRUTOS

2.1	INTRODUÇÃO	44
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	46
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
2.4	CONCLUSÕES	57
	REFERÊNCIAS	57

CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
REFERÊNCIAS	64

INTRODUÇÃO GERAL

Na produção de sementes de hortaliças de frutos carnosos, um aspecto que pode influenciar a qualidade das sementes é o amadurecimento das sementes após a colheita dos frutos ainda não completamente maduros (CASTRO; GODOY; CARDOSO, 2008). Em espécies como as das famílias Solanaceae e Cucurbitaceae, o armazenamento, ou repouso pós-colheita, dos frutos possibilita que as sementes completem o processo de maturação, atingindo níveis máximos de germinação e vigor (FIGUEIREDO NETO et al., 2015; NAKADA-FREITAS et al., 2018; PEREIRA et al., 2014; RICCI et al., 2013; SANCHEZ et al., 1993; VIDIGAL et al., 2006; 2009).

Durante a maturação da semente há aumento da massa pela síntese e deposição de reservas (BEWLEY et al., 2013), além de alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas (MARCOS FILHO, 2005). As análises bioquímicas no desenvolvimento da maturação das sementes podem ser empregadas como indicativos da maturidade fisiológica. As enzimas são importantes no metabolismo celular, acelerando a velocidade das reações (TAIZ; ZEIGER, 2009), os radicais livres nas células podem gerar hidroperóxidos de lipídios pelas reações oxidativas (APEL; HIRT, 2004; DESAI; KOTTECHA; SALUNKHE, 1997), que em níveis excessivos, as espécies reativas de oxigênio (EROs) podem ocasionar fitotoxicidade e danos ao ácido ribonucleico (RNA) e ácido desoxirribonucleico (DNA) (GILL; TUTEJA, 2010). Para evitar danos, as sementes ativam seu sistema de defesa que podem reduzir estes prejuízos, pela atuação da superóxido dismutase (SOD), da catalase (CAT) e peroxidase (POX) (CARVALHO, 2008; MCDONALD, 1999; SCANDALIOS, 1974; SPANÒ et al., 2011).

A disponibilidade de nutrientes está relacionada com a adequada formação do embrião e do material de reserva, assim como na sua composição química e, conseqüentemente, no metabolismo e no vigor das sementes. Uma semente nutricionalmente equilibrada poderia originar plantas mais vigorosas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). No entanto, a necessidade de nutrientes para a boa formação das sementes pode variar para cada espécie.

Por ser um órgão que se forma no final do ciclo da planta, a semente apresenta composição química diferente em comparação a outros órgãos da planta

(CARDOSO et al., 2016; JACOB-NETO; ROSSETO, 1998), e é capaz de armazenar nutrientes que são utilizados nos estádios iniciais da germinação e também interferem na capacidade de armazenamento (MAGALHÃES et al., 2015).

A maturação das sementes é o estágio em que há maior necessidade de nutrientes pela planta (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012), e nutrientes como o nitrogênio, fósforo e potássio são translocados da parte vegetativa para as sementes em grandes quantidades (MAGRO et al., 2010). No entanto, há carência de pesquisas que expliquem se os nutrientes são translocados do fruto para as sementes após a colheita deixando em repouso antes da extração das sementes.

A identificação das melhores épocas de colheita e períodos de repouso pós-colheita dos frutos é importante para o produtor de sementes de hortaliças, para obtenção de sementes com maior potencial germinativo e vigor, evitando-se colher sementes com baixo vigor provenientes de frutos imaturos ou sementes que entrem num processo de deterioração em frutos muito maduros.

CAPÍTULO 1

Germinação e atividade de enzimas antioxidantes em sementes de berinjela obtidas de diferentes idades e tempos de repouso pós-colheita dos frutos

RESUMO

As constantes alterações durante o processo de maturação afetam a qualidade das sementes. Monitorar as mudanças fisiológicas e atividade de enzimas antioxidantes é uma estratégia para definir o ponto de colheita na máxima qualidade fisiológica. Objetivou-se neste trabalho avaliar a qualidade fisiológica e a atividade de enzimas antioxidantes de sementes de berinjela obtidas de frutos colhidos com diferentes idades e períodos de repouso pós-colheita dos frutos. Para isto, foram colhidos frutos aos 40, 50, 60 e 70 dias após a antese (DAA) e mantidos por 0, 10 e 20 dias de repouso pós-colheita. Foram avaliadas as seguintes características nas sementes: massa de mil sementes, porcentagem de sementes beneficiadas, germinação, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), concentração de proteínas solúveis totais e atividade das enzimas antioxidativas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase (POX). Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão para verificar o efeito da idade do fruto nas características avaliadas. Para a comparação dos tempos de repouso pós-colheita foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. O repouso pós-colheita dos frutos aumentou a massa de mil sementes, a porcentagem de sementes beneficiadas, teor de proteína e a qualidade fisiológica das sementes apenas de frutos mais novos (40 e 50 DAA). Houve aumento na qualidade fisiológica das sementes até cerca de 58 a 67 DAA (com menor idade necessitou maior período de repouso pós-colheita dos frutos), com redução após estas idades. Sementes imaturas e/ou em processo de deterioração apresentaram maior atividade enzimática da SOD, CAT e POX. Sementes com maior qualidade fisiológica apresentam menor atividade enzimática da SOD, CAT e POX e a atividade destas enzimas pode ser utilizada como indicativo de qualidade fisiológica nas sementes de berinjela.

Palavras chaves: *Solanum melongena* L. Vigor. Maturação. Atividade enzimática. Superóxido dismutase. Catalase. Peroxidase.

Germination and activity of antioxidant enzymes in eggplant seeds obtained from different ages and postharvest resting times

SUMMARY

The constant changes of the seed during the maturation process affect the quality of the seeds. Monitoring physiological and biochemical changes is a strategy to define the harvest point at the highest physiological quality. The objective of this study was to evaluate the physiological quality and enzymatic activity of eggplant seeds obtained from fruits harvested with different ages and post-harvest rest periods. For this, fruits were harvested at 40, 50, 60 and 70 days after anthesis (DAA) and maintained at 0, 10 and 20 days of post-harvest rest. The following characteristics were evaluated in the seeds: weight of one thousand seeds, percentage of seeds processed, germination, first count in the germination test, germination speed index (GSI), total soluble protein concentration and antioxidant enzyme activity superoxide dismutase (SOD) catalase (CAT) and peroxidase (POX). The results were submitted to analysis of variance and regression to verify the effect of fruit age on the evaluated characteristics. For the comparison of the post-harvest rest times, the Tukey test at 5% of probability was used. Post-harvest period of fruits increases the weight of one thousand seeds, the percentage of seeds processed, the protein content and the physiological quality of the seeds of the youngest fruits (40 and 50 DAA). There is an increase in the physiological quality of seeds around 58 to 67 DAA, with decrease after these ages. Immature and/or deteriorating seeds show higher enzymatic activity of SOD, CAT and POX. Seeds with higher physiological quality have lower enzymatic activity of SOD, CAT and POX and the activity of these enzymes can be used as indicative of physiological quality in eggplant seeds.

Key words: *Solanum melongena* L. Vigor. Maturation. Enzymatic activity. Superóxido dismutase. Catalase. Peroxidase.

1.1 INTRODUÇÃO

A berinjela (*Solanum melongena* L.), espécie pertencente à família Solanaceae, é uma cultura adaptada a ambientes quentes e úmidos (GÜRBÜZ et al., 2018), sendo o crescimento interrompido a temperaturas abaixo de 10-12 °C, sendo sensível à geada (CONCELLÓN; AÑÓN; CHAVES, 2005; GÜRBÜZ et al., 2018; PADMANABHAN; CHEEMA; PALIYATH, 2016). Apresenta haste ereta, com flores hermafroditas presentes individualmente ou em grupos de duas ou mais flores, o formato do fruto pode ser redondo, ovoide, cilíndrico ou alongado, e a cor do fruto também varia podendo ser verde, branco, violeta, roxo, preto ou laranja (PADMANABHAN; CHEEMA; PALIYATH, 2016).

O fruto é colhido e consumido imaturo, antes da maturação das sementes (GÜRBÜZ et al., 2018), porém, para produção de sementes, o fruto deve ser colhido maduro. No entanto, devido ao crescimento indeterminado, os frutos não amadurecem todos ao mesmo tempo e esta maturação irregular de frutos pode resultar em sementes com diferentes níveis de maturação e, conseqüentemente, qualidade inferior do lote de sementes. A colheita de sementes na época ideal poderá resultar em maior porcentual de germinação e vigor (PÉREZ CAMACHO et al., 2012).

Na produção de sementes de hortaliças de frutos carnosos um aspecto que pode influenciar a qualidade das sementes é realizar o amadurecimento das sementes após a colheita dos frutos ainda não completamente maduros (CASTRO; GODOY; CARDOSO, 2008). Em espécies como as das famílias Solanaceae e Cucurbitaceae, o armazenamento, ou repouso pós-colheita, dos frutos possibilita que as sementes completem o processo de maturação, atingindo níveis máximos de germinação e vigor (FIGUEIREDO NETO et al., 2015; NAKADA-FREITAS et al., 2018; PEREIRA et al., 2014; RICCI et al., 2013; SANCHEZ et al., 1993; VIDIGAL et al., 2006; 2009).

Barbedo et al. (1994) e Castro; Godoy; Cardoso (2008) afirmam que o adequado emprego deste repouso pode permitir colheitas precoces de frutos, diminuindo o tempo de exposição dos frutos e sementes às intempéries climáticas, bem como ao ataque de insetos e microrganismos, sendo que nesse período de repouso a semente amadurece dentro do fruto colhido, melhorando sua qualidade fisiológica.

A qualidade das sementes está diretamente relacionada ao momento de colheita, pois quando colhidas em épocas inadequadas, imaturas ou colhidas após a completa maturidade, geralmente, possuem menor percentual de germinação e vigor, se comparadas às sementes maduras. Durante a maturação da semente há aumento da massa pela síntese e deposição de reservas (BEWLEY et al., 2013), além de ocorrer alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas (MARCOS FILHO, 2015).

As análises bioquímicas no desenvolvimento da maturação das sementes podem ser empregadas como indicativos da maturidade fisiológica da semente. As enzimas são importantes no metabolismo celular, acelerando a velocidade das reações (TAIZ; ZEIGER, 2009). Os radicais livres nas células podem gerar hidroperóxidos de lipídios pelas reações oxidativas (APEL; HIRT, 2004; DESAI; KOTECHA; SALUNKHE, 1997). Níveis excessivos, de espécies reativas de oxigênio (EROs), levam à fitotoxicidade e danos ao ácido ribonucleico (RNA) e ácido desoxirribonucleico (DNA) (GILL; TUTEJA, 2010). Pelas sementes apresentarem um sistema de defesa antioxidante, os danos oxidativos podem ser reduzidos pela atuação da superóxido dismutase (SOD), da catalase (CAT) e peroxidase (POX) (CARVALHO, 2008; MCDONALD, 1999; SCANDALIOS, 1974; SPANÒ et al., 2011).

A identificação da melhor época de colheita e período de repouso pós-colheita dos frutos é importante para o produtor de sementes de hortaliças, para obtenção de sementes com maior potencial germinativo e vigor, evitando-se colher sementes com baixo vigor provenientes de frutos imaturos ou sementes que entrem num processo de deterioração em frutos muito maduros.

Objetivou-se neste trabalho avaliar a germinação, o vigor e a atividade de enzimas antioxidantes em sementes de berinjela obtidas de diferentes idades e tempos de repouso pós-colheita dos frutos.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

As sementes utilizadas neste trabalho foram obtidas de um cultivo realizado na Fazenda Experimental São Manuel (FCA-UNESP), localizada no município de São Manuel-SP. O clima, conforme a classificação de Köppen, é do tipo *Cfa*, clima temperado quente (mesotérmico) úmido (CUNHA; MARTINS, 2009). As

coordenadas geográficas da área são: 22° 46' de latitude sul, 48° 34' de longitude oeste e altitude de 740 m. A temperatura média mensal (°C), umidade relativa (%) e precipitação pluvial acumulada mensal (mm) foi: Agosto= 22,4; 54,1; 0, Setembro= 24,6; 52,1; 27,9, Outubro= 23,3; 72,6; 145,5, Novembro= 22,6; 74,5; 163,3, Dezembro= 24,9; 77,4; 155,6, Janeiro= 23,8; 81,5; 176,0, Fevereiro= 23,45; 76,71; 94,9, respectivamente.

As plantas foram conduzidas em ambiente protegido, em uma estufa tipo arco com 7x20 m e pé direito de 3 m, coberta com filme de polietileno de baixa densidade com 150 µm de espessura, com as laterais mantidas abertas, permitindo a entrada de insetos polinizadores.

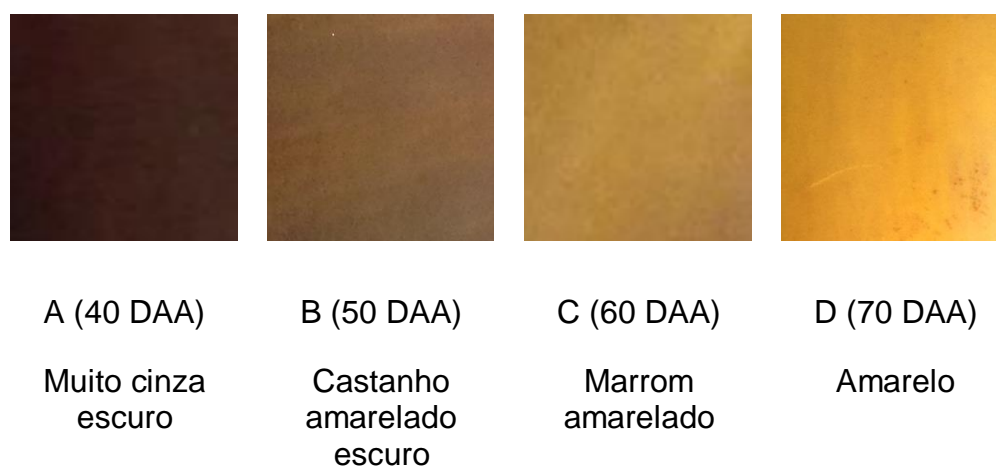
O solo é um Latossolo Vermelho Distrófico Típico (EMBRAPA, 2006). Os resultados obtidos na análise química, na camada de 0-20 cm de profundidade, antes da instalação do experimento foram: $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)} = 6,0$; $\text{M.O.} = 10 \text{ g dm}^{-3}$; $\text{P}_{\text{resina}} = 166 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{H+Al} = 19 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{K} = 4,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 52 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{SB} = 65 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{CTC} = 84 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $\text{V} = 80 \%$. Foi feita adubação de acordo com a recomendação encontrada em Rajj et al. (1997).

Foram utilizadas sementes da linhagem F6RC1 do cruzamento [Nápoli x (Kikushi x Nápoli)] do programa de melhoramento genético da Faculdade de Ciências Agrônômicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP). A semeadura (25/08/2017) foi feita em bandejas de polipropileno com 162 células, contendo substrato comercial Carolina Soil®. As mudas foram transplantadas aos 40 dias após a semeadura no espaçamento de 1,0 x 0,5 m. Foram retirados todos os brotos até o aparecimento da primeira flor. A irrigação foi por gotejamento e os canteiros foram cobertos com plástico preto. A adubação de cobertura foi parcelada em seis épocas a cada sete dias colocando-se, a cada aplicação uma solução líquida contendo 1 g de ureia e 1 g de cloreto de potássio por planta iniciando-se aos 14 dias após o transplante. As plantas foram tutoradas com o auxílio de bambu para evitar o tombamento. Aplicou-se controle fitossanitário com Abamex®, Score® e Dithane NT®. Os demais tratamentos culturais foram realizados de acordo com os recomendados para a cultura (FILGUEIRA, 2013).

Aos 47 dias após o transplante (DAT) iniciou-se a marcação das flores no dia da antese, sendo deixados três frutos por planta e eliminados os demais. Foram

realizadas colheitas de frutos aos 40, 50, 60 e 70 dias após a antese (DAA), que apresentavam diferentes cores pela Escala Munsell de Cores para Solos (Munsell Soil Color Charts, 1954) (Figura 1). Os frutos colhidos de cada idade foram divididos em três grupos, sendo que no primeiro as sementes foram extraídas logo após a colheita, no segundo permaneceram em repouso pós-colheita (RPC) por 10 dias antes da extração das sementes e o terceiro grupo por 20 dias em laboratório de campo fresco e ventilado (média de temperatura de 25 °C), totalizando 12 tratamentos (4 idades x 3 períodos de RPC), com quatro repetições. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições.

Figura 1 - Coloração dos frutos de berinjela colhidos aos 40 (A), 50 (B), 60 (C) e 70 (D) dias após a antese



Em todos os períodos, a extração das sementes obedeceu à mesma metodologia. Os frutos foram abertos manualmente no sentido longitudinal, e as sementes foram lavadas em água corrente e também destilada. Após a lavagem, as sementes foram deixadas para secar à sombra, sobre pratos de argila por cinco dias. Depois as sementes foram embaladas em sacos de papel e acondicionadas em câmara seca (40% de UR e 20 °C). Após as sementes atingirem o equilíbrio de teor de água (8%), foram submetidas a limpeza para retirada das chochas e danificadas, através de aparelho separador por densidade (modelo 'De Leo Tipo 1'), seguindo metodologia de Cardoso et al. (2016).

Foram avaliadas as seguintes características de qualidade física e fisiológica: massa de 1000 sementes, porcentagem de sementes beneficiadas (porcentagem das sementes limpas em relação ao total de sementes antes do beneficiamento), germinação e vigor. A massa de 1000 sementes foi determinada por meio da

pesagem de 1000 sementes (8% de umidade) de cada parcela, utilizando-se contador de sementes eletrônico e uma balança com precisão de quatro casas decimais (BRASIL, 2009).

O teste de germinação foi realizado no laboratório de sementes do Departamento de Horticultura (FCA-UNESP) conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), com utilização de caixa plástica, tipo gerbox em germinador a 20-30 °C, com fotoperíodo ajustado para 8 horas de luz e 16 horas de escuro. Foram avaliadas 200 sementes (quatro repetições de 50 sementes) por tratamento. Avaliou-se a primeira contagem de germinação que foram consideradas as plântulas normais contabilizadas e retiradas aos sete dias após a semeadura e realizou-se a segunda contagem aos 14 dias após a semeadura, sendo consideradas germinadas as plântulas com o aparecimento das folhas cotiledonares, e o índice de velocidade de germinação (IVG) que foi realizado no mesmo teste de germinação com contagens diárias até o 14º dia após a semeadura, e calculou-se o índice conforme estabelecida por Maguire (1962).

As características bioquímicas avaliadas foram determinadas no Laboratório de Ecofisiologia Aplicada à Agricultura (LECA) do departamento de Produção e Melhoramento Vegetal (FCA-UNESP). A concentração de proteínas solúveis totais foi determinado pelo método de Bradford (1976), utilizando-se albumina bovina (BSA) como padrão. A atividade da superóxido dismutase foi determinada de acordo com metodologia proposta por Beauchamp; Fridovich (1973) e a atividade específica da enzima expressa em unidade (U) de SOD mg^{-1} de proteína. A atividade da catalase foi determinada de acordo com Havir e Mchale (1987) e adaptações de Kar e Mishra (1976), os valores foram expressos em U de CAT mg^{-1} de proteína. A atividade da peroxidase foi determinada de acordo com Peixoto et al. (1999) e expressa em U mg^{-1} de proteína.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e aplicado regressão para verificar o efeito da idade do fruto, e teste de Tukey para o repouso pós-colheita (DRPC), ambos a 5% de probabilidade. Os dados foram processados pelo programa estatístico SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

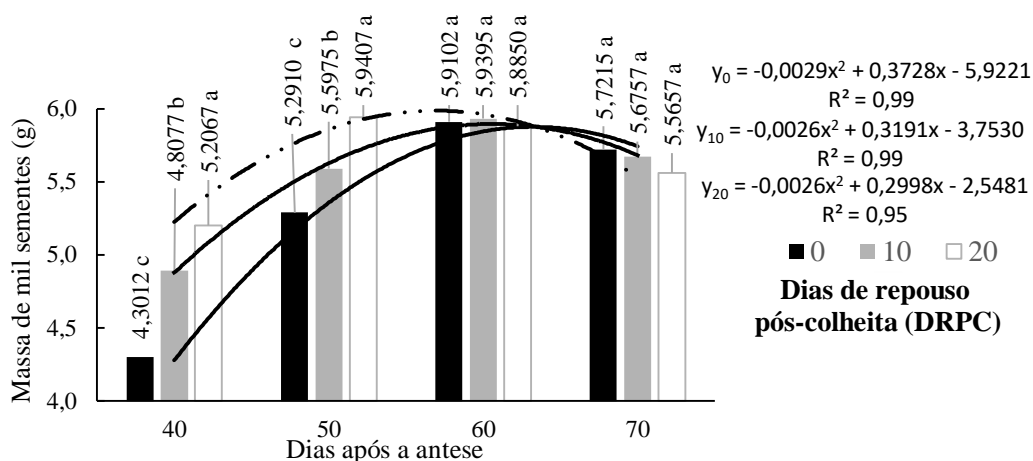
Com a finalidade de estabelecer as relações entre as variáveis de qualidade física, fisiológica e enzimas antioxidantes foi realizada a análise de correlação de

Pearson, a qual indica a existência de correlação positiva ou negativa entre duas variáveis, sendo que foi adotado $\alpha = 5\%$ para verificar a significância. Foi realizado pelo software InfoStat (DI-RIENZO et al., 2011).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a característica massa de mil sementes foi observada interação significativa entre os fatores idade e repouso pós-colheita dos frutos. Independentemente do tempo de repouso dos frutos, os dados ajustaram-se ao modelo quadrático, com máximos valores estimados em 6,05, 6,03 e 6,09 g aos 64, 61 e 58 DAA, para 0, 10 e 20 DRPC, respectivamente (Figura 2), com pequeno decréscimo após estas idades, que pode estar associado ao início da deterioração da semente no fruto. Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), à medida que as sementes amadurecem dentro do fruto (mesmo após a colheita dos frutos), há translocação de reservas do fruto para as sementes, com aumento da massa até um valor máximo que, provavelmente, coincide com a maturidade fisiológica das sementes. Também Nascimento; Lima e Alvares (2000) relataram menor massa das sementes de berinjela do híbrido Ciça quanto menor a idade dos frutos (30 a 40 DAA).

Figura 2 - Massa de mil sementes de berinjela em função da idade e dos períodos de repouso pós-colheita dos frutos



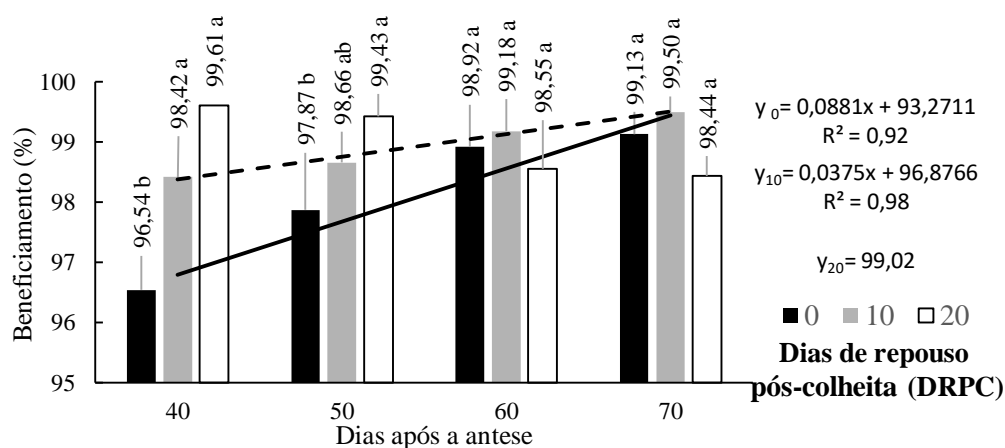
*Médias seguidas por letras distintas minúsculas para cada idade diferem entre si pelo teste de Tukey, à 0,05 de significância. DRPC 0 dias = y_0 —; DRPC 10 dias = y_{10} ----; DRPC 20 dias = y_{20} -●●-

Na comparação entre os períodos de repouso pós-colheita, apenas para as duas primeiras idades (40 e 50 DAA) foi observada inferioridade dos tratamentos de

ausência de repouso (0 DRPC) em relação aos de repouso por 10 ou 20 DRPC, sendo que para frutos com 60 e 70 DAA o repouso pós-colheita não afetou a massa de mil sementes (Figura 2). O desenvolvimento da semente está relacionado com a maturação do fruto (MEDEIROS et al., 2010) e, mesmo que a berinjela seja um fruto não climatérico, isso não significa que as sementes não possam atingir o amadurecimento dentro do fruto colhido (PASSAM; KARAPANOS, 2008; PASSAM et al., 2010).

Para a característica de beneficiamento de sementes também foi observada a interação entre os fatores idade e repouso pós-colheita dos frutos. Houve aumento linear da porcentagem de sementes beneficiadas tanto sem repouso pós-colheita (0 DRPC) como com 10 DRPC (Figura 3), enquanto que com 20 DRPC não houve diferença entre as idades, com média de 99,02% de sementes beneficiadas. Quando as sementes foram extraídas dos frutos logo após a colheita (0 DRPC), a porcentagem de sementes beneficiadas passou de 96,80% para frutos com 40 DAA para 99,44% nos frutos mais velhos (70 DAA), com aumento de 0,088% para cada dia em que o fruto permaneceu na planta. Com 10 DRPC a porcentagem de sementes beneficiadas passou de 98,40% para 99,50% para frutos com 40 e 70 DAA, respectivamente, com aumento médio de 0,037% por dia de permanência na planta.

Figura 3 - Porcentagem de sementes beneficiadas de berinjela em função da idade e dos períodos de repouso pós-colheita dos frutos



*Médias seguidas por letras distintas minúsculas para cada idade diferem entre si pelo teste de Tukey, à 0,05 de significância. DRPC 0 dias = y_0 —; DRPC 10 dias = y_{10} - - - -

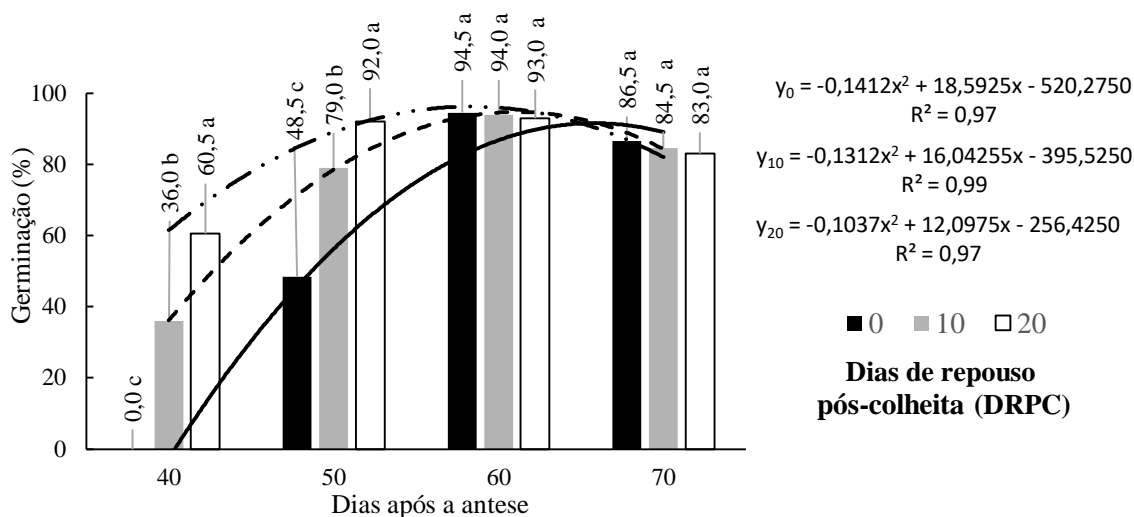
Este aumento de porcentagem de sementes beneficiadas se deve ao processo de maturação da semente, com aumento da massa das sementes em função da idade do fruto (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Com 20 DRPC as sementes dos frutos mais novos continuaram a ganhar massa dentro do fruto e já não diferiram dos frutos mais velhos para a porcentagem de sementes beneficiadas, enquanto que com 10 DRPC a diferença entre a menor idade (40 DAA) e a maior idade (70 DAA) foi menor do que sem repouso pós-colheita, confirmando o acúmulo (translocação) de massa nas sementes que não estavam tão bem formadas nos frutos mais novos durante o repouso pós-colheita.

Quanto ao repouso pós-colheita dos frutos, os resultados para a porcentagem de sementes beneficiadas (Figura 3) se assemelharam aos de massa de mil sementes (Figura 2), ou seja, maiores porcentagens de sementes beneficiadas quanto maior o período de repouso pós-colheita apenas para frutos mais novos (40 e 50 DAA) e ausência de diferença para frutos com 60 e 70 DAA (Figura 3). O beneficiamento das sementes foi feito em um equipamento cujo princípio é a diferença de densidade e, portanto, quando as sementes acumulam mais massa seca com a maturação dos frutos e/ou com o repouso pós-colheita destes, elas ficam mais densas e não são descartadas durante o beneficiamento, aumentando a taxa de aproveitamento.

Para a germinação também houve interação entre os fatores idade e repouso pós-colheita dos frutos. Para a idade dos frutos, os dados se ajustaram ao modelo quadrático, independentemente do período pós-colheita, com máxima germinação estimada em 91,7%, 94,9% e 96,4% aos 67, 61 e 58 DAA, para 0, 10 e 20 DRPC, respectivamente, com pequeno decréscimo após estas idades (Figura 4). Quanto maior o período de repouso, maior o valor da estimativa de máxima germinação e menor a idade para se atingir esta estimativa. Apesar da mesma tendência, quadrática, e de valores máximos não tão diferentes, na ausência de repouso (0 DRPC) a germinação foi nula em frutos com 40 DAA, inferior aos frutos com a mesma idade que foram mantidos em repouso por 10 dias e estes também foram inferiores as sementes de frutos com 20 DRPC. Para frutos com 50 DAA a tendência foi a mesma, ou seja, valores de germinação foram crescentes quanto maior o período de repouso pós-colheita dos frutos. Por outro lado, para frutos com 60 e 70 DAA o repouso pós-colheita não afetou a germinação, ou seja, observou-se para

germinação a mesma tendência já observada para massa de mil sementes (Figura 2).

Figura 4 - Germinação de sementes de berinjela em função da idade e dos períodos de repouso pós-colheita dos frutos



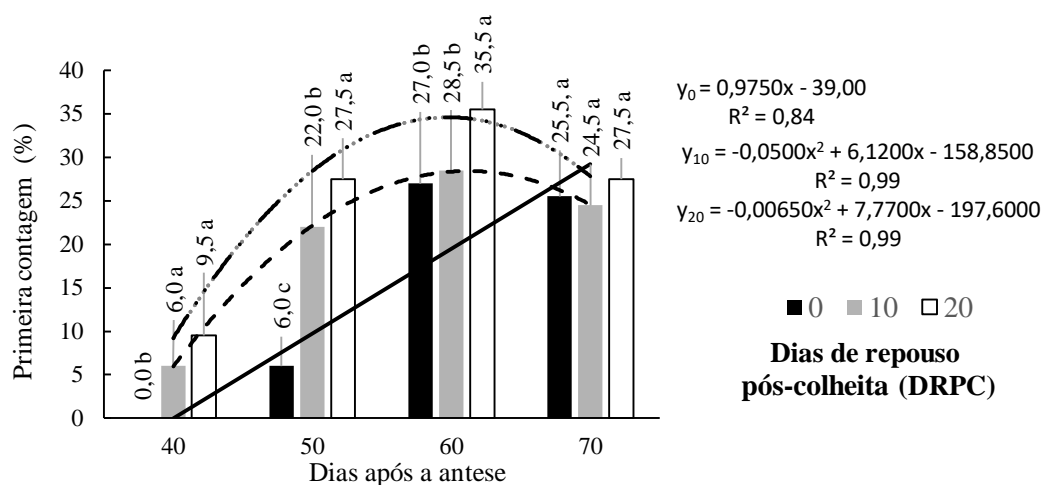
*Médias seguidas por letras distintas minúsculas para cada idade diferem entre si pelo teste de Tukey, à 0,05 de significância. DRPC 0 dias = y_0 —; DRPC 10 dias = y_{10} - - - -; DRPC 20 dias = y_{20} - • • -

A redução da germinação após atingir um ponto de máximo (Figura 4) foi mais pronunciada quando os frutos permaneceram em repouso. Com 20 DRPC a estimativa de máxima germinação foi de 96,4% em frutos com 58 DAA, passando para 83,0% para frutos com 70 DAA, ou seja, redução de 13,4%. Com 10 e 0 DRPC estas reduções foram de 10,2% e 5,1%, respectivamente. Quanto maior o repouso pós-colheita dos frutos a maturidade fisiológica das sementes é atingida em frutos com menor idade. Com isto, processo de deterioração das sementes inicia-se mais cedo, com maior redução no potencial germinativo com o maior período de repouso pós-colheita para frutos maduros (70 DAA). Segundo Welbaum e Bradford (1990), sementes excessivamente maduras podem ter processos de deterioração que ocasionam danos no tegumento e comprometendo a qualidade das sementes. Além disto, quanto maior o período em que os frutos e sementes permanecem no campo, variações climáticas podem causar alterações metabólicas degenerativas reduzindo a qualidade fisiológica das sementes (SILVA et al., 2009).

Frutos com 40 DAA com ou sem repouso pós-colheita e também frutos com 50 DAA com períodos de repouso inferiores a 20 dias, não atingiram a porcentagem mínima de germinação (80%) determinado pelo MAPA, enquanto frutos com 60 e 70 DAA sem importar o repouso pós-colheita foram superiores ao padrão de germinação (Figura 4). Para atingir o padrão mínimo de germinação devem ser colhidos os frutos aos 57, 51 e 46 DAA com 0, 10 e 20 dias de repouso pós-colheita, respectivamente.

Para primeira contagem (germinação aos 7 dias), a interação entre os fatores idade e repouso pós-colheita dos frutos foi significativa. Na ausência de repouso (0 DRPC) observou-se aumento linear com a idade dos frutos, passando de 0% para 29,25% para frutos com 40 e 70 DAA, respectivamente, com aumento de 0,97% na primeira contagem para cada dia que o fruto permaneceu na planta (Figura 5).

Figura 5 - Primeira contagem de germinação de sementes de berinjela, em função da idade e dos períodos de repouso pós-colheita dos frutos



*Médias seguidas por letras distintas minúsculas para cada idade diferem entre si pelo teste de Tukey, à 0,05 de significância. DRPC 0 dias = y_0 —; DRPC 10 dias = y_{10} ----; DRPC 20 dias = y_{20} -●●-

Quando os frutos permaneceram em repouso, os dados da germinação na primeira contagem se ajustaram ao modelo quadrático, com máximas estimativas de 28,4% e 34,6% para frutos com 62 e 60 DAA, com 10 e 20 DRPC, respectivamente (Figura 5).

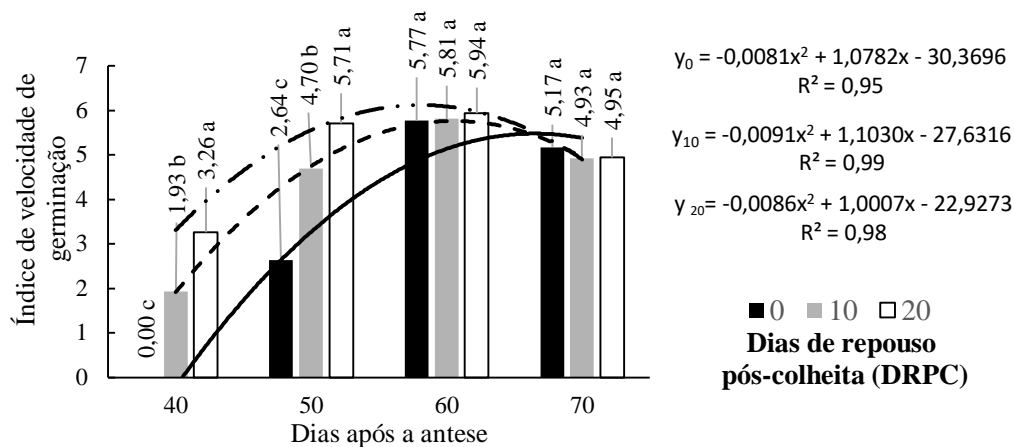
Ao contrário das características anteriormente discutidas (massa de mil sementes, porcentagem de sementes beneficiadas e germinação), foram

observadas diferenças entre os repousos pós-colheita dos frutos para a primeira contagem em frutos com até 60 DAA, sendo que na ausência de repouso (0 DRPC) foram obtidos valores inferiores ao repouso tanto por 10 (somente com 40 e 50 DAA) como por 20 dias (Figura 5). Apenas nos frutos maduros (70 DAA) não foi observada diferença para o repouso pós-colheita dos frutos. Os valores obtidos para germinação na primeira contagem no melhor tratamento foi de 35,5%. Nascimento, Lima e Alvares (2000) relataram 24% na primeira contagem em sementes do híbrido Ciça em frutos com 60 DAA e 15 DRPC. Polverente, Fontes e Cardoso (2005) relataram até 52% na primeira contagem. As diferenças são normais, podendo variar de acordo com as condições ambientais em que as plantas foram cultivadas, com a maturação dos frutos, com o genótipo, dentre outros motivos. Lopes, Silva e Vieira (2013) obtiveram de 18 a 52%, avaliando diferentes lotes de berinjela cv. Roxa Comprida. Não existe padrão mínimo para germinação na primeira contagem, no entanto, quanto mais sementes germinarem aos sete dias, melhor o lote, pois as plântulas ficarão menos tempo suscetíveis ao tombamento de pré e pós emergência (PARADELA; FOLONI, 2001).

Para o IVG os dados para idade dos frutos também se ajustaram ao modelo quadrático, independentemente do período pós-colheita dos frutos, com maior IVG estimado em 5,51, 5,79 e 6,18 aos 67, 61 e 58 DAA, para 0, 10 e 20 DRPC, respectivamente (Figura 6).

Quanto ao período pós-colheita dos frutos, foi observado que quanto maior o período de repouso pós-colheita, para frutos mais novos (40 e 50 DAA) maior o IVG, enquanto que para os frutos mais velhos (60 e 70 DAA) não houve diferença para frutos com ou sem repouso (Figura 6), sendo semelhante ao observado para a germinação (Figura 4) e massa de mil sementes (Figura 2). Nakada-Freitas et al. (2011), em sementes de pepino, e por Ricci et al. (2013), em pimenta 'Jalapeno' relataram resultados semelhantes.

Figura 6 - Índice de velocidade de germinação de sementes de berinjela em função da idade e dos períodos de repouso pós-colheita dos frutos



*Médias seguidas por letras distintas minúsculas para cada idade diferem entre si pelo teste de Tukey, à 0,05 de significância. DRPC 0 dias = y_0 —; DRPC 10 dias = y_{10} ----; DRPC 20 dias = y_{20} -●●-

Eguchi, Oshika e Yamada (1958) observaram maior vigor de sementes de berinjela cv. Kitta de frutos com 49 e 56 DAA, com 21 e 14 dias de repouso pós-colheita dos frutos, respectivamente, totalizando cerca de 70 dias da antese à extração das sementes. Também Ikuta (1981) obteve sementes de berinjela com melhor qualidade com um total de 70 dias, sendo 50 DAA com o fruto na planta e 20 dias de repouso pós-colheita. Nesta pesquisa, os melhores resultados também foram obtidos com frutos apresentando entre 70 e 80 dias da antese até a extração das sementes, pois os melhores resultados foram estimados com frutos tendo entre 58 e 62 DAA e repouso por 20 ou 10 dias. Segundo Barbedo et al. (1997), a combinação entre idade e repouso pós-colheita dos frutos pode variar de acordo com o genótipo, mas estes são dois fatores importantíssimos para a determinação do ponto de colheita em espécies de frutos carnosos. A berinjela é uma espécie de crescimento indeterminado, que apresenta florescimento e frutificação contínuos na planta, o que dificulta a colheita única e a determinação da época ideal de colheita.

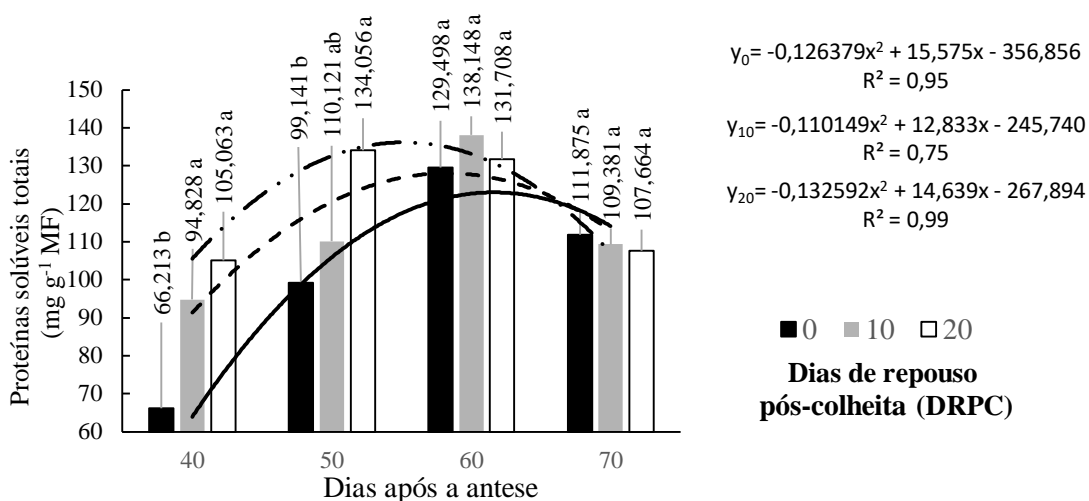
O período de repouso pós-colheita dos frutos é benéfico, pois permite a colheita antecipada e, portanto, redução da exposição dos frutos a fatores climáticos e fitossanitários que possam interferir e comprometer a qualidade das sementes. Efeito benéfico semelhante do repouso pós-colheita foi relatado em outras espécies como tomate (DIAS et al., 2006), quiabeiro (CASTRO; GODOY; CARDOSO, 2008),

pepino (BARBEDO et al., 1997) e abóbora (COSTA; CARMONA; NASCIMENTO, 2006).

Com a colheita de sementes no estágio adequado, foi obtida uma produção de sementes com maior qualidade. O repouso pós-colheita também reduziu as sementes imaturas em colheitas precoces, o que também foi verificado por Vidigal et al. (2009). Além disso, uma semente imatura é mais sensível a injúrias mecânicas durante o beneficiamento, reduzindo sua qualidade e aumentando a suscetibilidade a patógenos após o plantio (LIMA et al., 2013; MACHADO, 2000).

Para a concentração de proteínas solúveis totais também houve interação entre os fatores idade e repouso pós-colheita dos frutos. Para a idade dos frutos, os dados se ajustaram ao modelo quadrático, independentemente do período pós-colheita, com máxima concentração de proteína estimada em 124,45, 128,54 e 137,97 mg g⁻¹ de massa fresca (MF) aos 62, 58 e 55 DAA, para 0, 10 e 20 DRPC, respectivamente, com redução após estas idades (Figura 7).

Figura 7 - Concentração de proteínas solúveis totais em sementes de berinjela, em função da idade e dos períodos de repouso pós-colheita dos frutos



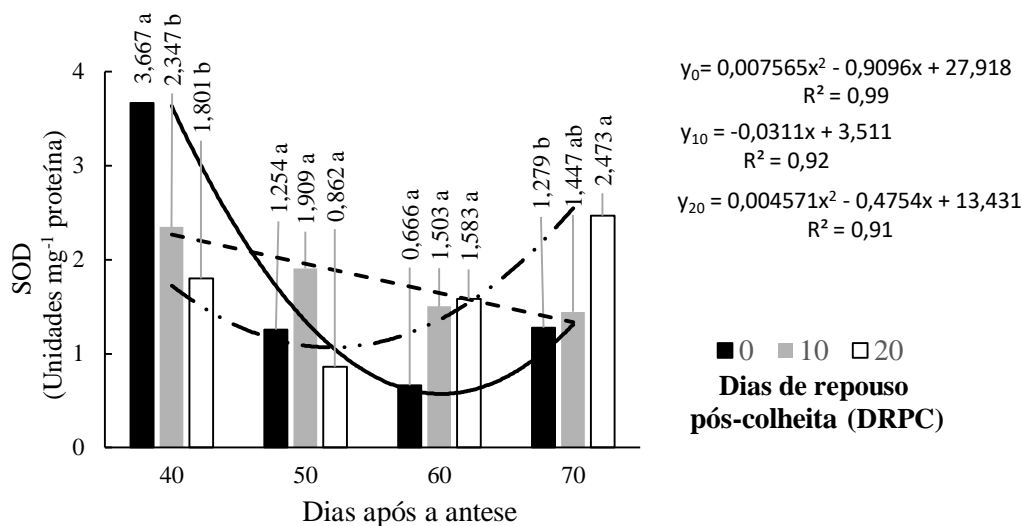
*Médias seguidas por letras distintas minúsculas para cada idade diferem entre si pelo teste de Tukey, à 0,05 de significância. DRPC 0 dias = y₀ —; DRPC 10 dias = y₁₀ - - - -; DRPC 20 dias = y₂₀ - ••• -

Com relação ao período pós-colheita dos frutos, foi observado quanto maior o período pós-colheita de frutos mais novos (40 e 50 DAA), maior a concentração de proteínas, enquanto que não houve diferença para os frutos mais velhos (60 e 70

DAA) com ou sem repouso (Figura 7). Resultado semelhante ao observado para a germinação (Figura 4) e massa de mil sementes (Figura 2).

Na atividade enzimática da superóxido dismutase (SOD) foi observada interação significativa entre os fatores idade e repouso pós-colheita dos frutos. Os dados ajustaram-se ao modelo quadrático, com mínimos valores estimados em 0,575 e 1,070 U mg⁻¹ proteína aos 60 e 52 DAA, para 0 e 20 DRPC, respectivamente (Figura 8), com aumentos após estas idades, que pode estar associado ao início da deterioração da semente no fruto apresentando menor qualidade fisiológica (germinação e IVG) com maior produção de espécies reativas oxidativas (EROs) (BAILLY, 2004). Aos 10 DRPC foi observado diminuição linear com a idade dos frutos, passando de 2,267 para 1,334 U mg⁻¹ proteína para frutos com 40 e 70 DAA, respectivamente, com diminuição de 0,0311 U mg⁻¹ proteína da atividade da SOD para cada dia em que o fruto permaneceu na planta.

Figura 8 - Atividade enzimática da superóxido dismutase (SOD) de sementes de berinjela, em função da idade e dos períodos de repouso pós-colheita dos frutos



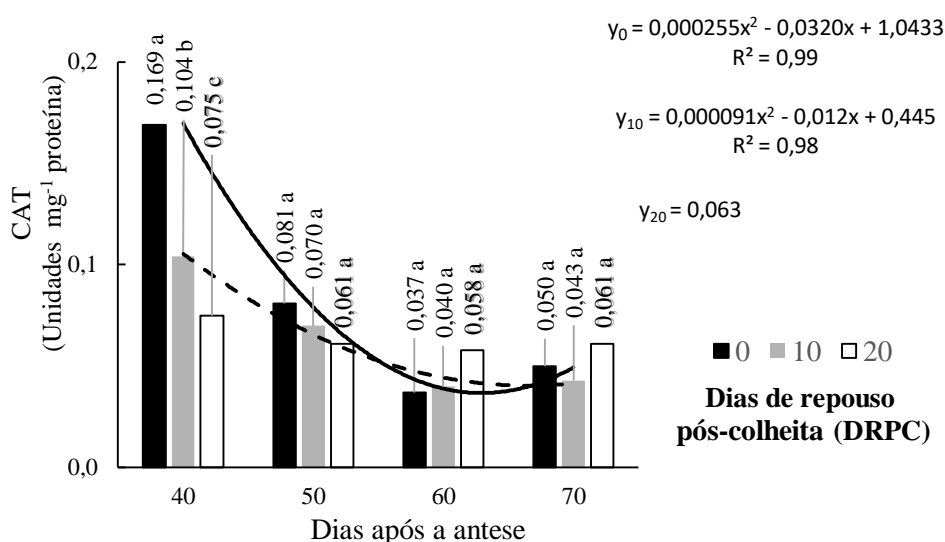
*Médias seguidas por letras distintas minúsculas para cada idade diferem entre si pelo teste de Tukey, à 0,05 de significância. DRPC 0 dias = y_0 —; DRPC 10 dias = y_{10} ----; DRPC 20 dias = y_{20} -.-.-

Maior atividade enzimática da SOD foi observada em frutos novos (40 DAA) devido ao início da atividade metabólica da semente com maior taxa respiratória, porém com aumento na produção de EROs (EL-MAAROUF-BOUATEAU; BAILLY, 2008).

Na comparação entre os períodos de repouso pós-colheita, observou-se maior atividade enzimática da SOD ($3,667 \text{ U mg}^{-1} \text{ proteína}$) em frutos de 40 DAA dos tratamentos com ausência de repouso (0 DRPC) em relação aos com repouso por 10 ou 20 dias, sendo que para frutos com 50 e 60 DAA o repouso pós-colheita não afetou a atividade da SOD (Figura 8). Em frutos mais velhos (70 DAA) com 20 DRPC foi observada maior atividade da SOD ($2,473 \text{ U mg}^{-1} \text{ proteína}$) quando comparadas com frutos sem repouso pós-colheita (0 DRPC).

Na atividade enzimática da catalase (CAT) a interação entre os fatores idade e repouso pós-colheita dos frutos foi significativa (Figura 9). Os dados da atividade da CAT se ajustaram ao modelo quadrático, com mínimas estimativas de $0,039$ e $0,049 \text{ U mg}^{-1} \text{ proteína}$ para frutos com 63 e 66 DAA, aos 0 e 10 DRPC, respectivamente. A atividade da CAT não foi afetada pela idade dos frutos aos 20 DRPC, com média de $0,063 \text{ U mg}^{-1} \text{ proteína}$. Araújo et al. (2018) obtiveram maior atividade da CAT em sementes de pimentas ‘Biquinho’ e ‘Malagueta’ quando colhidas aos 40 DAA, com redução conforme o amadurecimento dos frutos.

Figura 9 - Atividade enzimática da catalase (CAT) de sementes de berinjela, em função da idade e dos períodos de repouso pós-colheita dos frutos



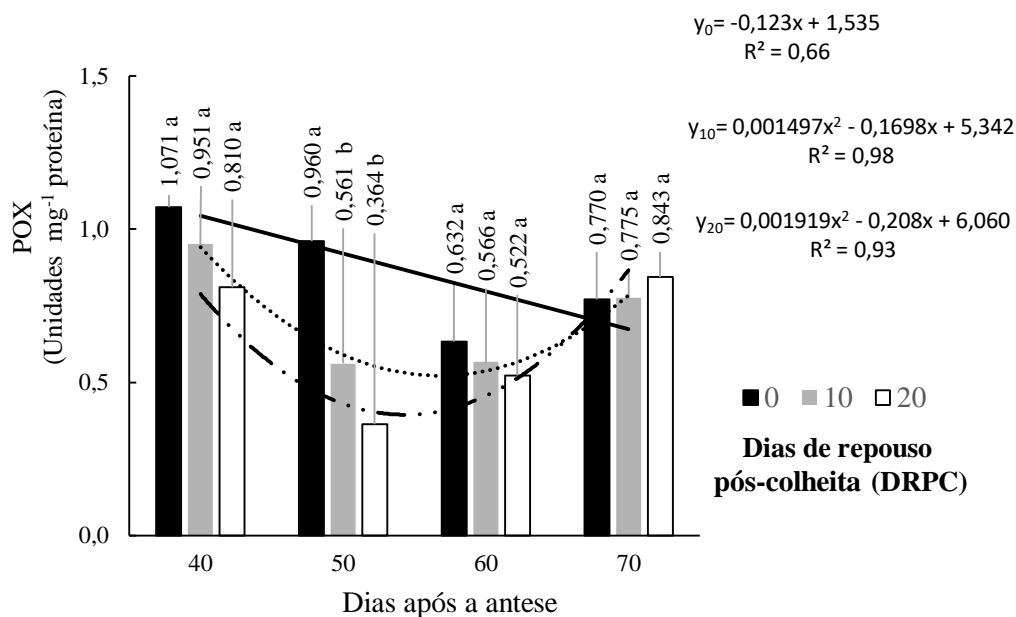
*Médias seguidas por letras distintas minúsculas para cada idade diferem entre si pelo teste de Tukey, à $0,05$ de significância. DRPC 0 dias = y_0 —; DRPC 10 dias = y_{10} - - - -

Diferenças foram observadas entre os repousos pós-colheita dos frutos para a atividade da CAT em frutos com 40 DAA, sendo que na ausência de repouso (0 DRPC) foram obtidos valores maiores que ao repouso tanto por 10 como por 20 dias

(Figura 9). Em frutos maduros (50, 60 e 70 DAA) não foram observadas diferenças para o repouso pós-colheita dos frutos.

Tanto a SOD como a CAT atuam como mecanismo de defesa, sendo a principal função da SOD anular a ação de superóxidos (O_2^-) e também é capaz de evitar a formação de peróxido de hidrogênio (GILL; TUTEJA, 2010), evitando, assim, a oxidação das células (BEWLEY; BLACK, 1994). Após a SOD desencadear o mecanismo de defesa, a CAT “quebra” o peróxido de hidrogênio em água e oxigênio, que são espécies não reativas. No geral, a atividade destas enzimas foram menores nas sementes extraídas de frutos maduros quando comparadas com sementes imaturas, possivelmente relacionada a uma redução no metabolismo ocasionando menor estresse oxidativo (ARAÚJO et al., 2018).

Figura 10 - Atividade enzimática da peroxidase (POX) de sementes de berinjela, em função da idade e dos períodos de repouso pós-colheita dos frutos



*Médias seguidas por letras distintas minúsculas para cada idade diferem entre si pelo teste de Tukey, à 0,05 de significância. DRPC 0 dias = y_0 —; DRPC 10 dias = y_{10} - - -; DRPC 20 dias = y_{20} - · · -

Foi observada a interação significativa entre os fatores idade e repouso pós-colheita dos frutos na atividade da peroxidase (POX). Na ausência de repouso (0 DRPC) observou-se diminuição linear com a idade dos frutos, passando de 1,071 para 0,770 U mg⁻¹ proteína para frutos com 40 e 70 DAA, respectivamente, com diminuição de 0,123 U mg⁻¹ proteína da atividade da POX para cada dia que o fruto

permaneceu na planta (Figura 10). Quando os frutos permaneceram em repouso, os dados da POX se ajustaram ao modelo quadrático, com mínimas estimativas de 0,527 e 0,423 U mg⁻¹ proteína para frutos com 57 e 54 DAA, com 10 e 20 DRPC, respectivamente. Portanto, a atividade desta enzima reduziu durante o processo de maturação das sementes nos frutos com repouso e depois houve acréscimo da atividade desta enzima, sendo que este acréscimo pode estar relacionado ao início do processo de deterioração da semente (MARTINS; NAKAGAWA; RODRIGUES RAMOS, 2011). Nakada-Freitas et al. (2011), em sementes de pepino, encontraram resultados similares, sendo que sementes imaturas apresentaram maior atividade enzimática da POX. Também Caixeta et al. (2014) relacionaram uma forte atividade da POX em sementes imaturas de pimenta 'Malagueta'. A atividade desta enzima é importante no metabolismo da semente, no aumento dos mecanismos de defesa, evitando que radicais livres afetem as membranas celulares (MARCOS FILHO, 2015).

Também foram observadas diferenças entre os repousos pós-colheita dos frutos para POX em frutos com 50 DAA, sendo que na ausência de repouso (0 DRPC) foram obtidos valores superiores ao repouso tanto por 10 como por 20 dias (Figura 10). Nos frutos maduros (60 e 70 DAA) não foram observadas diferenças para o repouso pós-colheita dos frutos.

Quando as sementes foram extraídas logo após a colheita dos frutos (0 DRPC) apresentaram maiores atividades de enzimas antioxidantes (SOD, CAT e POX) na menor idade (40 DAA), quando as sementes ainda estavam no início de maturação, ou seja, no início da atividade metabólica com elevadas taxas de respiração provocando aumento na produção de espécies reativas de oxigênio (EL-MAAROUF-BOUTEAU; BAILLY, 2008). Com o processo de amadurecimento das sementes em frutos com 50 e 60 DAA houve redução na atividade destas enzimas até as sementes atingirem a maturidade fisiológica, com menor produção de EROs que são produtos tóxicos que podem causar danos a nível celular (MITTLER, 2002) pela redução do oxigênio molecular. Após passar o estágio de maturidade fisiológica das sementes de frutos com 70 DAA iniciou-se a deterioração das sementes havendo aumento da atividade destas enzimas. O repouso pós-colheita dos frutos, em geral, reduziu a atividade destas enzimas nas sementes de frutos mais novos, resultados semelhantes aos de germinação e vigor das sementes. No entanto, com

frutos mais velhos (70 DAA) o repouso pode prejudicar a qualidade das sementes e há maior atividade da SOD.

As características de qualidade física e fisiológica de sementes (beneficiamento, massa de mil sementes, germinação, primeira contagem e IVG) apresentaram elevada correlação positiva significativa entre si (Tabela 1), ou seja, quanto maior a massa de mil sementes, maiores a porcentagem de beneficiamento, germinação e vigor. Estes resultados são coerentes, pois, segundo Carvalho e Nakagawa (2012), a germinação e o vigor máximos geralmente são atingidos com o máximo de massa seca das sementes.

Tabela 1 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as características fisiológicas e bioquímicas de sementes de berinjela, em função da idade e dos períodos de repouso pós-colheita dos frutos.

	Benef.	MMS	PC	Germ	IVG	Proteína	SOD	POX	CAT
Benef	1								
MMS	0,84**	1							
PC	0,72**	0,91**	1						
Germ	0,87**	0,98**	0,93**	1					
IVG	0,84**	0,99**	0,96**	0,99**	1				
Proteína	0,80**	0,94**	0,86**	0,92**	0,93**	1			
SOD	-0,78**	-0,82**	-0,57*	-0,77**	-0,75**	-0,80**	1		
POX	-0,70*	-0,84**	-0,80**	-0,81**	-0,84**	-0,89**	0,95**	1	
CAT	-0,90**	-0,94**	-0,81**	-0,95**	-0,93**	-0,86**	0,83**	0,66*	1

** Significativo a $P < 0,01$; * Significativo a $P < 0,05$

Benef. = Beneficiamento; MMS= Massa de mil sementes; PC= Primeira contagem; Germ= Germinação; IVG= Índice de velocidade de germinação.

Correlação negativa significativa foi observada entre as características de qualidade (beneficiamento, massa de mil sementes, germinação e IVG) com a atividade das enzimas SOD, POX, CAT, ou seja, quanto maior a germinação e o vigor, menor a atividade das enzimas antioxidantes. Com o amadurecimento das sementes, ocorre como resposta a ativação dos mecanismos de defesa da semente com a finalidade de anular a ação de superóxidos (O_2^-) e também evitar a formação de peróxido de hidrogênio (GILL; TUTEJA, 2010) evitando a oxidação das células.

A correlação significativa entre atividade das enzimas antioxidantes e as características relacionadas à qualidade das sementes mostraram que a determinação destas atividades pode auxiliar nos estudos sobre maturação das sementes e ao se observar aumento na atividade após um período de redução pode indicar início da deterioração e perda de qualidade das sementes (SAISANTHOSH et al., 2018).

1.4 CONCLUSÕES

O repouso pós-colheita dos frutos de berinjela aumenta a massa de mil sementes, a porcentagem de sementes beneficiadas, teor de proteína e a qualidade fisiológica das sementes apenas de frutos mais novos (40 e 50 DAA).

Há aumento na qualidade fisiológica das sementes de berinjela até cerca de 58 - 67 DAA (com menor idade quanto maior o período de repouso pós-colheita dos frutos), com redução após estas idades.

Sementes imaturas ou em processo de deterioração apresentam maior atividade das enzimas antioxidantes SOD, CAT e POX.

Sementes com maior qualidade fisiológica tem menor atividade enzimática da SOD, CAT e POX.

A atividade das enzimas SOD, CAT e POX pode ser utilizada como indicativo de qualidade fisiológica nas sementes de berinjela.

Para a linhagem F6RC1 utilizada nesta pesquisa, o ideal é colher frutos com a cor marrom amarelado que, nas condições ambientais desta pesquisa, corresponde a 60 DAA atingindo a máxima qualidade fisiológica e máximo teor de proteína, com menores atividades enzimáticas oxidativas (SOD, POX e CAT). Se forem colhidos antes, necessariamente tem que deixar os frutos em repouso pós-colheita por cerca de 20 dias.

REFERÊNCIAS

APEL, K.; HIRT, H. Reactive Oxygen Species: Metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, n. 1, p. 373–399, 2004.

ARAÚJO, R. F. et al. Alterações fisiológicas e atividade de enzimas antioxidantes em

sementes de pimentas *Capsicum chinense* Jacq e *Capsicum frutescens* L. durante o processo de maturação. **Revista Ceres**, v. 65, n. 6, p. 534–545, 2018.

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

BARBEDO, A. S. C. et al. 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. et al. Qualidade fisiológica de sementes de pepino cv. Pérola, em função da idade e do tempo de repouso pós-colheita dos frutos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 9, p. 905–913, 1997.

BEAUCHAMP, C. O.; FRIDOVICH, I. Isoenzymes of superoxide dismutase from wheat germ. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 317, p. 50–64, 1973.

BEWLEY, J. D. et al. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3. ed. New York: Springer, 2013. 392 p.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 2. ed. New York: Plenum Press, 1994. 445 p.

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

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

CAIXETA, F. et al. Determinação do ponto de colheita na produção de sementes de pimenta malagueta e alterações bioquímicas durante o armazenamento e a germinação. **Científica**, v. 42, n. 2, p. 187–197, 2014.

CARDOSO, A. I. I. et al. Phosphate fertilization on production and quality of cauliflower seeds. **Ciência Rural**, v. 46, n. 8, p. 1337–1343, 2016.

CARVALHO, M. H. C. Drought stress and reactive oxygen species: production, scavenging and signaling. **Plant Signaling & Behavior**, v. 3, p. 156–165, 2008.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Seeds: Science, technology and production**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.

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.

CONCELLÓN, A.; AÑÓN, M. C.; CHAVES, A. R. Effect of chilling on ethylene production in eggplant fruit. **Food Chemistry**, v. 92, n. 1, p. 63–69, 2005.

COSTA, C. J.; CARMONA, R.; NASCIMENTO, W. M. 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.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Climatic classification for the districts of Botucatu and

São Manuel, SP. **Irriga**, v. 14, n. 1, p. 1–11, 2009.

DESAI, B. B.; KOTECHA, P. M.; SALUNKHE, D. K. **Seeds handbook: biology, production, processing and storage**. New York: Marcel Dekker, 1997. 787 p.

DI-RIENZO, J. A. et al. **InfoSta**Grupo InfoStat FCA Universidad Nacional de Córdoba, Argentina., 2011.

DIAS, D. C. F. S. et al. Maturação de sementes de tomate em função da ordem de frutificação na planta. **Revista Ceres**, v. 53, n. 308, p. 446–456, 2006.

EGUCHI, T.; OSHIKA, Y.; YAMADA, H. Studies on the effect of maturity on longevity in vegetable seeds. **National Institute of Agricultural Sciences**, v. 7, p. 145–165, 1958.

EL-MAAROUF-BOUTEAU, H.; BAILLY, C. Oxidative signaling in seed germination and dormancy. **Plant Signal Behavior**, v. 3, n. 3, p. 175–182, 2008.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Rio de Janeiro: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.

FIGUEIREDO NETO, A. et al. Physiological maturity of pumpkin seeds. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 27, p. 2662–2667, 2015.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. rev ed. Viçosa, MG: Viçosa: UFV, 2013. 421 p.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, n. 12, p. 909–930, 2010.

GÜRBÜZ, N. et al. Health benefits and bioactive compounds of eggplant. **Food Chemistry**, v. 268, n. June, p. 602–610, 2018.

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

IKUTA, H. **Produção de sementes híbridas F1 de berinjela e couve-flor**. CURSO DE PRODUÇÃO E TECNOLOGIA DE SEMENTES DE HORTALIÇAS. **Anais...**Brasília: Embrapa-CNPQ, 1981

KAR, M. E.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase and polyphenoloxidase actives during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, v. 57, p. 315–319, 1976.

LIMA, L. K. S. et al. Utilização de técnicas na avaliação de sementes por imagem. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 3, p. 1–6, 2013.

LOPES, M. DE M.; SILVA, C. B. DA; VIEIRA, R. D. Physiological potential of eggplant seeds. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 2, p. 225–230, 2013.

MACHADO, R. T. M. **Rastreabilidade, tecnologia da informação e coordenação de sistemas agroindustriais**. [s.l.] Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo., 2000. 224 p.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination—aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176–177, 1962.

MARCOS FILHO, J. **Seed Physiology of Cultivated Plants**. 2. ed. Londrina: Abrates, 2015. 495 p.

MARTINS, C. C.; NAKAGAWA, J.; RODRIGUES RAMOS, P. R. Isoenzimas no monitoramento da deterioração de sementes de *Euterpe espirosantensis* Fernandes. **Revista Árvore**, v. 35, n. 1, p. 85–90, 2011.

MCDONALD, M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, v. 27, n. 1, p. 177–237, 1999.

MEDEIROS, M. A. DE et al. Maturação fisiológica de sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 17–24, 2010.

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

MUNSELL SOIL COLOR CHARTS. Baltimore, Md.: Munsell Color Company, 1954.

NAKADA-FREITAS, P. G. et al. Maturação e repouso de frutos de hortaliças para produção e qualidade de sementes. In: POLYCARPO, G. V. et al. (Eds.). **IMAST 2018: atualidades nas ciências agrárias: mudanças, tendências e impactos**. Drcena: Cultura Acadêmica, 2018. p. 76–101.

NAKADA-FREITAS, P. G. et al. Desempenho fisiológico e bioquímico de sementes de pepino nos diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, n. 1, p. 22–30, 2011.

NASCIMENTO, W. M.; LIMA, L. B.; ALVARES, M. C. Maturação de sementes híbridas de berinjela. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. Suplemento, p. 1041–1042, 2000.

PADMANABHAN, P.; CHEEMA, A.; PALIYATH, G. **Solanaceous fruits including tomato, eggplant and peppers**. Encyclopedia of Food and Health, p. 24-32, 2016.

PARADELA, A. L.; FOLONI, L. L. Comportamento de sementes de feijão e algodão tratadas e semeadas em solo artificialmente infestado com diferentes concentrações de *Rhizoctonia Solani*, em relação ao agente causal do tombamento de plântulas. **Revista Ecosystema**, v. 26, n. 2, p. 171–174, 2001.

PASSAM, H. C. et al. Flowering, fruit set and fruit and seed development in two cultivar, of aubergine (*Solanum melongena* L.) grown under plastic cover. **Scientia Horticulturae**, v. 125, n. 3, p. 518–520, 2010.

PASSAM, H. C.; KARAPANOS, I. C. Eggplants, peppers and tomatoes: factors affecting the quality and storage life of fresh and fresh-cut (minimally-processed)

produce. **The European Journal of Plant Science and Biotechnology**, v. 2, n. 1, p. 156–170, 2008.

PEIXOTO, H. P. P. et al. Aluminum effects on lipid peroxidation and on the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 11, n. 1, p. 137–143, 1999.

PEREIRA, F. E. C. B. et al. Qualidade fisiológica de sementes de pimenta em função da idade e do tempo de repouso pós-colheita dos frutos. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 4, p. 737–744, 2014.

PÉREZ CAMACHO, I. et al. Calidad fisiológica de semillas de *Physalis ixocarpa* en función de madurez a cosecha y condiciones de almacenamiento. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 3, p. 67–78, 2012.

POLVERENTE, M. R.; FONTES, D. C.; CARDOSO, A. I. I. Produção e qualidade de sementes de berinjela em função do horário de polinização manual. **Bragantia**, v. 64, n. 3, p. 467–472, 2005.

RAIJ, B. VAN et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2 ed. rev. ed. Campinas: IAC, 1997. 285 p.

RICCI, N. et al. 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.

SAISANTHOSH, K. et al. Role of Enzymatic Antioxidants Defense System in Seeds. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. Special is, n. 7, p. 584–594, 2018.

SANCHEZ, V. M. et al. Fruit maturity, storage and postharvest maturation treatments affect bell pepper (*Capsicum annuum* L.) seed quality. **Scientia Horticulturae**, v. 54, n. 3, p. 191–201, 1993.

SCANDALIOS, J. G. Isozymes in Development and Differentiation. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 25, n. 1, p. 225–258, 1974.

SILVA, L. B. DA et al. Estádios de colheita e repouso pós-colheita dos frutos na qualidade de sementes de mamoneira. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 50–59, 2009.

SPANÒ, C. et al. Responses to desiccation injury in developing wheat embryos from naturally- and artificially-dried grains. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 49, n. 4, p. 363–367, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 1338 p.

VIDIGAL, D. DE S. et al. 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. DE S. et al. 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.

WELBAUM, G. E.; BRADFORD, K. J. Water relations of seed development and germination in muskmelon (*Cucumis melo* L.). **Plant Physiology**, v. 92, p. 1038–1045, 1990.

CAPÍTULO 2

Teores de macronutrientes em sementes de berinjela com diferentes idades e tempos de repouso pós-colheita dos frutos

RESUMO

O experimento foi desenvolvido em cultivo protegido no município de São Manuel, SP. Objetivou-se avaliar os teores de macronutrientes em sementes de berinjela com diferentes idades e tempos de repouso pós-colheita dos frutos. Foram avaliados 12 tratamentos, resultantes da combinação de quatro idades dos frutos (40, 50, 60 e 70 dias após a antese) e três períodos de repouso pós-colheita dos frutos (RPCF) (0, 10 e 20 dias) antes da extração das sementes. Foram avaliados a massa seca de mil sementes e os teores dos macronutrientes das sementes. O teor de P nas sementes não foi alterado com a idade e o repouso pós-colheita dos frutos. O teor de nitrogênio diminuiu com o aumento da idade dos frutos, no entanto, o RPCF não afetou o teor de nitrogênio. Para os teores de K, Mg, S e Ca obteve-se interação entre a idade e o repouso pós-colheita dos frutos, sendo que, em média, observou-se que os teores destes nutrientes diminuem com o aumento da idade do fruto e com o RPCF. A redução nos teores de N, K, Ca e Mg correlaciona-se com o aumento da massa seca de mil sementes, provavelmente pelo efeito de diluição. A ordem decrescente dos teores dos macronutrientes nas sementes foi $N > K > P > Mg > S > Ca$.

Palavras-chave: *Solanum melongena* L. Maturação. Nitrogênio. Fosforo. Potássio. Cálcio. Magnésio. Enxofre.

Macronutrient contents of eggplant seeds with different ages and postharvest resting times

SUMMARY

The experiment was carried out in protected cultivation in the municipality of São Manuel, São Paulo. The objective was to evaluate the macronutrient contents in eggplant seeds with different ages and post-harvest rest periods of fruits. Twelve treatments, resulting from the combination of four fruit ages (40, 50, 60 and 70 days after anthesis) and three fruit post-harvest rest periods (FPHRP) (0, 10 and 20 days)

before the extraction of the seeds. The dry weight of one thousand seeds and the macronutrient contents of the seeds were evaluated. The phosphorus content was not affected by fruit age and fruit post-harvest. The nitrogen content decreased with increasing fruit age, however, the FPHRP did not affect the nitrogen content. For the K, P, Mg, S and Ca contents, interaction between the age and the post-harvest rest of the fruits were obtained, however, on average, these nutrient content decreased with increasing age and with the FPHRP. The reduction of N, K, Ca and Mg contents correlated with the increasing of the dry weight of one thousand seeds, probably due to dilution effect. The decreasing order of macronutrient contents in the seeds was N > K > P > Mg > S > Ca.

Keywords: *Solanum melongena* L. Maturation. Nitrogen. Phosphor. Potassium. Calcium. Magnesium. Sulfur.

2.1 INTRODUÇÃO

A berinjela (*Solanum melongena* L.) é uma espécie pertencente à família Solanaceae, adaptada a ambientes quentes e úmidos, sendo o crescimento interrompido por temperaturas abaixo de 10-12 °C (CONCELLÓN; AÑÓN; CHAVES, 2005; GÜRBÜZ et al., 2018; PADMANABHAN; CHEEMA; PALIYATH, 2016). Apesar de ser classificada como autógama, pode apresentar elevada taxa de fecundação cruzada e a presença de insetos polinizadores pode aumentar a produção de sementes (POLVERENTE; FONTES; CARDOSO, 2005).

É propagada por sementes, sendo este um insumo de grande importância. No entanto, existem poucas pesquisas com produção de sementes de berinjela. Sabe-se que por ser uma espécie de crescimento indeterminado e florescimento contínuo, a maturação dos frutos não é uniforme, o que pode resultar em sementes com diferentes estádios de maturação e, conseqüentemente, qualidade inferior do lote de sementes.

Em espécies com frutos carnosos, como as das famílias Solanaceae e Cucurbitaceae, o armazenamento, ou repouso pós-colheita, dos frutos possibilita que as sementes completem o processo de maturação, atingindo níveis máximos de germinação e vigor (CASTRO; GODOY; CARDOSO, 2008; FIGUEIREDO NETO et al., 2015; PEREIRA et al., 2014; RICCI et al., 2013; SANCHEZ et al., 1993). Nestas

pesquisas foram estudados os efeitos da idade e repouso pós-colheita dos frutos na qualidade fisiológica das sementes, mas não houve estudos a respeito dos teores de nutrientes nas sementes durante a maturação e o repouso pós-colheita dos frutos.

Sabe-se que alguns nutrientes, como o cálcio, por exemplo, são pouco móveis na planta e talvez durante o repouso pós-colheita dos frutos a semente deixe de receber a quantidade de nutrientes necessárias para se manter viável por mais tempo. Além disto, a avaliação do conteúdo de nutrientes nos vegetais é de grande importância, pois permite avaliar a capacidade de remoção de nutrientes nos diferentes cultivos (KANO; CARDOSO; VILLAS BÔAS, 2010).

A disponibilidade de nutrientes está relacionada com a boa formação do embrião e do órgão de reserva, assim como na sua composição química e, conseqüentemente, no metabolismo e no vigor da semente. Uma semente nutricionalmente equilibrada originará plantas mais vigorosas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). No entanto, a necessidade de nutrientes para a boa formação das sementes pode variar para cada espécie. Por exemplo, em alface a ordem decrescente encontrada nos teores de nutrientes foi $K > N > Ca > Mg > P > S$ (KANO; CARDOSO; VILLAS BÔAS, 2011), enquanto em couve-flor foi $N > S > K > P > Ca > Mg$ (CARDOSO et al., 2016a), ou seja, há grandes diferenças na composição das sementes entre as espécies.

Por ser um órgão que se forma no final do ciclo da planta, a semente apresenta composição química diferente em comparação a outros órgãos da planta (CARDOSO et al., 2016a; JACOB-NETO; ROSSETO, 1998). A semente é capaz de armazenar nutrientes que são utilizados nos estádios iniciais da germinação e também interferem na capacidade de armazenamento (MAGALHÃES et al., 2015).

A maturação das sementes é o estágio em que há maior necessidade de nutrientes pela planta (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Alguns nutrientes, como o nitrogênio, fósforo e potássio são translocados da parte vegetativa para as sementes em grandes quantidades (MAGRO et al., 2010). No entanto, há carência de pesquisas que expliquem se os nutrientes são translocados do fruto para as sementes após a retirada do mesmo da planta mãe e deixado em repouso antes da extração das sementes. O período de repouso pós-colheita dos frutos é benéfico, pois permite a colheita antecipada e, portanto, redução da exposição dos frutos a

fatores climáticos e fitossanitários que possam interferir e comprometer a qualidade das sementes (BARBEDO et al., 1997; CASTRO; GODOY; CARDOSO, 2008; NAKADA-FREITAS et al., 2018).

Dada a situação apresentada, conduziu-se este trabalho com o objetivo de avaliar os teores de macronutrientes em sementes de berinjela com diferentes idades e tempos de repouso pós-colheita dos frutos.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

As sementes utilizadas neste trabalho foram obtidas de um cultivo realizado na Fazenda Experimental São Manuel, pertencente a Faculdade de Ciências Agrônomicas (FCA) da Universidade Estadual Paulista (UNESP). O clima, conforme a classificação de Köppen, é do tipo *Cfa*, clima temperado quente (mesotérmico) úmido (CUNHA; MARTINS, 2009). As coordenadas geográficas da área são: 22° 46' S, 48° 34' O e altitude de 740 m. A temperatura média mensal (°C), umidade relativa (%) e precipitação pluvial acumulada mensal (mm) foi: agosto= 22,4; 54,1; 0, setembro= 24,6; 52,1; 27,9, outubro= 23,3; 72,6; 145,5, novembro= 22,6; 74,5; 163,3, dezembro= 24,9; 77,4; 155,6, janeiro= 23,8; 81,5; 176,0, fevereiro= 23,45; 76,71; 94,9 respectivamente.

As plantas foram conduzidas em ambiente protegido, em uma estufa tipo arco com 20 m de comprimento, 7 m de largura e pé direito de 3 m, coberta com filme de polietileno de baixa densidade com 150 µm de espessura, sendo as laterais mantidas abertas, permitindo a entrada de insetos polinizadores.

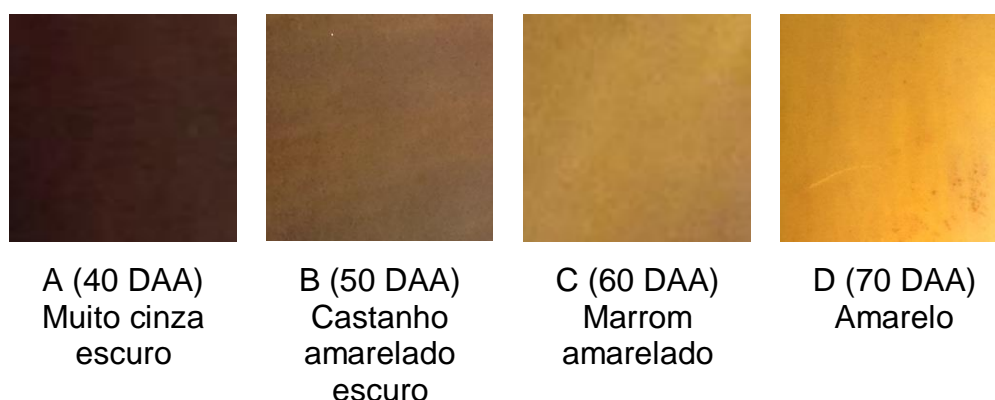
O solo é um Latossolo Vermelho Distrófico Típico (EMBRAPA, 2006). Os resultados obtidos na análise química, na camada de 0-20 cm de profundidade, antes da instalação do experimento foram: $\text{pH}_{(\text{CaCl}_2)} = 6,0$; $\text{M.O.} = 10 \text{ g dm}^{-3}$; $\text{P}_{\text{resina}} = 166 \text{ mg dm}^{-3}$; $\text{H+Al} = 19 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{K} = 4,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Ca} = 52 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{SB} = 65 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$; $\text{CTC} = 84 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ e $\text{V} = 80 \%$. Foi feita adubação de acordo recomendação encontrada em Raj et al. (1997).

Foram utilizadas sementes de uma linhagem F6RC1 do cruzamento [Napoli x (Kikushi x Napoli)] do programa de melhoramento genético da FCA/UNESP. A semeadura (25/08/2017) foi feita em bandejas de polipropileno com 162 células,

contendo substrato comercial Carolina Soil[®]. As mudas foram transplantadas aos 40 dias após a semeadura no espaçamento de 1,0 x 0,5 m. Foram retirados todos os brotos até o aparecimento da primeira flor. Realizou-se o tutoramento das plantas com o auxílio de bambu. A irrigação foi por gotejamento e os canteiros foram cobertos com plástico preto. A adubação de cobertura foi parcelada em seis épocas a cada sete dias colocando-se, a cada aplicação, uma solução líquida contendo 1 g de ureia e 1 g de cloreto de potássio por planta, iniciando-se aos 14 dias após o transplante. Aplicou-se controle fitossanitário com Abamex[®], Score[®] e Dithane NT[®]. Os demais tratamentos culturais foram realizados de acordo com os recomendados para a cultura (FILGUEIRA, 2013).

Durante a fase de florescimento, iniciando aos 47 dias após o transplante das mudas, as flores foram etiquetadas no dia da antese. Foram avaliados 12 tratamentos, resultantes da combinação de quatro idades dos frutos (40, 50, 60 e 70 dias após a antese (DAA)) e três períodos de repouso pós-colheita dos frutos (0, 10 e 20 dias de repouso pós-colheita - DRPC) antes da extração das sementes. Ao longo da maturação dos frutos, estes foram ficando mais claros de acordo a Escala Munsell de Cores para Solos (Munsell Soil Color Charts, 1954) (Figura 1). Durante o repouso pós-colheita os frutos permaneceram em laboratório com ambiente fresco e ventilado a 25 °C. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições.

Figura 1 - Coloração dos frutos de berinjela colhidos aos 40 (A), 50 (B), 60 (C) e 70 (D) dias após a antese (DAA)



Foram deixados três frutos por planta que foram colhidos de acordo com a idade (DAA). Em todos os tratamentos, a extração das sementes seguiu a mesma

metodologia. Os frutos foram abertos manualmente no sentido longitudinal, e as sementes foram retiradas do fruto, colocadas sobre uma peneira e lavadas em água corrente e destilada. Após a lavagem, as sementes foram deixadas para secar à sombra, sobre pratos de argila. Depois as sementes foram embaladas em sacos de papel e acondicionadas em câmara seca (40% de UR e 20 °C). Após as sementes atingirem o equilíbrio de teor de água (8%), foram submetidas a limpeza para retirada das chochas e danificadas, através de aparelho separador por densidade (modelo 'De Leo Tipo 1'), seguindo metodologia de Cardoso et al. (2016b).

Foram avaliadas a massa seca de mil sementes (após a secagem em estufa) e os teores dos macronutrientes nas sementes beneficiadas. Amostras de sementes de cada parcela foram acondicionadas em sacos de papel e procedeu-se a secagem em estufa com circulação de ar forçada a temperatura de 65 °C até atingir massa constante. Após a estabilização da massa, as sementes foram pesadas, moídas e encaminhadas para o laboratório de análises de plantas do departamento de Solos e Recursos Ambientais da FCA/UNESP. A metodologia para as análises dos nutrientes foi de acordo com descrito em Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), utilizando-se a digestão sulfúrica para a determinação de nitrogênio e digestão nítrico-perclórica para fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre. Os resultados foram expressos em g kg⁻¹ de seca (MS).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão para verificar o efeito da idade do fruto nas características avaliadas. Para a comparação dos tempos de repouso pós-colheita foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados foram processados pelo programa estatístico SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2011).

Com a finalidade de estabelecer as relações entre as variáveis do estudo, foi realizada a Análise de Correlação de Pearson, sendo que foi adotado $\alpha = 5\%$ para verificar a significância. Foi realizado pelo software InfoStat (DI RIENZO et al., 2011).

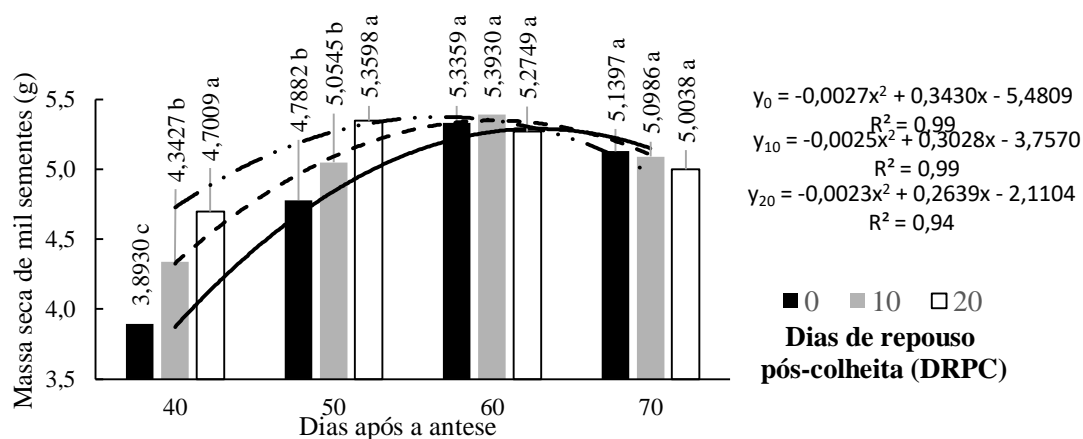
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a característica massa seca de mil sementes foi observada interação significativa entre os fatores idade e repouso pós-colheita dos frutos. Independentemente do tempo de repouso dos frutos, os dados do fator idades

ajustaram-se ao modelo quadrático, com máximos valores estimados em 5,40, 5,41 e 5,45 g aos 64, 61 e 57 DAA, para 0, 10 e 20 DRPC, respectivamente (Figura 2), com pequeno decréscimo após estas idades. Quanto maior foi o período de repouso, menor a idade para se atingir a máxima massa seca. Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), à medida que as sementes amadurecem dentro do fruto (mesmo após a colheita), há deposição de reservas, com aumento da massa até um valor máximo que, provavelmente, coincide com a maturidade fisiológica das sementes. Também Nascimento; Lima e Alvares (2000) relataram menor massa das sementes de berinjela do híbrido Ciça quanto menor a idade dos frutos (30 a 40 DAA). Maior massa seca de sementes com o repouso dos frutos também foi obtido por Pereira et al. (2012) em sementes de pimenta ‘Dedo-de-Moça’.

Na comparação entre os períodos de repouso pós-colheita dos frutos, apenas para as duas primeiras idades (40 e 50 DAA) observou-se inferioridade dos tratamentos sem repouso (0 DRPC) em relação aos com repouso por 10 ou 20 DRPC, sendo que para frutos com 60 e 70 DAA o repouso pós-colheita não afetou a massa seca de mil sementes (Figura 2). O desenvolvimento da semente está relacionado com a maturação do fruto (MEDEIROS et al., 2010) e, mesmo que a berinjela seja um fruto não climatérico, isso não significa que as sementes não possam atingir o amadurecimento dentro do fruto colhido (PASSAM; KARAPANOS, 2008; PASSAM et al., 2010).

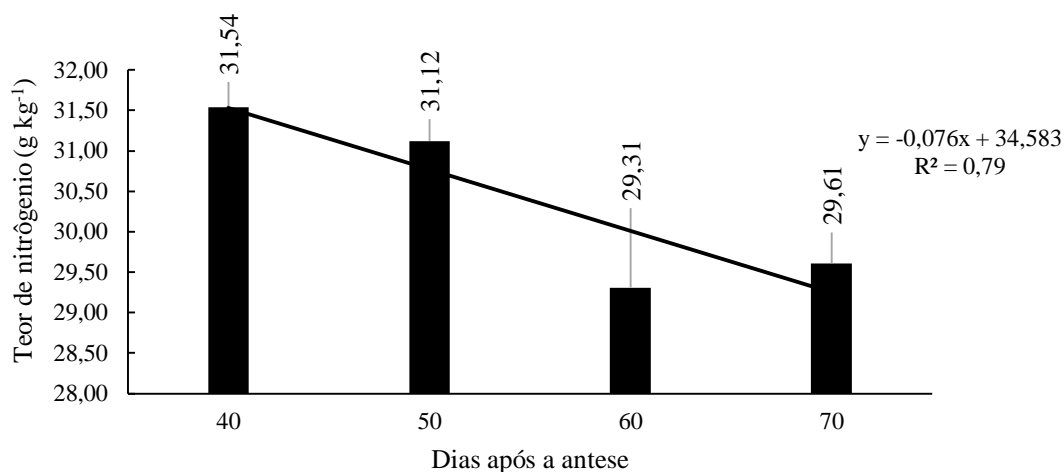
Figura 2 - Massa seca de mil sementes de berinjela em função da idade e dos períodos de repouso pós-colheita dos frutos



*Médias seguidas por letras distintas minúsculas para cada idade diferem entre si pelo teste de Tukey, à 0,05 de significância. DRPC 0 dias = y_0 —; DRPC 10 dias = y_{10} ----; DRPC 20 dias = y_{20} -.-.-

Para o teor de nitrogênio (N) nas sementes, a interação entre os fatores idade e repouso pós-colheita dos frutos não foi significativa, assim como o efeito do repouso pós-colheita dos frutos. Apenas o fator idade dos frutos foi significativo. Observou-se redução linear no teor de N quanto maior a idade dos frutos (Figura 3), com maior teor em frutos com 40 DAA (31,54 g kg⁻¹ de MS) e menor com 70 DAA (29,26 g kg⁻¹ de MS), ou seja, redução estimada de 0,076 g kg⁻¹ de MS para cada dia em que o fruto permaneceu na planta. Apesar da redução ter sido relativamente pequena (7,22%) foi significativa e pode inferir que o aumento na massa de sementes foi mais pronunciado que a capacidade da planta em absorver N e translocá-lo para elas ao longo do período de maturação das sementes, ocasionando o efeito diluição. A diluição dos nutrientes, segundo Maia (2012), é caracterizada quando a taxa de crescimento de massa seca é superior à taxa de absorção do nutriente.

Figura 3 - Teor de nitrogênio na massa seca da semente de berinjela em função da idade dos frutos



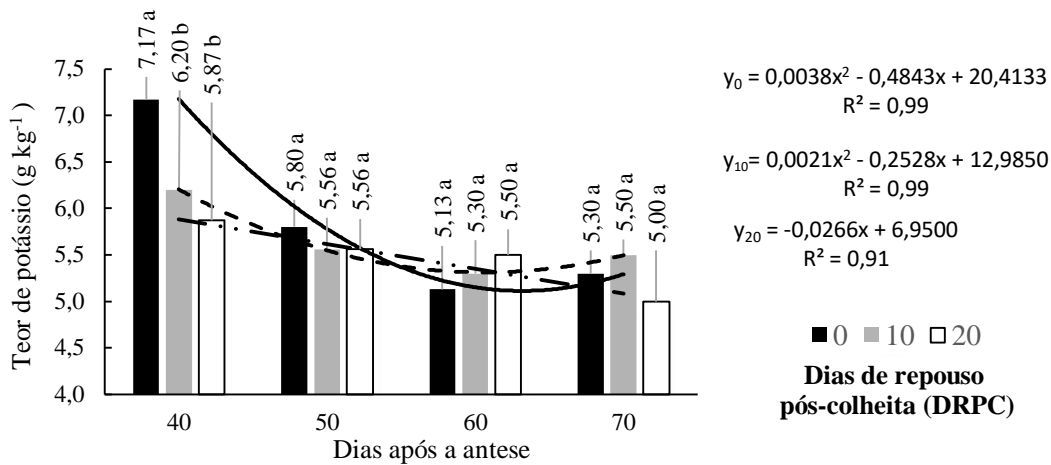
O período de repouso pós-colheita dos frutos não afetou o teor de N nas sementes, ou seja, provavelmente, este nutriente seja translocado do fruto para as sementes mesmo após o desligamento do fruto da planta com a colheita tendo em vista o aumento da massa seca das sementes. Durante o repouso, os frutos permaneceram em ambiente arejado, com temperatura bem inferior ao da estufa, ou seja, todo o processo metabólico do fruto era mais lento no repouso em comparação

a maturação na planta, permitindo a translocação do nutriente na mesma intensidade em que a semente aumentava de massa. Além disto, em frutos com 60 e 70 DAA nem houve aumento na massa seca de mil sementes com o repouso. O N é um dos nutrientes mais facilmente translocados das folhas para os frutos (CORRÊA; GOUVEIA; CARDOSO, 2014). No entanto, não se tem estudos desta translocação de N de frutos em repouso pós-colheita para as sementes como o que deve ter ocorrido na presente pesquisa.

O teor de fosforo (P) nas sementes não foi alterado nem pela idade nem pelo tempo de repouso pós-colheita dos frutos. Portanto, o acúmulo de P nas sementes acompanhou o aumento da massa seca das sementes com a idade e com o repouso. O teor médio de P observado nas sementes foi de $4,6 \text{ g kg}^{-1}$ de MS, cerca de 6,7 vezes inferior ao teor de N. Zucareli et al. (2011) afirmam que em feijão o fósforo é exigido em quantidade cerca de 10 vezes menor que o N, porém, a deficiência de P pode reduzir a viabilidade, tamanho, número e vigor das sementes. Na semente o fósforo, juntamente com outros nutrientes, é armazenado nos sais do ácido fítico, constituindo a fitina, a qual durante a germinação é degradada ocorrendo a liberação desses nutrientes para serem utilizados no desenvolvimento do embrião e da plântula (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; KANO; CARDOSO; VILLAS BÔAS, 2012).

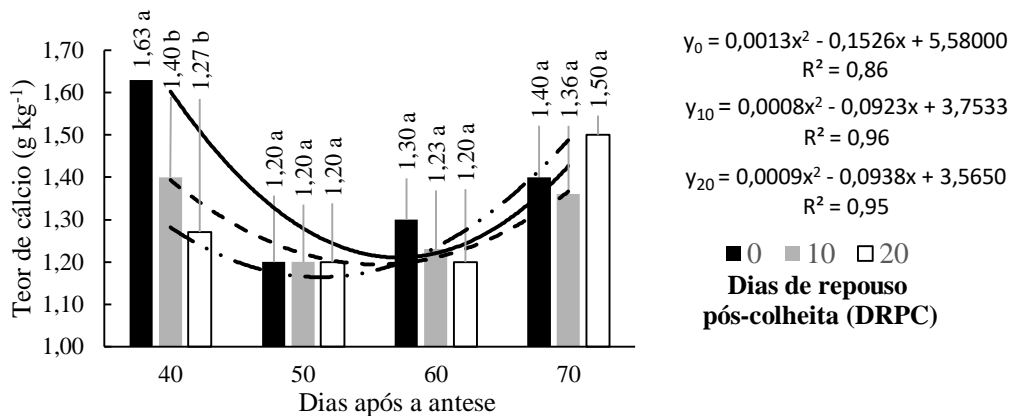
Para os teores nas sementes dos nutrientes potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) a interação entre os fatores idade e repouso pós-colheita dos frutos foi significativa, assim como o efeito de cada fator isoladamente. Os teores de K (Figura 4) nas sementes se ajustaram ao modelo quadrático com valores mínimos de $4,98$ e $5,37 \text{ g kg}^{-1}$ de MS aos 64 e 60 DAA com 0 e 10 DRPC, enquanto que com 20 DRPC ajustou-se linearmente com decréscimo de $0,0266 \text{ g kg}^{-1}$ de MS para cada dia que a semente permaneceu no fruto. Para o Ca (Figura 5) os valores mínimos foram $1,10$, $1,09$ e $1,12 \text{ g kg}^{-1}$ de MS aos 59, 58 e 52 DAA com 0, 10 e 20 DRPC, respectivamente.

Figura 4 - Teor de potássio na massa seca da semente de berinjela, em função da idade e dos períodos de repouso pós-colheita dos frutos



*Médias seguidas por letras distintas minúsculas para cada idade diferem entre si pelo teste de Tukey, à 0,05 de significância. DRPC 0 dias = y_0 —; DRPC 10 dias = y_{10} - - - -; DRPC 20 dias = y_{20} - ••• -

Figura 5 - Teor de cálcio na massa seca da semente de berinjela, em função da idade e dos períodos de repouso pós-colheita dos frutos



*Médias seguidas por letras distintas minúsculas para cada idade diferem entre si pelo teste de Tukey, à 0,05 de significância. DRPC 0 dias = y_0 —; DRPC 10 dias = y_{10} - - - -; DRPC 20 dias = y_{20} - ••• -

Os teores de K (Figura 4) e Ca (Figura 5) nas sementes se ajustaram ao modelo quadrático (exceto para o teor de K em sementes nos frutos com 20 dias de repouso), assim como ocorreu para a massa seca de mil sementes (Figura 2). No entanto, o efeito, em média, foi inverso, pois enquanto para a massa seca de mil sementes houve aumento até cerca de 60 DAA, com pequena redução após esta idade, para o K (Figura 4) e o Ca (Figura 5) houve redução nos teores até cerca de 61 e 55 DAA, respectivamente. Portanto, percebe-se claramente que o aumento na massa seca das sementes ocorre em grande intensidade e as plantas não

conseguem manter o teor destes nutrientes, havendo diluição dos mesmos. O Ca é um elemento pouco móvel (RAIJ et al., 2001) e, provavelmente, todo o Ca presente nas sementes é absorvido pela planta durante a maturação destas e é encaminhado para as sementes sem ser imobilizado de outras partes da planta (KANO; CARDOSO; VILLAS BÔAS, 2010). Portanto, com o rápido desenvolvimento das sementes dentro dos frutos, ainda mais pela alta temperatura dentro do ambiente protegido durante o desenvolvimento dos frutos, não foi acompanhado em intensidade pela absorção de Ca. Em solanáceas, a maioria do Ca acumulado nas plantas encontra-se nas folhas e caules e menos nos frutos e sementes (MARCUSI et al., 2004; SANTOS, 2005).

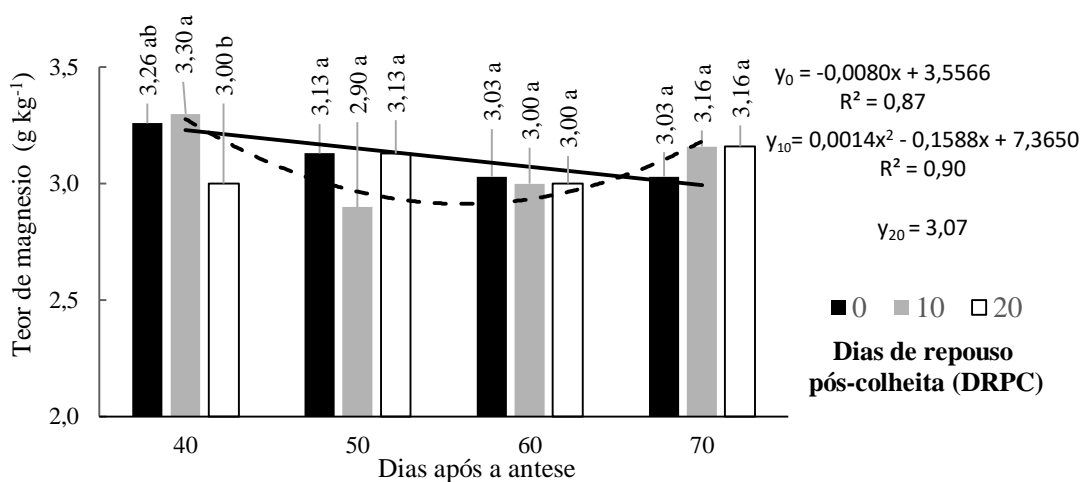
O K apresenta elevada mobilidade na planta (FERNANDES, 2006), podendo ser translocado das folhas para os frutos e sementes. Por isto, normalmente os teores de K nas sementes não são muito afetados mesmo oferecendo às plantas diferentes doses de potássio orgânico ou inorgânico (KANO; CARDOSO; VILLAS BÔAS, 2011; QUADROS et al., 2012). Mesmo assim, observou-se redução nos teores com o aumento da massa seca. Segundo Bataglia; Dechen; Santos (1996), na fase inicial (vegetativa) da cultura, a taxa de absorção de nutrientes é alta e, conseqüentemente, a concentração nos tecidos das plantas é elevada, mas, à medida que a planta se desenvolve, os teores dos nutrientes diminuem. Em pimenta (*Capsicum annuum* L), Mollinedo (1997) observou que a absorção de nutrientes aumentava da antese até que o fruto atingisse a metade do seu tamanho, diminuindo a absorção de nutrientes após este estágio. Araújo et al. (2015) observaram que o teor da maioria dos macronutrientes nos frutos de abobrinha variou ao longo do ciclo, com tendência de redução nos teores (com exceção ao magnésio) com o avanço das colheitas. A planta absorve os nutrientes ao longo do ciclo reduzindo a disponibilidade dos mesmos no solo se não forem repostos. Nesta pesquisa foi feita adubação em cobertura apenas com N e K.

Quanto ao período pós-colheita dos frutos, tanto para o K (Figura 4) como para o Ca (Figura 5) observou-se para os frutos mais novos (40 DAA) maior teor para sementes extraídas logo após a colheita (0 DRPC) em relação aos frutos que permaneceram em repouso por 10 ou 20 dias. Já para frutos mais velhos, o repouso pós-colheita dos frutos não afetou os teores de K e Ca nas sementes. Novamente, em média, o efeito foi inverso ao da massa seca de mil sementes (Figura 2), ou seja,

provavelmente o aumento na massa das sementes com o repouso foi mais intenso que o transporte destes nutrientes do fruto às sementes.

O efeito da idade dos frutos no teor de Mg nas sementes foi diferente para cada tempo de repouso pós-colheita dos frutos (Figura 6). Na ausência de repouso (0 DRPC) obteve-se redução linear, passando de 3,23 para 2,99 g kg⁻¹ de MS, em frutos com 40 e 70 DAA, respectivamente, com redução de 0,008 g kg⁻¹ de MS para cada dia em que o fruto permaneceu na planta, ou seja, efeito semelhante ao do N (Figura 3). Já com 10 DRPC o efeito foi quadrático, semelhante ao Ca (Figura 5), ou seja, em ambos os casos (0 e 10 DRPC), observou-se certo efeito diluição do Mg nas sementes. Por outro lado, com 20 DRPC não houve diferença nos teores de Mg nas sementes, com média de 3,07 g kg⁻¹ de MS. Portanto, quanto maior o período pós-colheita, menor o efeito diluição, pois passou de efeito linear decrescente, para pequena redução quadrática e no maior período de repouso não se observou diferença nos teores. Provavelmente, durante o repouso deve ocorrer translocação de Mg do fruto para as sementes, sendo necessário grande período de repouso para igualar os teores, ou seja, não haver “deficiência” de Mg nas sementes. O Mg que faz parte da clorofila apresenta uma elevada mobilidade no sistema vascular do floema e xilema, sendo facilmente translocado a órgãos de reserva (MALAVOLTA, 2006).

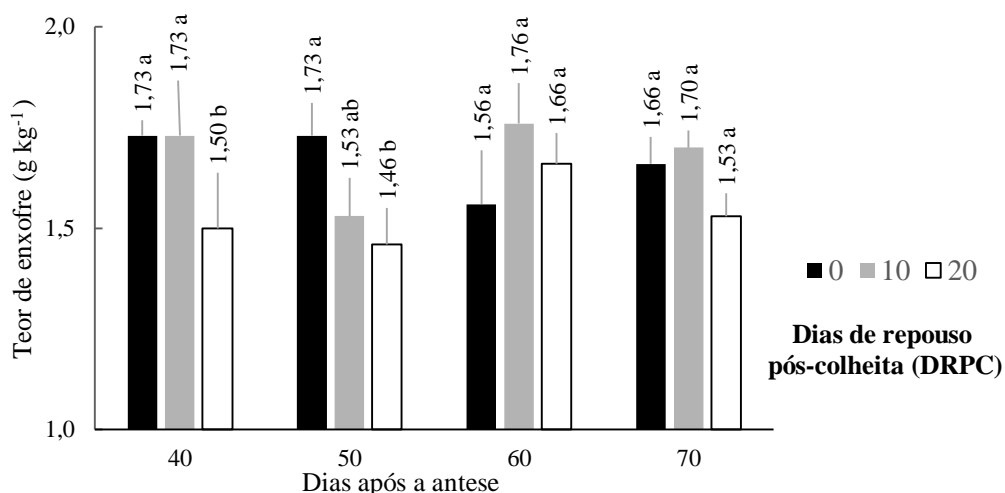
Figura 6 - Teor de magnésio na massa seca da semente de berinjela, em função da idade e dos períodos de repouso pós-colheita dos frutos



*Médias seguidas por letras distintas minúsculas para cada idade diferem entre si pelo teste de Tukey, à 0,05 de significância. DRPC 0 dias = y_0 —; DRPC 10 dias = y_{10} - - - -

No caso do teor de enxofre (S) nas sementes, não houve diferença para idade dos frutos, mas houve efeito do repouso pós-colheita e da interação entre os fatores. Apenas para os frutos mais novos (40 e 50 DAA) observou-se maior teor de S nas sementes extraídas de frutos sem repouso em relação ao repouso por 20 dias (Figura 7). Novamente, este efeito foi o inverso da massa seca de mil sementes (Figura 2), podendo caracterizar o efeito diluição com o repouso pós-colheita dos frutos também para este nutriente. Em frutos mais velhos (60 e 70 DAA) não houve diferença (Figura 7), semelhante a massa seca de mil sementes (Figura 2).

Figura 7 - Teor de enxofre na massa seca da semente de berinjela em função da idade e dos períodos de repouso pós-colheita dos frutos



*Médias seguidas por letras distintas minúsculas para cada idade diferem entre si pelo teste de Tukey, à 0,05 de significância.

Com respeito a correlação entre a massa seca de sementes e os teores dos macronutrientes (Tabela 1) observou-se que a massa seca de mil sementes está correlacionada negativamente com os teores de nutrientes N, K, Ca e Mg das sementes. Com o aumento da massa das sementes, existe redução dos teores caso o nutriente não seja mobilizado para as sementes na mesma intensidade em que as sementes ganham massa, ou seja, pode ocorrer o efeito de diluição dos nutrientes (FOLONI et al., 2016). Apenas para os teores de P não foi observada correlação significativa, nem alteração dos teores nas sementes.

Tabela 1 - Estimativa dos coeficientes de correlação simples de Pearson entre a massa seca de sementes e os teores dos macronutrientes de sementes de berinjela com diferentes idades e tempos de repouso pós-colheita dos frutos

	Massa	N	P	K	Ca	Mg	S
Massa	1						
N	-0,63*	1					
P	-0,39	0,32	1				
K	-0,90**	0,55	0,44	1			
Ca	-0,66*	0,01	0,08	0,47	1		
Mg	-0,65*	0,48	0,30	0,55	0,67*	1	
S	-0,31	0,18	0,45	0,34	0,23	0,35	1

** Significativo a $P < 0,01$; * Significativo a $P < 0,05$

A ordem decrescente dos teores de nutrientes nas sementes de berinjela foi $N > K > P > Mg > S > Ca$. Huang; Homa; Kimoto (1970) relataram a seguinte ordem na planta de berinjela: $K > N > Ca > Mg > P > S$. Portanto, observa-se a grande importância do P nas sementes em comparação a planta e a menor importância relativa do Ca. No caso do Ca é por ser um nutriente pouco móvel na planta (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Segundo Cardoso et al. (2016b), seu acúmulo nas sementes deve ocorrer apenas por absorção e transporte durante a maturação das sementes, sem redistribuição das folhas em senescência para as sementes. Já o P é de grande importância para as sementes de qualquer espécie, por fazer parte da fitina, a qual durante a germinação é degradada ocorrendo a liberação desse nutriente para ser utilizado no desenvolvimento do embrião e da plântula (CANHOTO, 2017).

Neste estudo o nitrogênio é o nutriente com maiores teores seguido pelo potássio e o fósforo, confirmando o relatado por Cardoso et al. (2011) e Lott, Greenwood e Batten (1995) que afirmam que o teor de nitrogênio nas sementes é maior que os demais nutrientes. O mesmo foi observado por Kano, Cardoso e Villas Bôas (2010) e Quadros et al. (2012) em sementes de alface, por Magro et al. (2010) em brócolis e por Cardoso et al. (2016b) em couve-flor.

Esta situação está relacionada pelos altos teores de proteínas nas sementes (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). O nitrogênio é importante por estar relacionado com as proteínas de armazenamento (peptídeos solúveis e aminoácidos livres) que são translocados para o eixo embrionário com a finalidade de fornecer energia durante o processo germinativo (MÜNTZ et al., 2001). A velocidade de

germinação e o tempo de perda de cotilédones e emergência das folhas é determinada pela concentração de N na semente (SORIANO et al., 2013).

No entanto, a necessidade de nutrientes para a boa formação das sementes pode variar para cada espécie. Por exemplo, em alface a ordem decrescente nos teores de nutrientes é K>N>Ca>Mg>P>S (KANO; CARDOSO; VILLAS BÔAS, 2011), enquanto em couve-flor é N>S>K>P>Ca>Mg (CARDOSO et al., 2016a) e o obtido nesta pesquisa com sementes de berinjela é N>K>P>Mg>S>Ca, ou seja, há grandes diferenças na composição das sementes entre as espécies.

2.4 CONCLUSÕES

Há redução no teor de N com a idades dos frutos e nos teores de K, Ca, Mg e S com o repouso pós-colheita em frutos mais novos (40 DAA).

O teor de P nas sementes não é alterado com a idade e o repouso pós-colheita dos frutos.

A redução nos teores de N, K, Ca e Mg correlaciona-se com o aumento da massa seca de mil sementes, provavelmente pelo efeito de diluição.

A ordem decrescente dos teores de nutrientes nas sementes de berinjela é N>K>P>Mg>S>Ca.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, H. S. et al. Teores e extração de macronutrientes em abobrinha-de-moita em função de doses de potássio em cobertura. **Revista Agrária**, v. 10, n. 3, p. 389–395, 2015.

BARBEDO, C. J. et al. Qualidade fisiológica de sementes de pepino cv. Pérola, em função da idade e do tempo de repouso pós-colheita dos frutos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 9, p. 905–913, 1997.

BATAGLIA, O. C.; DECHEN, A. R.; SANTOS, W. R. Princípio da diagnose foliar. In: ALVAREZ, V.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. . (Eds.). **Os solos nos grandes domínios morfológicos do Brasil e o desenvolvimento sustentável**. 1. ed. Viçosa, MG: SBCS, UFV, DPS, 1996. 930 p.

CANHOTO, J. Semente. **Revista de Ciência Elementar**, v. 5, n. 1, p. 1–4, 2017.

CARDOSO, A. I. I. et al. Changes in soil properties managed with organic compost and its effect on lettuce seed quality. **Horticultura Brasileira**, v. 29, n. 4, p. 594–599, 2011.

CARDOSO, A. I. I. et al. Phosphate fertilization over the accumulation of macronutrients in cauliflower seed production. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 2, p. 196–201, 2016a.

CARDOSO, A. I. I. et al. Phosphate fertilization on production and quality of cauliflower seeds. **Ciência Rural**, v. 46, n. 8, p. 1337–1343, 2016b.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Seeds: Science, technology and production**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.

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.

CONCELLÓN, A.; AÑÓN, M. C.; CHAVES, A. R. Effect of chilling on ethylene production in eggplant fruit. **Food Chemistry**, v. 92, n. 1, p. 63–69, 2005.

CORRÊA, C. V.; GOUVEIA, A. M. S.; CARDOSO, A. I. I. Teores de macronutrientes em função do número de plantas por cova e doses de nitrogênio em cobertura na produção de abóbora. **Cultivando o Saber**, v. 7, n. 4, p. 343–352, 2014.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Climatic classification for the districts of Botucatu and São Manuel, SP. **Irriga**, v. 14, n. 1, p. 1–11, 2009.

DI-RIENZO, J. A. et al. **InfoStat**. Grupo InfoStat FCA Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 2011.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação dos solos**. Rio de Janeiro: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006.

FERNANDES, M. S. **Mineral Plant Nutrition**. Viçosa, MG: SBCS. 432 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039–1042, 2011.

FIGUEIREDO NETO, A. et al. Physiological maturity of pumpkin seeds. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 27, p. 2662–2667, 2015.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. rev ed. Viçosa, MG: Viçosa: UFV, 2013. 421 p.

FOLONI, J. S. S. et al. Acúmulo de nutrientes e relação C / N em diferentes estádios fenológicos do milho submetido à adubação nitrogenada. **Revista Agro@ambiente**, v. 10, n. 1, p. 1–9, 2016.

GÜRBÜZ, N. et al. Health benefits and bioactive compounds of eggplant. **Food Chemistry**, v. 268, n. June, p. 602–610, 2018.

JACOB-NETO, J.; ROSSETO, C. A. V. Concentração de nutrientes nas sementes: O papel do molibdênio. **Floresta e Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 31–39, 1998.

KANO, C.; CARDOSO, A. I. I.; VILLAS BÔAS, R. L. Macronutrient content in lettuce affected by potassium side dressing. **Horticultura Brasileira**, v. 28, p. 287–291, 2010.

KANO, C.; CARDOSO, A. I. I.; VILLAS BÔAS, R. L. Acúmulo de nutrientes pela alface destinada à produção de sementes. **Horticultura Brasileira** v. 29, p. 70–77, 2011.

KANO, C.; CARDOSO, A. I. I.; VILLAS BÔAS, R. L. Phosphorus rates on yield and quality of lettuce seeds. **Horticultura Brasileira**, v. 30, p. 695–698, 2012.

LOTT, J. N. A.; GREENWOOD, J. S.; BATTEN, G. D. Mechanisms and regulation of mineral nutrient storage during seed development. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Eds.). **Seed development and germination**. 1. ed. New York: Dekker, 1995. p. 215–235.

MAGALHÃES, W. DE A. et al. Quantificação de nutrientes em sementes de soja. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 13, n. 2, p. 95–100, 2015.

MAGRO, F. O. et al. Organic compost in broccoli seed yield and quality. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 596–602, 2010.

MAIA, C. E. Época de amostragem foliar para diagnóstico nutricional em bananeira.

Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 36, n. 3, p. 859–864, 2012.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 631 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas, princípios e aplicações**. 2.Ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.

MARCUSSI, F. et al. Macronutrient accumulation and partitioning in fertigated sweet pepper plants. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 1, p. 62–68, 2004.

MEDEIROS, M. A. DE et al. Maturação fisiológica de sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 17–24, 2010.

MOLLINEDO, V. A. Factores de manejo que afectan la fertilización en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L). **Avances en Horticultura**, v. 2, n. 1, p. 15–24, 1997.

MUNSELL SOIL COLOR CHARTS. Baltimore, Md.: Munsell Color Company, 1954.

MÜNTZ, K. et al. Stored proteinases and the initiation of storage protein mobilization in seeds during germination and seedling growth. **Journal of Experimental Botany**, v. 52, p. 1741–1752, 2001.

NAKADA-FREITAS, P. G. et al. Maturação e repouso de frutos de hortaliças para produção e qualidade de sementes. In: POLYCARPO, G. V. et al. (Eds.). **IMAST 2018: atualidades nas ciências agrárias: mudanças, tendências e impactos**. Dracena: Cultura Acadêmica, 2018. p. 76–101.

NASCIMENTO, W. M.; LIMA, L. B.; ALVARES, M. C. Maturação de sementes híbridas de berinjela. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. Suplemento, p. 1041–1042, 2000.

PADMANABHAN, P.; CHEEMA, A.; PALIYATH, G. **Solanaceous fruits including tomato, eggplant and peppers**. Encyclopedia of Food and Health, p. 24-32, 2016.

PASSAM, H. C. et al. Flowering, fruit set and fruit and seed development in two cultivar, of aubergine (*Solanum melongena* L.) grown under plastic cover. **Scientia Horticulturae**, v. 125, n. 3, p. 518–520, 2010.

PASSAM, H. C.; KARAPANOS, I. C. Eggplants, peppers and tomatoes: factors

affecting the quality and storage life of fresh and fresh-cut (minimally-processed) produce. **The European Journal of Plant Science and Biotechnology**, v. 2, n. 1, p. 156–170, 2008.

PEREIRA, F. E. C. B. et al. Qualidade fisiológica de sementes de pimenta em função da idade e do tempo de repouso pós-colheita dos frutos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 4, p. 737–744, 2014.

POLVERENTE, M. R.; FONTES, D. C.; CARDOSO, A. I. I. Produção e qualidade de sementes de berinjela em função do horário de polinização manual. **Bragantia**, v. 64, n. 3, p. 467–472, 2005.

QUADROS, B. R. et al. Influence of organic compost and phosphorus on lettuce seeds. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 6, p. 2511–2518, 2012.

RAIJ, B. VAN et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2 ed. rev. ed. Campinas: IAC, 1997. 285 p.

RAIJ, B. VAN et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. 285 p.

RICCI, N. et al. 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.

SANCHEZ, V. M. et al. Fruit maturity, storage and postharvest maturation treatments affect bell pepper (*Capsicum annuum* L.) seed quality. **Scientia Horticulturae**, v. 54, n. 3, p. 191–201, 1993.

SANTOS, H. S. **Desempenho agrônômico e marcha de absorção de nutrientes em plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L.) enxertadas em porta-enxertos resistentes a patógenos de solo**. [s.l.] Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, 2005.

SORIANO, D. et al. Seed reserve translocation and early seedling growth of eight tree species in a tropical deciduous forest in Mexico. **Plant Ecology**, v. 214, n. 11, p. 1361–1375, 14 nov. 2013.

ZUCARELI, C. et al. Fósforo na produtividade e qualidade de sementes de feijão Carioca Precoce cultivado no período das águas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 32–38, 2011.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Algumas espécies de hortaliças apresentam crescimento indeterminado com florescimento, frutificação e maturação das sementes ao longo do ciclo, o que inviabiliza a colheita única dos frutos maduros. Com isto há aumento de custo com mão de obra para se realizar colheitas parceladas. Caso se faça uma colheita única, muitos frutos ainda estarão com as sementes imaturas, resultando em menor qualidade fisiológica (germinação e vigor) do lote produzido, assim como frutos que passem do ponto ideal podem ter suas sementes já em processo de deterioração, após atingirem a maturidade fisiológica. Com o repouso pós-colheita dos frutos há a oportunidade de se reduzir o número de colheitas sem perda de qualidade. Além disto, quanto mais tempo os frutos permanecerem no campo de produção, mais tempo estarão suscetíveis ao ataque de pragas e patógenos, com perda de produção e qualidade.

Apesar de existirem algumas pesquisas onde se teve como objetivo avaliar a qualidade das sementes de acordo com a idade e o repouso pós-colheita dos frutos, os resultados nem sempre são concordantes, podendo variar de acordo com a espécie, genótipo, condições ambientais, dentre outros. Além disto, a simples idade do fruto não é um bom parâmetro, necessitando caracterizar morfológicamente o fruto, o que nem sempre ocorre.

Também são poucas as pesquisas com a atividade enzimática nas sementes e sua correlação com a qualidade fisiológica, assim como o teor e acúmulo de nutrientes ao longo da maturação das sementes. A semente é capaz de armazenar nutrientes que são utilizados nos estádios iniciais da germinação e também interferem na capacidade de armazenamento, o que não foi estudado nesta pesquisa, mas ainda pode ser feito.

Portanto, mais pesquisas são necessárias para que se possa entender como todas estas variáveis se correlacionam e como obter lotes de sementes com elevada qualidade com o menor custo possível.

REFERÊNCIAS

- APEL, K.; HIRT, H. Reactive Oxygen Species: Metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v. 55, n. 1, p. 373–399, 2004.
- BEWLEY, J. D. et al. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3. ed. New York: Springer, 2013.
- CARDOSO, A. I. I. et al. Phosphate fertilization on production and quality of cauliflower seeds. **Ciência Rural**, v. 46, n. 8, p. 1337–1343, 2016.
- CARVALHO, M. H. C. Drought stress and reactive oxygen species: production, scavenging and signaling. **Plant Signaling & Behavior**, v. 3, p. 156–165, 2008.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: Ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 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.
- DESAI, B. B.; KOTECHA, P. M.; SALUNKHE, D. K. **Seeds handbook: biology, production, processing and storage**. New York: Marcel Dekker, 1997.
- FIGUEIREDO NETO, A. et al. Physiological maturity of pumpkin seeds. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 27, p. 2662–2667, 2015.
- GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, n. 12, p. 909–930, 2010.
- JACOB-NETO, J.; ROSSETO, C. A. V. Concentração de nutrientes nas sementes: O papel do molibdênio. **Floresta e Ambiente**, v. 5, n. 1, p. 31–39, 1998.
- MAGALHÃES, W. DE A. et al. Quantificação de nutrientes em sementes de soja. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 13, n. 2, p. 95–100, 2015.
- MAGRO, F. O. et al. Composto orgânico na produção e qualidade de sementes de brócolis. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 596–602, 2010.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba:

FEALQ, 2005. 495 p.

MCDONALD, M. B. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**, v. 27, n. 1, p. 177–237, 1999.

MUNSELL SOIL COLOR CHARTS. Baltimore, Md.: Munsell Color Company, 1954.

NAKADA-FREITAS, P. G. et al. Maturação e repouso de frutos de hortaliças para produção e qualidade de sementes. In: POLYCARPO, G. V. et al. (Eds.). . **IMAST 2018: atualidades nas ciências agrárias: mudanças, tendências e impactos**. Drcena: Cultura Acadêmica, 2018. p. 76–101.

PEREIRA, F. E. C. B. et al. Qualidade fisiológica de sementes de pimenta em função da idade e do tempo de repouso pós-colheita dos frutos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 4, p. 737–744, 2014.

RICCI, N. et al. Qualidade de sementes de pimenta jalapenho em função da maturação e tempo de permanência nos frutos. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 43, n. 2, p. 123–129, 2013.

SANCHEZ, V. M. et al. Fruit maturity, storage and postharvest maturation treatments affect bell pepper (*Capsicum annuum* L.) seed quality. **Scientia Horticulturae**, v. 54, n. 3, p. 191–201, 1993.

SCANDALIOS, J. G. Isozymes in Development and Differentiation. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 25, n. 1, p. 225–258, 1974.

SPANÒ, C. et al. Responses to desiccation injury in developing wheat embryos from naturally- and artificially-dried grains. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 49, n. 4, p. 363–367, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 1338 p.

VIDIGAL, D. DE S. et al. 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. DE S. et al. 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.