



Atraso na maturação e qualidade pós-colheita de seriguela exposta a radiação ultravioleta-C

Alex Guimarães SANCHES^{1*}, Maryelle Barros da SILVA², Elaine Gleice Silva MOREIRA²,
Edmarcos Xavier dos SANTOS³

¹Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil.

²Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Estadual de Goiás, Ipameri, GO, Brasil

³Universidade Federal do Pará, Campus Altamira, Altamira, PA, Brasil.

*E-mail: alexsanches.eng@gmail.com

Recebido em janeiro/2017; Aceito em fevereiro/2018.

RESUMO: A seriguela é um fruto tropical que desponta entre as espécies do gênero *Spondias* como de melhor qualidade e aceitação pelo consumidor, contudo a sua vida útil *in natura* é muito curta sendo necessário o uso de tecnologias para a manutenção de suas propriedades qualitativas após a colheita. Assim, o presente trabalho objetiva avaliar os efeitos da radiação no espectro UV-C sobre o controle do amadurecimento e as propriedades qualitativas durante o armazenamento refrigerado. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado arranjados em um esquema fatorial 3x5 (três doses de radiação UV-C: 0, 2 e 4 kJ/m²) e (cinco tempos de avaliação: 0, 3, 6, 9 e 12 dias) com cinco repetições. Os frutos foram mantidos a 25°C e avaliados quanto a perda de massa fresca, firmeza da polpa, coloração da casca, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, pH, teor de ácido ascórbico, compostos fenólicos e atividade antioxidante. A utilização da radiação atrasou o processo de maturação principalmente sobre a manutenção da cor amarela ao longo dos dias, além de menor degradação dos sólidos solúveis, teor de vitamina C, ácidos orgânicos e dos compostos bioativos. A dose de 2 kJ/m² manteve a qualidade comercial dos frutos por até 9 dias.

Palavras-chave: *Spondias purpurea* L., fruto tropical, características qualitativas, compostos bioativos.

Delay maturation and post-harvest quality of seriguela exposed by ultraviolet irradiation

ABSTRACT: The seriguela is a tropical fruit that emerges among the species of the genus *Spondias* as of better quality and acceptance by the consumer, however its useful life *in natura* is very short, being necessary the use of technologies for the maintenance of its qualitative properties after the harvest. Thus, the present work aims to evaluate the effects of radiation in the UV-C spectrum on maturation control and qualitative properties during refrigerated storage. The experimental design was completely randomized, arranged in a 3x5 factorial scheme (three doses of UV-C radiation: 0, 2 and 4 kJ/m²) and (five evaluation times: 0, 3, 6, 9 and 12 days) with five replicates. The fruits were kept at 25 ° C and evaluated for loss of fresh mass, pulp firmness, peel color, total soluble solids, titratable total acidity, pH, ascorbic acid content, phenolic compounds and antioxidant activity. The use of the radiation delayed the maturation process mainly on the maintenance of the yellow color throughout the days, besides lower degradation of the soluble solids, content of vitamin C, organic acids and the bioactive compounds. The dose of 2 kJ / m² maintained the commercial quality of the fruits for up to 9 days.

Keywords: *Spondias purpurea* L., tropical fruit, qualitative characteristics, bioactive compounds.

1. INTRODUÇÃO

A serigueleira (*Spondias purpurea* L.) é uma frutífera tropical pertencente à família Anacardiaceae originária da América tropical (PINHEIRO et al., 2015) e que também recebe outras denominações tais como: ceriguela, siriguela, ciriguela, ameixa-da-espanha, cajá vermelho, ciroela, jocote, ciruela mexicana, é uma das espécies mais cultivada do gênero *Spondias*, e dentro deste gênero é a que produz frutos de melhor qualidade (MARTINS; MELO, 2003).

Juntamente com outras espécies do gênero *Spondias*, a seriguela desponta no nordeste brasileiro como uma excelente opção econômica para inúmeros produtores, graças à qualidade dos frutos, os quais são consumidos *in natura*, ou utilizados no preparo de polpa concentrada, de bebidas fermentadas, vinho, sucos e sorvetes (FREIRE et al., 2011). Embora exista expectativa de desenvolvimento e expansão de

seu cultivo, a seriguela é bastante precíval, demandando pesquisas que visem o aumento de sua vida útil.

A conservação de alimentos por irradiação tem-se mostrado como uma alternativa viável e com legislação aprovada em vários países, inclusive no Brasil, uma vez que sua utilização não origina nenhum produto tóxico e não promove alterações nos componentes nutricionais (NUNES, 2015). Dentre os tipos de radiação aplicados em alimentos frescos e processados, o espectro UV-C consolida-se como uma tecnologia eficiente em preservar a qualidade dos alimentos além de ser acessível pelo baixo custo de utilização (TURTOI, 2013).

No âmbito da pós-colheita, a radiação ultravioleta-C tem sido comumente empregada para estender a vida útil de vários frutos através da redução da carga microbiana como observado por Bartinick et al. (2011), em maçãs e por Manzocco et al. (2011), em melões minimamente

processados. Os benefícios da irradiação UV-C também já foram verificados no controle dos processos de amadurecimento e senescência dos frutos conforme preconizado por Sanches et al. (2016), em tangerinas, Campos et al. (2015), em tomates e Daiuto et al. (2013), em abacates "Hass". Do mesmo modo, Pan; Zu (2012), e Sanches et al. (2017a), notaram que o tratamento UV-C mostrou-se ser uma boa alternativa para aumento nos compostos bioativos em abacaxis e em aranhas amarelos (*Eugenia stipitata* L.), respectivamente.

A seriguela apresenta uma grande aceitação pelo consumidor na sua forma *in natura* e o comportamento dos frutos submetidos a radiação UV-C ainda não foi avaliado principalmente no que diz respeito aos benefícios relacionados ao controle do amadurecimento. Assim, no presente trabalho objetiva-se avaliar se a radiação UV-C aplicada sob os frutos *in natura* é capaz de atrasar o amadurecimento e preservar a qualidade físico-química e bioquímica durante o armazenamento em condição de temperatura ambiente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente ensaio foi conduzido com frutos de seriguela selecionados em 10 árvores oriundas de mudas do tipo pé franco com idade de sete anos. Na colheita, padronizou-se frutos com maturidade fisiológica no estágio IV, caracterizado como amarelo predominante (FREIRE et al., 2011).

Os frutos foram acondicionados em caixas térmicas e transportados até ao Laboratório de Biotecnologia Aplicada do Centro de Estudos Ambientais – CEA, situado no município de Altamira-PA. No laboratório os frutos foram selecionados, descartando aqueles com ocorrência de danos mecânicos e ou acometidos por ataque de pragas e doenças. Em seguida, os frutos foram lavados em água corrente e imersos em solução aquosa contendo hipoclorito de sódio na concentração de 5 mg L⁻¹ por 3 minutos e deixados em bancada forrada com papel toalha até apresentarem-se secos por completo.

Os frutos foram divididos em três lotes com 150 frutos cada, e expostos a radiação UV-C por 0 minutos, correspondendo o tratamento controle e exposição por 2,95 e 5,86 minutos, sendo os tempos de exposição à iluminação equivalentes as doses de 2 kJ/m² e 4 kJ/m², respectivamente (COUTINHO et al., 2003). Adotou-se um delineamento experimental inteiramente casualizados em esquema fatorial 3x5, sendo três doses de irradiação (0, 2 e 4 kJ/m²) e cinco tempos de análise (0, 3, 6, 9 e 12 dias), com cinco repetições e cada parcela constituída por 10 frutos.

Após a aplicação da irradiação sob os frutos estes foram acondicionados em bandejas poliestireno expandido (EPS) e mantidos em condição de temperatura ambiente laboratorial (25 ± 2°C e 85 ± 5% de umidade relativa) por 12 dias, simulando a forma de comercialização nos pontos de venda a varejo. Os frutos foram analisados a cada três dias sobre as seguintes características físico-químicas e bioquímicas:

Perda de massa fresca: determinada a partir da pesagem dos frutos em balança analítica de precisão, calculando-se o peso nos dias de retirada das amostras e subtraindo da pesagem realizada no dia zero, sendo os resultados expressos em porcentagem (%).

A firmeza da polpa foi determinada utilizando texturômetro (*Stevens-LFRA Texture Analyser*), onde foi

determinada a força de penetração necessária para que a ponteira de 2,5 cm de comprimento e 4 mm de diâmetro penetrasse na polpa do fruto, e os resultados foram expressos em Newton (N).

A coloração da casca foi determinada pelo colorímetro Minolta, modelo CR-300. Foram tomadas duas leituras por fruto, em lados opostos de sua região equatorial e os resultados expressos em ângulo de luminosidade (L*) que caracteriza o brilho nos frutos, e o ângulo de chroma (C°) que faz referência a mudança de coloração.

O teor de sólidos solúveis totais foi determinado através de leitura refratométrica direta em graus Brix (°Brix), com refratômetro digital da marca ATAGO – N1, com compensação automática de temperatura seguindo os procedimentos descritos por AOAC (2012).

A acidez total titulável foi mensurada seguindo a metodologia recomendada por AOAC (2012), utilizando-se 10g de polpa homogeneizada e diluída em 90 mL de água destilada, seguida de titulação em bureta digital com solução de NaOH a 0,1M padronizada, tendo como indicador o ponto de viragem da fenolftaleína e os resultados expressos % ácido cítrico polpa.

O pH foi realizado com auxílio de um potenciômetro digital (DMOH 2) com eletrodo de membrana de vidro e calibrado com soluções de pH 4,0 e 7,0 sendo a leitura realizada diretamente sobre o suco das amostras.

O conteúdo de ácido ascórbico foi determinado pelo método proposto por Chen e Wang (2002) em espectrofotômetro a 525 nm, sendo os resultados expressos na curva de calibração em g.100g⁻¹ de ácido ascórbico.

Os compostos fenólicos totais, determinados segundo a metodologia proposta por AOAC (2012) em espectrofotômetro com leitura das alíquotas a 700 nm e os resultados expressos em mg de equivalentes de ácido gálico (EAG) por Kg MF.

A capacidade antioxidante total dos frutos foi determinada pela metodologia de DPPH de acordo com o proposto por AOAC (2012) com leitura espectrofotométrica das alíquotas no comprimento de onda de 734 nm e os resultados expressos em EC₅₀ (µg/mL).

Os resultados de cada análise foram submetidos à análise de variância pelo teste F e análise de regressão, quando houve significância as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade através da interface do programa estatístico Assistat 7.7 versão beta.

3. RESULTADOS

De acordo com a Figura 1, nota-se que a exposição dos frutos a radiação UV-C promoveu uma menor redução na perda de massa fresca, especialmente quando tratados com 2 kJ/m² cuja perda ficou em torno de 3% ao final de 12 dias.

Os frutos do não expostos a radiação apresentaram os maiores percentuais na perda de massa fresca durante todo o período de armazenamento, todavia, não foi verificada interação significativa com os frutos expostos a dose de 4 kJ/m² no nono dia de análise quando o percentual médio ficou em torno de 3,70%. Ao final de doze dias, os frutos do tratamento controle não foram avaliados devido à alta incidência de podridões (Figura 1).

A firmeza na polpa dos frutos foi significativamente afetada com o tempo de armazenamento, observando-se reduções em todos os tratamentos (Figura 2).

Nos frutos do tratamento controle a redução é mais pronunciada logo após o terceiro dia, não sendo possível a avaliação com o texturômetro a partir do sexto dia de armazenamento em função do elevado nível de amadurecimento dos frutos caracterizando-os com a polpa extremamente mole (Figura 2).

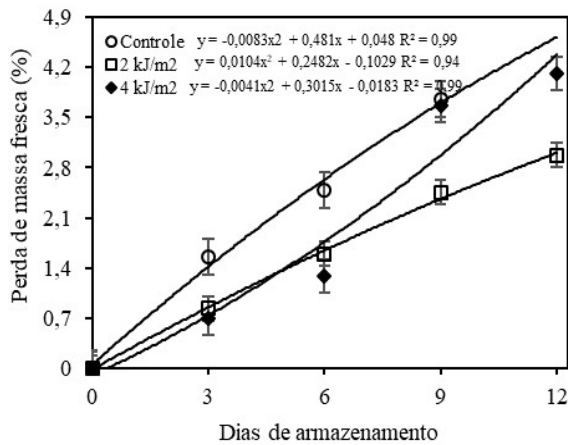


Figura 1. Perda de massa fresca (%) em seriguelas expostas a radiação UV-C durante 12 dias de armazenamento em condição de temperatura ambiente.

Figure 1. Loss of fresh mass (%) in seriguelas exposed to UV-C radiation during 12 days of storage under ambient temperature conditions.

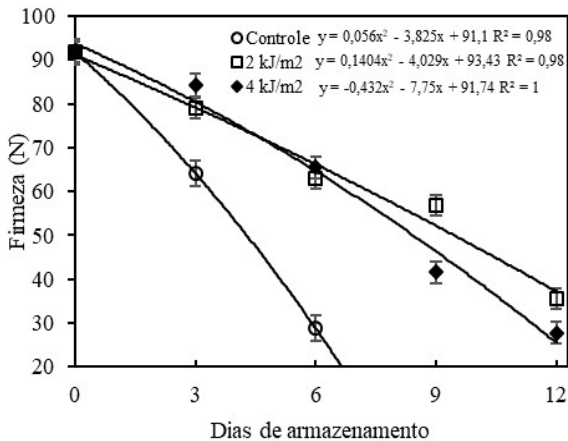


Figura 2. Valores médios de firmeza da polpa (N) em seriguelas expostas a radiação UV-C durante 12 dias de armazenamento em condição de temperatura ambiente.

Figure 2. Average values of firmness of the pulp (N) in seriguelas exposed to UV-C radiation during 12 days of storage under ambient temperature conditions.

Nos frutos irradiados (2 e 4 kJ/m²), não foi verificado efeito significativo entre si até o sexto dia de armazenamento com valores médios em torno de 62,0 N, após este período verificou-se uma redução expressiva na firmeza dos frutos irradiados com 4 kJ/m² observando valor médio de 27,76 N ao fim do armazenamento. Para o mesmo tempo, os frutos irradiados com 2 kJ/m² apresentaram-se com média de até 8 N mais firmes, diferindo estatisticamente (Figura 2).

Analisando a Figura 3, verifica-se que os valores para a variável L* decresceram com o tempo de armazenamento em todos os tratamentos caracterizando a perda de brilho com o avanço no processo de amadurecimento dos frutos.

Os frutos não expostos ao tratamento UV-C apresentaram os menores valores, principalmente após o terceiro dia de análise sugerindo uma perda de brilho mais acentuada se

comparados aos frutos irradiados (Figura 3). Entre as doses de radiação utilizadas, observou-se efeito significativo (p<0,05) somente no último dia de armazenamento quando a dose de 2 kJ/m² favoreceu frutos com maior intensidade de brilho (Figura 3).

Para a coordenada cromática (C^o), observa-se uma tendência de aumento com a maturação dos frutos em todos os tratamentos, indicando deste modo que a intensidade da cor verde estava diminuindo e as cores características da seriguela madura (alaranjado) estavam mais vividas (Figura 4). No tratamento controle a mudança de cor foi acentuada entre o dia zero e o terceiro dia de análise, quando a tonalidade passou de amarelo para alaranjado, atingindo a coloração vermelha no sexto dia de armazenamento, sendo os valores verificados de 45,39, 53,61 e 62,57 C^o, respectivamente.

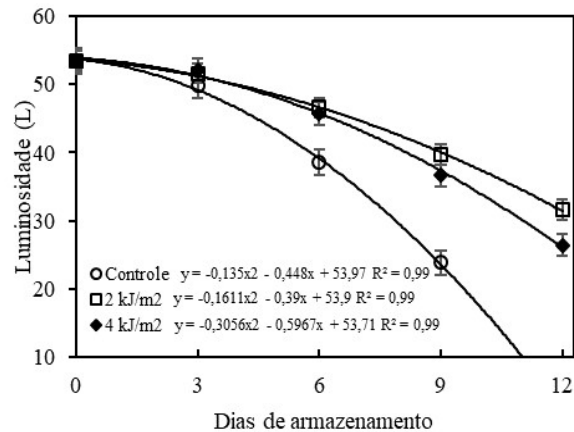


Figura 3. Valores médios de luminosidade (L*) em seriguelas expostas à radiação UV-C durante 12 dias de armazenamento em condição de temperatura ambiente.

Figure 3. Average values of luminosity (L*) in seriguelas exposed to UV-C radiation during 12 days of storage under ambient temperature conditions.

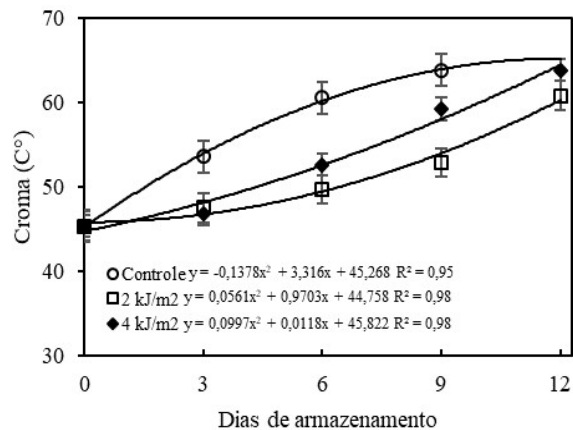


Figura 4. Valores médios de Chroma (C°) em seriguelas expostas a radiação UV-C durante 12 dias de armazenamento em condição de temperatura ambiente.

Figure 4. Mean values of Chroma (C°) in seriguelas exposed to UV-C radiation during 12 days of storage under ambient temperature conditions.

As doses de radiação promoveram um atraso significativo na evolução da cor dos frutos até o sexto dia, sendo caracterizados com tonalidade amarelo-alaranjado, não observando diferenças significativas entre si. Ao final de nove dias somente os frutos irradiados com 4 kJ/m²

apresentaram um ligeiro aumento atingindo valores de 59,34 °C caracterizados com coloração vermelho intenso. Os frutos tratados com 2 kJ/m² para o mesmo período ainda apresentavam tonalidade alaranjada com média de 52,87 °C e somente ao 12º dia apresentaram coloração predominante da maturação (vermelho intenso) com média de 62,84 °C, sem diferir contudo, dos frutos irradiados com 4 kJ/m² (Figura 4).

O teor de sólidos solúveis apresentou um aumento em todos os tratamentos, a partir do primeiro dia de análise, sendo que os valores máximos verificados foram no sexto dia de avaliação (19,5 °Brix) e nono (20,8 °Brix e 21,4 °Brix) nos frutos do tratamento controle, e quando irradiados na dose de 4 kJ/m² e 2 kJ/m², respectivamente. (Figura 5).

Os frutos irradiados na dose de 2 kJ/m² apresentaram uma leve redução após o nono dia (Figura 5), evidenciando assim, um efeito positivo no controle do avanço da senescência por conta do menor consumo dos açúcares como substrato energético a respiração.

O conteúdo de acidez titulável na polpa dos frutos apresentou variações no decorrer do tempo de armazenamento em todos os tratamentos (Figura 6).

Os teores de acidez apresentaram um acréscimo passando de 0,61% ácido cítrico/polpa na instalação do experimento para um teor máximo ao sexto dia de análise nos frutos do tratamento testemunha quando a média verificada foi de 0,85% ácido cítrico/polpa e aos nove dias quando os frutos foram irradiados nas doses de 2 e 4 kJ/m² com médias correspondendo a 0,89 e 0,86% ácido cítrico/polpa, respectivamente (Figura 6).

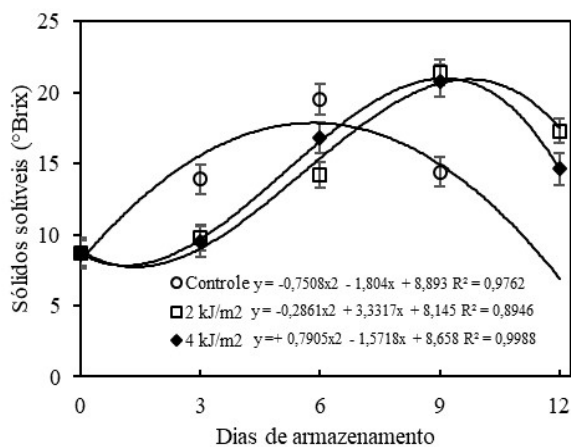


Figura 5. Valores médios sobre o teor de sólidos solúveis totais (°Brix) em seriguelas expostas a radiação UV-C durante 12 dias de armazenamento em condição de temperatura ambiente.

Figure 5. Mean values of total soluble solids (° Brix) in serigolds exposed to UV-C radiation during 12 days of storage under ambient temperature conditions.

O acúmulo dos ácidos orgânicos na polpa dos frutos até o nono dia de análise, assim como a sua redução a partir deste período não promoveram diferenças significativas entre os frutos irradiado com 2 e 4 kJ/m², contudo, o comportamento apresentando por estes diferiram do tratamento controle em função da menor concentração de ácidos na polpa durante o período inicial assim como da menor degradação verificada no terço final de armazenamento, refletindo portanto, em um retardo no processo de amadurecimento (Figura 6).

Os valores de pH oscilaram entre 3,09 a 3,62 ao longo do período experimental sendo influenciado principalmente pelo

tempo de armazenamento provocando oscilações durante os dias de análise (Figura 7).

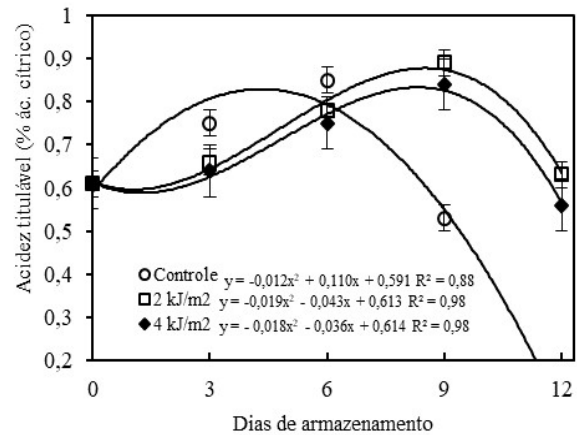


Figura 6. Valores médios de acidez total titulável (% ácido cítrico) em seriguelas expostas a radiação UV-C durante 12 dias de armazenamento em condição de temperatura ambiente.

Figure 6. Average titratable total acidity (% citric acid) values in serigolds exposed to UV-C radiation during 12 days of storage under ambient temperature conditions.

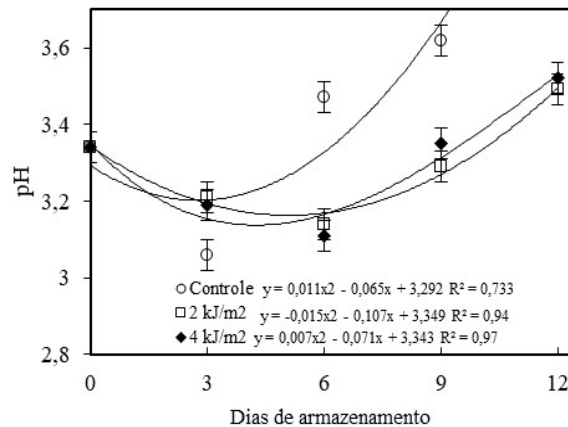


Figura 7. Valores médios de pH em seriguelas expostas a radiação UV-C durante 12 dias de armazenamento em condição de temperatura ambiente.

Figure 7. Average values of pH in serigolds exposed to UV-C radiation during 12 days of storage under ambient temperature conditions.

De maneira geral, nota-se que os valores de pH apresentaram comportamento inverso ao da acidez titulável, houve um declínio entre o dia zero e o terceiro dia de análise com médias correspondendo a 3,34 e 3,06 pH, respectivamente. A partir desse período os valores cresceram progressivamente até o nono dia de análise, quando a média determinada foi de 3,62 pH, diferindo estatisticamente entre os tratamentos. O elevado grau de deterioração e fermentação das amostras não permitiu sua análise ao final de doze dias nos frutos do tratamento controle (Figura 7).

Nos frutos que foram tratados com radiação, o decréscimo nos valores é verificado até o sexto dia de análise com valores médios de 3,14 e 3,11 para as doses de 2 e 4 kJ/m², respectivamente. Mesmo com elevação nos valores até o final de doze dias, observa-se que o valor médio não ultrapassou 3,55 em ambos os tratamentos (Figura 7).

Com relação ao teor de vitamina C, esta foi significativamente influenciada pelas doses de radiação utilizadas, isto é, os teores permaneceram mais altos em

relação aos frutos do tratamento controle, durante o período de armazenamento (Figura 8).

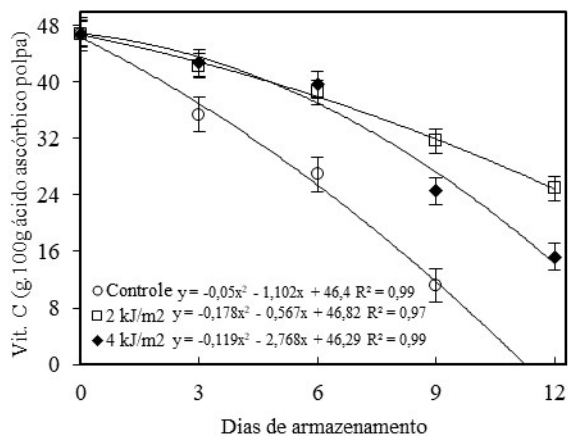


Figura 8. Valores médios de vitamina C (mg.100g ácido ascórbico polpa) em seriguelas expostas a radiação UV-C durante 12 dias de armazenamento em condição de temperatura ambiente.

Figure 8. Mean values of vitamin C (mg.100g ascorbic acid pulp) in seriguelas exposed to UV-C radiation during 12 days of storage under ambient temperature conditions.

Os teores de vitamina C apresentaram reduções com o tempo de armazenamento passando de 46,8 mg.100g⁻¹ de ácido ascórbico no dia zero para menos de 15,5 mg.100g⁻¹ de ácido ascórbico após doze dias de análise (Figura 8).

Nos frutos do tratamento controle a redução foi expressiva no terceiro dia, quando se observou uma redução de até 10,5 mg.100g⁻¹ de ácido ascórbico, não sendo possível, contudo, sua determinação após nove dias de armazenamento em função do elevado estado de senescência dos frutos (Figura 8).

Nos frutos irradiados, não se observa diferença estatística entre as doses de UV-C utilizadas (2 e 4 kJ/m²) até o sexto dia de análise verificando ainda poucas alterações em relação ao dia inicial cuja redução foi de apenas 8,0 mg.100g⁻¹ de ácido ascórbico, todavia, os frutos irradiados com 4 kJ/m² apresentaram uma redução acentuada entre o nono e o décimo segundo dia de análise verificando média de 15,2 mg.100g⁻¹ de ácido ascórbico, sendo inferior estatisticamente a dose de 2 kJ/m² que para o mesmo período apresentou reduções mínimas na polpa dos frutos (Figura 8).

De acordo com a Figura 9, observa-se que os compostos fenólicos totais apresentaram um ligeiro aumento até o sexto dia de armazenamento quando os frutos foram expostos a radiação, e um decréscimo nos frutos do tratamento controle ao longo de todo período de análise.

Os frutos irradiados com 2 kJ/m² apresentaram menor degradação desses compostos a partir do sexto dia de análise diferindo significativamente dos demais tratamentos. Nos frutos do tratamento controle a análise só foi permitida até o nono dia de análise por conta do avançado estágio de senescência verificando médias de 406,87 EAG por Kg MF (Figura 9).

Nota-se um aumento na capacidade antioxidante dos frutos até o sexto dia de análise quando irradiados a 2 e 4 kJ/m² com posterior decréscimo até o fim do experimento. Nos frutos não irradiados (controle) a redução é expressiva após o terceiro dia com média final abaixo de 115 EC₅₀ (µg/mL) com nove dias de armazenamento (Figura 10).

A média geral sobre a capacidade antioxidante dos frutos de seriguela verificada neste experimento foi de 138,65 EC₅₀ (µg/mL), valor próximo aqueles identificados Rezende et al. (2009) que em análise da atividade antioxidante em seriguelas obtiveram média de 144,00 EC₅₀ (µg/mL).

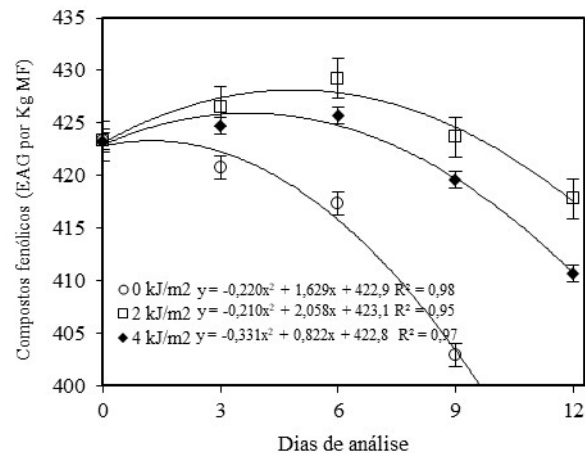


Figura 9. Valores médios sobre o teor de compostos fenólicos totais (EAG por Kg MF) em seriguelas expostas a radiação UV-C durante 12 dias de armazenamento em condição de temperatura ambiente.

Figure 9: Mean values of total phenolic compounds (EAG per Kg MF) in serigields exposed to UV-C radiation during 12 days of storage under ambient temperature conditions.

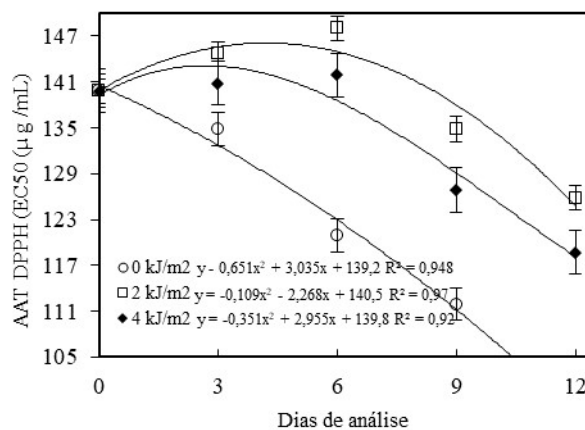


Figura 10. Valores médios sobre a atividade antioxidante total pelo método DPPH em seriguelas expostas à radiação UV-C durante 12 dias de armazenamento em condição de temperatura ambiente.

Figure 10. Mean values of total antioxidant activity by the DPPH method in seriguelas exposed to UV-C radiation during 12 days of storage under ambient temperature conditions.

4. DISCUSSÃO

A redução na massa fresca está diretamente relacionada com a perda de umidade para o ambiente, sendo esta condicionada a condição de armazenamento e as demais técnicas de conservação adotadas (KLUGE et al., 2016).

Neste trabalho, não havia uma barreira física como a refrigeração ou a atmosfera modificada para restringir a perda de peso, assim, sugere-se que a menor perda de massa observada nos frutos expostos a radiação, deve-se ao seu efeito sobre o controle do amadurecimento, restringindo as alterações metabólicas como a atividade respiratória dos frutos, e consequentemente a manutenção da turgescência das células ao longo do tempo de armazenamento.

O estresse por radiação UV-C também restringiu a perda de massa fresca em frutos inteiros como em abacates "Hass"

(DAIUTO et al., 2013), tomates cv. Hinac (PINHEIRO et al., 2015) e em araças (*Eugeniastipitata* L) (SANCHES et al., 2017a), sugerindo tal efeito ao controle da atividade respiratória, principal mecanismo de perda de massa em frutos após a colheita.

O decréscimo na firmeza dos frutos durante o armazenamento está associado ao processo de amadurecimento, levando a atuação de enzimas hidrolíticas sobre a parede celular como a pectinametilesterase (PME) e a poligalacturonase (PG) (KHADEMI et al., 2013).

A exposição à radiação conseguiu gerar um estresse hormético capaz de reduzir a atividade dessas enzimas que atuam sobre a parede celular durante o tempo de armazenamento, observando com isso menor perda de firmeza após 12 dias, especialmente quando expostos a 2 kJ/m² de dose irradiante.

A firmeza dos frutos verificada na instalação do experimento (91,74 N) é similar aos valores determinados por Pinheiro et al. (2015), que ao avaliarem frutos em estágio de maturação fisiológico na cor verde verificaram valor médio de 90,16 N. De acordo com Scolforo (2014), a cor dos frutos gera o primeiro impacto do alimento sobre o consumidor e fornece indicações sobre o grau de maturação ou conservação dos frutos e hortaliças, sendo uma importante característica na determinação de qualidade.

Os resultados deste trabalho confirmam os encontrados por Mantovani et al. (2013) e por Scott et al. (2017), que também verificaram menor perda de luminosidade (L*) em tomates tratados com radiação UV-C quando comparados ao grupo controle, reforçando a eficiência da radiação UV-C em atuar como inibidora da síntese de pigmentos coloridos, característicos do processo de amadurecimento.

Para Chitarra; Chitarra (2005), o teor de sólidos solúveis totais (SST) envolvem todos os compostos orgânicos dissolvidos no suco celular como carboidratos, vitaminas e principalmente açúcares. Durante o armazenamento os teores tendem a aumentar seja pela solubilização do amido a açúcares menores como glicose e frutose ou pela perda de água que pode acumular os açúcares na polpa, tornando-os mais adocicados.

Neste trabalho, o aumento no teor de sólidos solúveis foi decorrente da própria síntese de compostos que envolvem o amadurecimento, haja visto que os frutos foram colhidos em estágio de maturação IV caracterizado como amarelo predominante.

Os valores médios são superiores aos verificados por Neves et al. (2015), que avaliando o teor de SST na polpa de cajás, fruta pertencente ao gênero *Spondias* notaram pico máximo de 12,8°Brix, o que aumenta a aceitação deste fruto para o consumo *in natura* em função da quantidade expressiva açúcares. Freire et al. (2011), ao trabalhar com frutos de seriguela em seis estádios de maturação, encontraram valores de SS entre 6,23 °Brix e 21,2 °Brix, os quais pouco diferem dos encontrados nesta pesquisa que foram de 8,7 °Brix a 21,4 °Brix.

Esse pico máximo de concentração de SST está associado a perda de massa fresca, uma vez que a perda de água concentra mais a quantidade de açúcares existentes na polpa dos frutos. Por outro lado, o decréscimo verificado na concentração de açúcares pode estar associado ao processo de maturação, isto é, quando os açúcares passam a ser consumidos pelo metabolismo respiratório (KLUGE et al., 2016).

Resultado semelhante foi observado por Khademi et al. (2013), que mesmo notando variações nos valores de SST na popa de caquis durante o armazenamento, verificaram que os frutos irradiados sofreram alterações menos significativas nos teores de SST em relação ao controle.

O aumento nos valores de acidez está relacionado com a perda de massa fresca, favorecendo a concentração de ácidos orgânicos na polpa dos frutos e pelo estágio de maturação que foram colhidos. Já a redução observada no sexto e nono dia de análise pode ser explicada pelo avanço no processo de maturação na qual os ácidos orgânicos estariam sendo usados como fonte de energia nas transformações metabólicas principalmente aquelas relacionadas ao metabolismo respiratório (CAVALINI et al., 2015).

Soares (2016) avaliando o efeito de revestimento comestível sobre a conservação de cajá (*Spondias mombin* L) também verificou variações na concentração de ácido cítrico na polpa dos frutos, observando um ligeiro aumento nos dias iniciais com posterior redução à medida que estes amadureciam. Perkins Veazie et al. (2008), em estudo com mirtilo submetidos ao tratamento com luz UV-C, também não verificaram diferenças significativas para os teores ATT durante o armazenamento, contudo, os frutos irradiados apresentavam teores mais elevados indicando que independente da dose de irradiação utilizada houve um menor consumo dos ácidos orgânicos pelo metabolismo respiratório dos frutos.

Por outro lado, Sanches et al. (2017b), observaram redução no conteúdo de acidez em taperebás (*Spondia mombin* L.), no entanto, os autores utilizaram frutos completamente maduros, o que justifica o decréscimo em todo o período de armazenamento.

Pinheiro et al. (2015) ao analisarem frutos de seriguela em diferentes estádios de maturação também notaram valores crescente de pH com médias entre 3,46 a 3,59.

Para Chitarra; Chitarra (2005), a manutenção do pH na pós-colheita é fundamental para as características de palatabilidade e sabor dos alimentos, assim, valores crescentes com o tempo de armazenamento é um indicativo de elevada acidez e consequentemente um estágio de maturação/senescência mais elevado.

Esse comportamento do pH em função de doses de radiação também foi verificado por Campos et al. (2015) e por Sanches et al. (2016), em tomates e tangerinas, respectivamente. Onde os frutos irradiados mostraram valores abaixo quando comparados ao tratamento controle.

A redução nos teores de vitamina C na polpa dos frutos são ocasionados pela atuação da enzima ascorbato oxidase, que apresenta maior atividade em frutos maduros que nos verdes (SILVA, 2010), explicando dessa forma a perda do conteúdo de vitamina C durante o processo de amadurecimento e armazenamento.

Esses valores estão dentro da faixa reportada por Moura et al. (2009), que verificaram médias sobre o teor de ácido ascórbico durante o armazenamento de frutos de genótipos de cajazeiras, espécie esta pertencente ao mesmo gênero (*Spondias*) da seriguela oscilando entre 49,06 a 14,3 g.100g⁻¹ de ácido ascórbico

Esses resultados corroboram com a pesquisa de Campos et al. (2015) que avaliando diferentes doses de irradiação na conservação de tomates "Pitenza" observaram que a dose de 2,27 kJ/m² em comparação com doses mais elevadas de UV-C (4,54 e 7,19 kJ/m²) foi suficiente para promover

manutenção nos teores de ácido ascórbico na polpa dos frutos ao longo de 21 dias de armazenamento refrigerado. O mesmo foi observado por Pan; Zu (2012) que mesmo notando redução no conteúdo de vitamina C na polpa de abacaxi minimamente processado com o tempo de armazenamento o uso da irradiação UV-C favoreceu menor degradação quando comparado ao controle.

Os compostos fenólicos são substâncias que apresentam efeitos biológicos, incluindo ação antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória e vasodilatadora. Esses compostos são sensíveis à degradação com o avanço no processo de maturação sendo fundamental sua manutenção durante a vida útil de organismos vegetais (BREITFELLNER et al., 2002).

Esse comportamento corrobora com as afirmações de Alothman et al. (2009) em que relatam que o uso da radiação UV-C é capaz de gerar um estresse nos frutos, induzindo a produção de metabólitos secundários provenientes da ativação do mecanismo de defesa dos vegetais controlando sua degradação.

Em uvas de mesa (cv. Napoleon) a radiação UV-C aliada ao armazenamento refrigerado promoveu aumento no teor de fenólicos totais (CANTOS et al., 2000). O aumento no conteúdo de fenólicos totais também foi observado na polpa de morangos (ERKAN et al., 2008) e de abacaxi (ALOTHMAN et al., 2009) quando submetidos a diferentes doses de irradiação UV-C em comparação ao controle.

A condução do experimento em condição de temperatura ambiente foi sem dúvida um dos fatores que promoveram os decréscimos de compostos fenólicos com o tempo de armazenamento, uma vez que não havia uma barreira atmosférica como a refrigeração para controlar as trocas gasosas com o ambiente. Lee et al. (2003), citam que armazenamentos prolongados promovem a oxidação enzimática e química dos compostos fenólicos, contribuindo para sua redução.

De modo geral, o comportamento da atividade antioxidante foi similar àquela verificada no teor de compostos fenólicos uma vez que os compostos fenólicos também apresentam atividade antioxidante (MISHRA et al., 2010). O controle das perdas de compostos antioxidantes na pós-colheita de frutos e hortaliças é muito importante uma vez que eles são responsáveis por reagir com radicais livres e diminuir o desenvolvimento de uma série de doenças que acomete os seres humanos (COSTA et al., 2013).

5. CONCLUSÕES

A radiação UV-C como tecnologia de conservação pós-colheita é eficiente no atraso da maturação das seriguelas em até 3 dias quando comparados ao controle.

O uso da radiação não afeta a qualidade dos frutos, observando-se retardo nos constituintes que envolvem o amadurecimento da seriguela tais como: coloração da casca, conteúdo de sólidos solúveis totais, acidez titulável e pH.

O estresse provocado pela exposição dos frutos a radiação promove estímulo a síntese de compostos bioativos a exemplo dos fenólicos e da atividade antioxidante durante o armazenamento.

Recomenda-se a exposição dos frutos a dose de 2 kJ/m² por favorecer melhor características de conservação sobre os aspectos qualitativos e bioativos ao longo do tempo de armazenamento, controlando o avanço na maturação dos

frutos. A vida útil dos frutos limitou-se a seis e nove dias para os tratamentos controle e quando tratados com radiação.

6. REFERÊNCIAS

- ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A. A. UVC radiation-induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Amsterdam, v. 10, p. 512-516, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.03.004>
- AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. (2012). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. Washington: AOAC.
- BARTNICKI, V. A.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M.; AMARANTE, C. V. T. do.; STEFFENS, C. A. Tratamentos hidrotérmico e com radiação UV-C no controle pós-colheita da podridão olho-de-boi em uma linha comercial de seleção de maçãs. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 737-745, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011000300007>
- BREITFELLNER, F.; SOLAR, S.; SONTAG, G. Effect of Y-irradiation on phenolic acidz in strawberries. **Food Chemistry and Toxicology**, Nova York, v. 20, n. 2, p. 131-139, 2002.
- CAMPOS, A. J. de.; VIEITES, R. L.; NEVES, L. C.; MOURA, M. L. da S.; MOURA, E. A. de.; CORREIO, K. G. M. de. Qualidade do tomate 'PITENZA' com utilização da radiação ultravioleta (UV-C). **Revista Agroambiente On-line**, Boa Vista, v. 9, n. 3, p. 300-307, 2015.
- CANTOS, E. GARCÍA-VIGUERA, C.; DE PASCUAL, T. S.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Effect of postharvest ultraviolet irradiation on resveratrol and other phenolics of Cv. Napoleon table grapes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 48, p. 4696-4612, 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1021/jf0002948>
- CAVALINI, F. C.; JACOMINO, A. P.; TREVISAN, M. J.; MIGUEL, A. C. A. Ponto de colheita e qualidade de goiabas 'Kumagai'e 'Paluma'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 1, p. 64-72, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-013/14>
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, E. A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. Ed. Lavras: UFLA, 2005. 783 p.
- CHEN, J.; WANG, X. experimental instruction of plant physiology. **South Chima University of Tecnology Press, Guangzhou**, p. 124, 2002.
- COSTA, L.; MONTANO, Y. M.; CARRIÓN, C.; ROLNY, N.; GUIAMET, J. J. Application of low intensity light pulses to delay postharvest senescence of *Ocimum basilicum* L. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 86, p. 181-191, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.06.017>
- COUTINHO, F. E.; SILVA JUNIOR, J. L.; HAERTER, J. A.; NACHTIGALL, G. R.; CANTILLANO, R. F. F. Aplicação pós-colheita de luz ultravioleta (UV-C) em pêssegos cultivar Jade, armazenados em condições ambiente. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 663-666, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782003000400012>
- DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L.; TREMOCOLDI, M. A.; CARVALHO, L. R. de.; FUMES, J. G. F. Pós-colheita do

- abacate "Hass" submetido a radiação UV-C. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, Bogotá, v. 7, n. 2, p. 149-160, 2013. DOI: <https://doi.org/10.17584/rcch.2013v7i2.2231>
- ERKAN, M.; WANG, S. Y.; WANG, C. Y. Effect of UV-C treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme and decay in strawberries fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 48, p. 163-171, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.09.028>
- FREIRE, E. C. B. da S.; SILVA, F. V. G. da; SANTOS, A. F. dos; MEDEIROS, I. F. de. Avaliação da qualidade de ciriguela (*Spondias purpurea*, L) em diferentes estádios de maturação. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 2, p. 27-40, 2011.
- KHADEMI, O. Z.; ZAMANI, E. P. A.; KALANTARI, E. S. Effect of UV-C radiation on postharvest physiology of persimmon fruit (*Diospyros kaki* Thunb.) cv. 'Karaj' during storage at cold temperature. **International Food Research Journal**, Malásia, v. 20, n. 1, p. 247-253, 2013.
- LEE, K. W.; KIM, Y. J.; KIM, D. O.; LEE, H. J.; LEE, C. Y. Major phenolics in apple and their contribution to the total antioxidant capacity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 51, p. 6516-6520, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf034475w>
- MANTOVANI, R. B.; DAIUTO, E. R.; LOPES, R. L.; MAGALHÃES, C. N.; APARECIDA, K. F.; ARRUDA, J. R.; CARVALHO, L. R. de. Radiação (UV-C) Na conservação de tomate 'Pizzadoro' orgânico colhido em dois estádios de maturação. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, Hermosillo, v. 14, n. 2, p. 204-216, 2013.
- MANZOCCO, L.; PIEVE, S. da; MAIFRENI, M. Impact of UV-C light on safety and quality of fresh-cut melon. **Innovative Food science and Emerging Technologies**, v. 12, n. 1, p. 13-17, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2010.11.006>
- MARTINS, S. T.; MELO, B. *Spondias* (Cajá e outras). 2003. Disponível em: <http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/caja.html>. Acesso em 15 jan. 2017.
- MISHRA, R.; DUBEY, A.; BARIK, N. Study on antioxidante activity of common dry fruits. *Found and Chemical Toxicology*, Nova York, v. 48 p. 3316-3320, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.08.029>
- MOURA, N. P.; MACIEL, M. I. S.; MELO, E. A.; LIMA, V. L. A. G. Caracterização físico-química de três genótipos de cajazeiras do banco de germoplasma do IPA e do CEASA. In: **IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE**, 2009. Recife: Editora da Universidade Federal de Pernambuco, v. 1, 2009.
- NUNES, S. P. **Irradiação gama e UV-C na qualidade pós-colheita de mirtilo**. 2015, 94. F. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras, MG, 2015.
- NEVES, L. C.; TOSIN, J. M.; BENEDETTE, R. M.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Post-harvest nutraceutical behaviour during and senescence of highly perishable fruit species from the Northern Brazilian Amazon region. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 174, p. 188-196, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.111>
- PAN, Y. G.; ZU, H. Efeito da radiação UV-C sobre a qualidade dos abacaxis frescos. **Procedia Engineering**, v. 37, p. 113-119, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.04.212>
- PINHEIRO, J. M. das; RODRIGUES, M. L. M.; PARAIZO, E. A.; FONSECA, S. N. A.; MIZOBUTSI, G. P.; LOPES, E. P. Caracterização pós-colheita de seriguela em diferentes estádios de maturação. In: **Congresso Brasileiro de Processamento mínimo e Pós-colheita de frutas, flores e hortaliças**, 001. Anais... Aracaju-SE, 2015.
- PERKINS-VEAZIE, P.; COLLINS, J. K.; HOWARD, E. L. Blueberry fruit response to postharvest application of ultraviolet radiation. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 47, p. 280-285, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.08.002>
- REZENDE, L. C. de; OLIVEIRA, T. S. de; ALVES, C. Q.; JORGE, M. D.; DAVID, J. P. Fenólicos totais e atividade antioxidante de frutas tropicais da Bahia. In: **Anais da 32ª Semana da Sociedade Brasileira de Química**, Fortaleza, CE, 2009.
- SANCHES, A. G.; SILVA, M. B. da; MOREIRA, E. G. S.; COSTA, J. M.; CORDEIRO, C. A. M. Radiação uv-c na longevidade pós-colheita de tangerinas sob refrigeração. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 15, n. 3, p. 338-344, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1818/sap.v15i3.13561>
- SANCHES, A. G.; COSTA, J. M.; da SILVA, M. B.; MOREIRA, E. G. S.; SANTANA, P. J. A.; CORDEIRO, C. A. M. Aspectos qualitativos e amadurecimento do araçá amarelo tratado com radiação UV-C. *Nativa*, Sinop, MT, v. 5, n. 5, p. 303-310, 2017a. DOI: <http://dx.doi.org/10.5935/2318-7670.v05n05a01>
- SANCHES, A. G.; SILVA, M. B. da; MOREIRA, E. G. S.; COSTA, J. M. 1-Metilciclopropeno na manutenção da qualidade pós-colheita de taperebá (*Spondia mombin* L.). **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, n. 2, p. 56-62, 2017b.
- SCOLFORO, C. Z. **Caracterização físico-química, perfil sensorial e aceitação de morangos submetidos à irradiação**. 2014, 137 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Espírito Santo, UFES, Alegre, ES, 2014.
- SCOTT, R.; RUPAR, M.; FLETCHER, A. G. D.; DICKINSON, M.; SHAMA, G. A comparison of low intensity UV-C and high intensity pulsed polychromatic sources as elicitors of hormesis in tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 125, p. 52-58, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.10.012>
- SILVA, F. V. G. da. **Maturação, compostos bioativos e capacidade antioxidante em frutos de genótipos de cajazeiras do BAG Emepa-PB**. 2010, 191 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal da Paraíba, UFPB, 2010.
- SOARES, R. M. C. **Efeito da goma arábica como revestimento para prolongamento da vida pós-colheita do cajá (*Spondias mombin* L)**. 2016, 40 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.
- TURTOI, M. Ultraviolet light treatment of fresh fruits and vegetables surface: A review. **Journal of Agroalimentary Processes and Technologies**, Timisoara, v. 19, n. 3, p. 325-337, 2013.