



Efeito da radiação ultravioleta C na qualidade e armazenamento pós-colheita de pequi

Renato Rosa de ALMEIDA^{1*}, Lucas Rodrigues CAETANO¹, Verediana Fiorentin Rosa de ALMEIDA¹,
Lucas Marquezan NASCIMENTO², André José de CAMPOS¹

¹Câmpus Anápolis de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, Brasil.

²Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.

*E-mail: renatorosa.agricola@outlook.com

Recebido em janeiro/2018; Aceito em agosto/2018.

RESUMO: O pequi é considerado espécie de grande interesse econômico, com grande potencial de expansão na culinária brasileira. Portanto, objetivou-se avaliar o efeito da radiação UV-C na qualidade e longevidade pós-colheita dos caroços de pequi *in natura*. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x4, análises destrutivas, e 4x6, análises não destrutivas, (tempo de radiação x dias), 4 repetições e 5 caroços por embalagem de cloreto de polivinila + poliestireno expandido. Os tratamentos foram expostos à radiação UV-C, com amplitude de onda medindo 254nm, sendo: 0 (controle), 2, 4 e 8 minutos, mantidos a 10±1°C e umidade relativa de 85±5%, sendo realizadas análises não destrutivas, como: perda de massa e conservação pós-colheita, por um período de 15 e 18 dias. As análises destrutivas como: Cor: L*, croma e °hue, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), índice de maturação (SS/AT) e pH, avaliadas por 9 dias. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ($p \leq 0,05$) e regressão, quando significativos. A exposição à radiação UV-C por 4 e 8 minutos manteve a qualidade do pequi por até 18 dias, tornando-se menos susceptível a deterioração e escurecimento, além de apresentar uma tonalidade de cor mais atrativa, e menos ácida.

Palavras-chave: *Caryocar brasiliense* Camb., vida de prateleira, conservação, cerrado.

Effect of ultraviolet radiation on quality and postharvest storage of pequi

ABSTRACT: The pequi is considered species of great economic interest, with great potential for expansion in Brazilian cuisine. Therefore, the objective of evaluating the effect of UV-C radiation on quality and postharvest longevity of seeds of pequi *in natura*. The experiment was conducted in a completely randomized design in factorial scheme 4x4, destructive analyses, and 4x6, non-destructive analyses (time of radiation x days), 4 reps and 5 seeds per pack of polyvinyl chloride + polystyrene expanded. The treatments were exposed to UV-C radiation with wave amplitude measuring 254nm: 0 (control), 2, 4 and 8 minutes, kept at 10 ± 1°C and relative humidity of 85 ± 5%, being carried out, as non-destructive analyses: loss of mass and postharvest conservation, by a period of 15 and 18 days. The destructive analysis as: color: L*, chroma and °hue, titratable acidity (TA), soluble solids (SS), maturation index (SS/TA) and pH, evaluated for 9 days. Data were subjected to analysis of variance ($p \leq 0.05$) and when significant regression. The UV-C radiation exposure for 4 and 8 minutes kept the quality of pequi for up to 18 days, becoming less susceptible to deterioration and dimming, in addition to presenting a more attractive color tone, and less acidic.

Keywords: *Caryocar brasiliense* Camb., shelf life, conservation, cerrado.

1. INTRODUÇÃO

O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.), conhecido popularmente como, pequi, pequiá, amêndoa de espinho, grão de cavalo ou amêndoa do Brasil, é encontrado em todo o cerrado brasileiro (DAMIANI et al., 2013). Sua frutificação ocorre de setembro a fevereiro nas áreas que compreendem o Cerrado goiano (VERA et al., 2005).

A produção é maior em períodos de seca e, na presença de chuvas, há irregularidade de frutificação (LIMA et al., 2007). O fruto do pequi é constituído pelo exocarpo ou pericarpo de coloração esverdeada ou marrom esverdeada, o endocarpo, que é espinhoso, protege a semente, ou amêndoa, que é revestida por uma polpa de cor intensa, que varia de amarelo claro para laranja escuro (MELO JÚNIOR et al., 2004; SANTOS et al., 2010; GEÖCZE et al., 2013).

O pequi apresenta alto valor energético e nutricional, por ser fonte de lipídios, proteínas, vitaminas A (β -caroteno) e C e

sais minerais, o que o torna importante na alimentação das populações da região do Cerrado (RODRIGUES et al., 2009), apresentando propriedades sensoriais, como cor, aroma e sabor diferenciados e muito agradáveis, que o torna amplamente utilizado como ingrediente básico na elaboração de pratos típicos na culinária regional.

Além de seu uso no preparo de pratos típicos, o pequi, serve de matéria-prima para agroindústrias regionais de conservas (FERREIRA; JUNQUEIRA, 2009), temperos, licores e congelados. O consumo e o uso do pequi ainda estão restritos à população local do cerrado, onde é explorado, na sua grande maioria, provenientes de atividade extrativista (VILAS BOAS et al., 2012; MOURA et al., 2013).

Sendo classificado como um fruto não climatérico, o pequi apresenta uma atividade respiratória extremamente alta que diminui durante o seu amadurecimento, assim como diminui a produção de etileno (RODRIGUES et al., 2015), entretanto,

em função do elevado teor de umidade, o pequi sofre decaimento pós-colheita muito rápido, ou seja, entra em processo de senescência logo após a colheita, o que limita a sua vida de prateleira e disponibilidade no mercado interno (OLIVEIRA et al., 2010; RODRIGUES et al., 2009).

Por ser o pequi altamente perecível, devido à intensa atividade metabólica, necessita de métodos de conservação adequado no sentido de estender a vida útil pós-colheita. Assim, a radiação ultravioleta, na faixa de 200 a 280 nm classificada como UV-C (FALGUERA et al., 2011), surge como alternativa de tecnologia para prolongar a vida de prateleira e manter a qualidade do pequi, possibilitando a sua comercialização por maior período, além de expandir o fruto na culinária brasileira e agregar valor ao produto.

A radiação UV-C tem efeito germicida, com maior eficiência no comprimento de onda de 254nm, sendo que estudos vêm demonstrando que esta faixa de radiação se constitui num método eficiente na conservação de alimentos (BASSETTO et al., 2007), atuando de forma eficaz sobre fungos e bactérias, inibindo seu desenvolvimento e germinação pela desnaturação proteica e desorganização da membrana plasmática (DEMIRCI; PANICO, 2008).

A radiação UV-C, sobretudo, tem a capacidade de induzir *hormese* em frutos, definida como o efeito benéfico gerado pela aplicação, em baixas doses, de agentes potencialmente prejudiciais a organismos vivos (SHAMA; ALDERSON, 2005; CIA et al., 2009), além de atuar como estressor abiótico, ativando mecanismos de defesa dos tecidos vegetais, induzindo o metabolismo secundário, especialmente a síntese de compostos fenólicos nos vegetais (GONZÁLEZ-BARRIO et al., 2009; SEVERO et al., 2011).

Dentro deste contexto, objetivou-se avaliar o efeito da radiação UV-C na qualidade e longevidade pós-colheita de caroços de pequi.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) são procedentes do cerrado, sendo coletados de forma extrativista e, posteriormente, enviados a Central de Abastecimento (CEASA), localizado no município de Anápolis/Goiás, situada ao Norte-Leste da capital Goiânia, com altitude de 1017 metros. Entre as coordenadas geográficas 16°19'36" de latitude Sul e 48°57'10" de longitude Oeste, com clima tropical.

Após a aquisição, os frutos foram transportados em caixas plásticas de polietileno de alta densidade (PEAD) - 60 litros até o laboratório de Secagem e Armazenamento de Produtos Vegetais, do curso de Engenharia Agrícola do Câmpus de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo, da Universidade Estadual de Goiás, Anápolis/Goiás. No laboratório, os frutos foram descascados e os caroços selecionados de forma manual, descartando-se aqueles com defeitos e com estágio de maturação avançada.

Para avaliar os efeitos da radiação UV-C na conservação pós-colheita dos caroços de pequi *in natura*, foi usado o delineamento estatístico inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x4, análises destrutivas, e 4x6, análises não destrutivas, (tempo de radiação x dias), 4 repetições e 5 caroços por embalagem de cloreto de polivinila + poliestireno expandido (PVC+EPS). Os tempos de radiação UV-C foram determinados quanto à exposição dos frutos à fonte irradiadora (T1 - 0 (controle), T2 - 2, T3 - 4, e T4 - 8 minutos), com

amplitude de onda medindo 254nm, sendo colocados no interior de um protótipo de irradiador ultravioleta C.

O protótipo de irradiador ultravioleta C (Figura 1), possui câmara cilíndrica de polímero plástico e um grupo de 2 lâmpadas germicidas sem filtro, sendo 1 na parte superior e 1 na parte inferior, com 30 watts cada, ligadas em paralelo, e com estrutura geométrica medindo 0,5x0,5x0,9 m e tela trefilada galvanizada, dividindo o equipamento em parte superior e inferior.



Figura 1. Protótipo do irradiador UV-C fechado (A) e aberto (B). Fonte: Próprio autor, 2017.

Figure 1. The prototype of the irradiator UV-C closed (A) and open (B). Source: the author Himself, 2017

Com o término de cada tempo de radiação, os tratamentos foram armazenados em incubadora *Biochemical Oxygen Demand* - B.O.D. a 10±1°C com umidade relativa de 85±5% (U.R.). Foram realizadas análises não destrutivas, como: perda de massa, por um período de 15 dias (0, 3, 6, 9, 12 e 15 dias), e avaliação visual, em função da sua qualidade comercial (sanidade e coloração), visando verificar a máxima conservação pós-colheita por um período de 18 dias (0, 3, 6, 9, 12, 15 e 18 dias). As análises destrutivas foram: Cor: Luminosidade (L*), croma e °hue, acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS), índice de maturação (SS/AT) e pH, avaliadas por um período de 9 dias (0, 3, 6 e 9 dias).

Para a análise de perda de massa, considerou-se a diferença entre a massa inicial dos caroços de pequi e aquela obtida a cada intervalo de tempo de armazenamento. Sendo calculada a partir da Equação (1):

$$Pm(\%) = \frac{M_i - M_d}{M_i} * 100 \quad (\text{Equação 1})$$

em que: M_i = massa inicial do fruto (g); M_d = massa do fruto no dia de análise (g).

Em relação a conservação pós-colheita "avaliação visual", seguiu-se a metodologia descrita por Souza (2009) com adaptações, utilizado uma escala subjetiva de notas: 9 (frutos frescos com ausência de fungos, escurecimento e livre de deterioração); 7 (frutos frescos com leve presença de fungos, escurecimento e deterioração); 5 (pouco aspecto de frescor com moderada presença de fungos, escurecimento e deterioração); 3 (sem frescor com elevada presença de fungos, escurecimento e deterioração); 0 (frutos desidratados e totalmente coberto com fungos, escurecidos e deteriorado), sendo 7 a nota limite para a qualidade comercial. Para a execução desta análise se fez necessário a participação de 11 avaliadores não treinados.

Para determinação da coloração, por refletância, foi utilizado colorímetro portátil CR - 400 da Konica Minolta. Sendo obtida a luminosidade L^* (indica quão escuro e quão claro é o produto, valor zero cor preta e valor cem cor branca), e a partir da obtenção das coordenadas a^* (representa a intensidade de cor verde (-a) a vermelho (+a)) e b^* (representa a intensidade de cor azul (-b) e amarela (+b)), foram calculados os índices colorimétricos: $^{\circ}hue$ e croma (Equação 2 e 3). O valor do croma define a intensidade e a pureza de uma cor e o $^{\circ}hue$ descreve a tonalidade da cor: 0° ou 360° (vermelho), 90° (amarelo), 180° (verde) e 270° (azul).

$$^{\circ}hue = \arctang\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (\text{Equação 2})$$

$$croma = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (\text{Equação 3})$$

A acidez titulável (AT) foi determinada por titulação potenciométrica, utilizando 5 g de polpa homogeneizada e diluída até o volume total de 100 mL de água destilada, com solução padronizada de NaOH a $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, tendo como indicador fenolftaleína a 1%, sendo os resultados expressos em % de ácido cítrico. O teor de sólidos solúveis (SS) foi avaliado por leitura refratométrica, a 20°C , com refratômetro digital de bancada Abbe *Refractometer* Quimis, com medições de $0-32^{\circ}\text{Brix}$. O índice de maturação (SS/AT) foi obtido pela relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável. E o pH foi determinado por potenciometria, com potenciômetro digital portátil modelo GEHAKA-PG 1400 (AOAC, 2012).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e regressão a 5% de significância. Utilizou-se o programa estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014).

3. RESULTADOS

A perda de massa, Tabela 1, foi influenciada significativamente pela interação entre o tempo de radiação e os dias de armazenamento ($p \leq 0,05$). Observou-se aumento linear na perda de massa a partir do 3º dia de armazenamento, sendo que o tratamento T1 (0 min) determinou a menor perda de massa aos caroços de pequi, em relação aos demais tratamentos.

Tabela 1. Resumo do quadro de análise de variância aplicada à perda de massa (PM), em caroços de pequi submetidos a diferentes tempos de radiação (UV-C) e dias de armazenamento.

Table 1. Summary of the table of analysis of variance applied to the mass loss (MP), in seeds pequi submitted to different times of radiation (UV-C) and storage days.

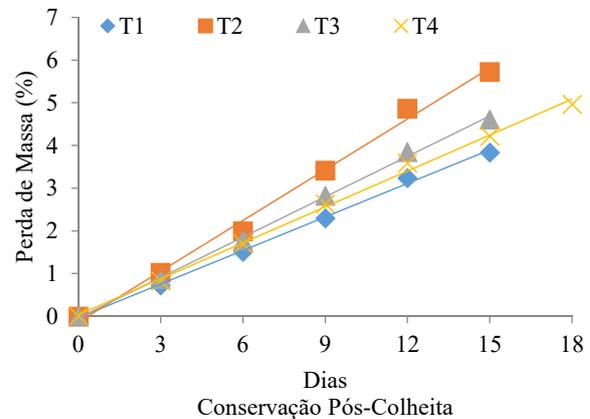
Fator	G.L.	PM	
		QM	Valor-P
TR	3	4,914712	0,0000*
D	4	33,917015	0,0000*
TR x D	12	0,670459	0,0015*
Resíduo	59	0,211510	-
Total	78	-	-
CV (%)	-	16,63	-

Significativo (*) ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). Tempos de radiação UV-C (TR) e dias de armazenamento (D).

Entretanto, os caroços de pequis do T1 (0 min) apresentaram valores médios de perda de massa de 3,84% no 15º dia de armazenamento. Os caroços de pequis, submetidos ao tratamento T2 (2 min), apresentaram maior perda de massa,

seguidos pelo T3 (4 min) e T4 (8 min), apresentando perda de massa na ordem de 5,73%, 4,61% e 4,22%, respectivamente, ao final do 15º dia de armazenamento (Figura 2).

Em relação à máxima conservação pós-colheita (Figura 2), os caroços de pequi *in natura* mantiveram sua qualidade comercial até o 15º dia, destacando-se até o 18º dia o tratamento T4 (8 minutos).



$$*Y(T1 - 0 \text{ min}) = 0,2618x - 0,0312 / R^2 = 99,78\%$$

$$*Y(T2 - 2 \text{ min}) = 0,3961x - 0,1314 / R^2 = 99,40\%$$

$$*Y(T3 - 4 \text{ min}) = 0,3148x - 0,0368 / R^2 = 99,83\%$$

$$*Y(T4 - 8 \text{ min}) = 0,2804x + 0,0378 / R^2 = 99,70\%$$

Figura 2. Variação média da perda de massa (%) e conservação pós-colheita (dias) em caroços de pequi submetidos a diferentes tempos de radiação UV-C e dias de armazenamento.

Figure 2. Variation of average mass loss (%) and postharvest conservation (days) in seeds of pequi subjected to different times of UV-C radiation and storage days.

A variável acidez titulável (AT), Tabela 2, não foi afetada significativamente pela interação entre os fatores, tempos de radiação e dias de armazenamento ($p \leq 0,05$), sendo influenciada apenas pelos efeitos isolados desses fatores. Os caroços de pequi apresentaram valores médios de acidez titulável de 0,11% de ácido cítrico.

Ao longo do armazenamento (Figura 3b), verificou-se incremento dos teores da acidez titulável até o 3º dia (0,15% de ácido cítrico), com posterior redução até o final do armazenamento. Em relação aos tempos de radiação (Figura 3a), observou-se redução da acidez entre os tratamentos, e que o maior tempo de radiação proporcionou a menor acidez titulável.

A variável sólidos solúveis (SS), Tabela 2, foi afetada significativamente pela interação entre os fatores, tempos de radiação e dias ($p \leq 0,05$), apresentando média global de 4,06 °Brix. Observou decréscimo nos teores de sólidos solúveis no 3º dia, com posterior elevação até o 9º dia, principalmente para o tratamento T2 (2 min), apresentando 4,68 °Brix (Figura 4).

A variável índice de maturação (SS/AT) foi influenciada apenas pelos fatores isolados tempo de radiação e dias, enquanto que o pH foi afetado significativamente ($p \leq 0,05$) pela interação dos fatores tempos de radiação e dias de armazenamento (Tabela 3). O valor médio do índice de maturação e pH nos caroços de pequi foi de 42,48 e 6,56, respectivamente.

Os resultados referentes ao índice de maturação indicam redução até o 3º dia, com posterior elevação até o 9º dia de análise (Figura 5b), sendo que os menores valores foram

obtidos no 0 min (37,62) e os maiores no 4 min de UV-C (44,47) (Figura 5a).

Em relação ao pH, Figura 6, observou-se tendência de queda significativa ao longo do armazenamento, para todos os tratamentos. O decréscimo foi mais acentuado nos tratamentos T3 (4 min), no 3º dia (6,18), e T1 (0 min), no 9º dia (5,65) de armazenamento.

Tabela 2. Resumo do quadro de análise de variância aplicada à acidez titulável (AT) e sólidos solúveis (SS), em caroços de pequi submetidos a diferentes tempos de radiação (UV-C) e dias de armazenamento.

Table 2. Summary of the table of analysis of variance applied to the titratable acidity (TA) and soluble solids (SS), in seeds pequi submitted to different times of radiation (UV-C) and storage days.

Fator	G.L.	AT		SS	
		QM	Valor-P	QM	Valor-P
TR	3	0,0021	0,0171*	1,0204	0,0039*
D	3	0,0184	0,0000*	8,4770	0,0000*
TR x D	9	0,0004	0,6733 ^{ns}	0,4994	0,0201*
Resíduo	48	0,0005	-	0,2006	-
Total	63	-	-	-	-
CV(%)	-	21,72		11,04	
Média	-	0,11		4,06	

Significativo (*) e não significativo (^{ns}) ao nível de 5% de probabilidade (p≤0.05). Tempos de radiação UV-C (TR) e dias de armazenamento (D).

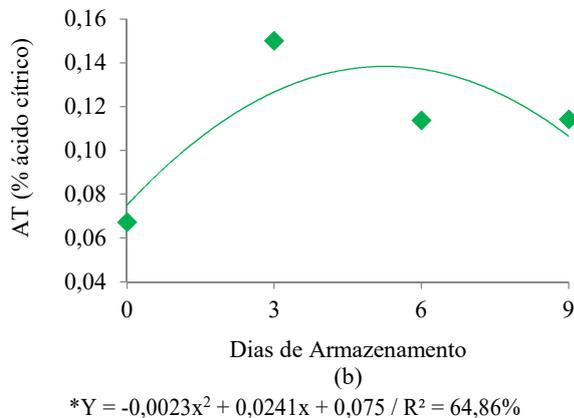
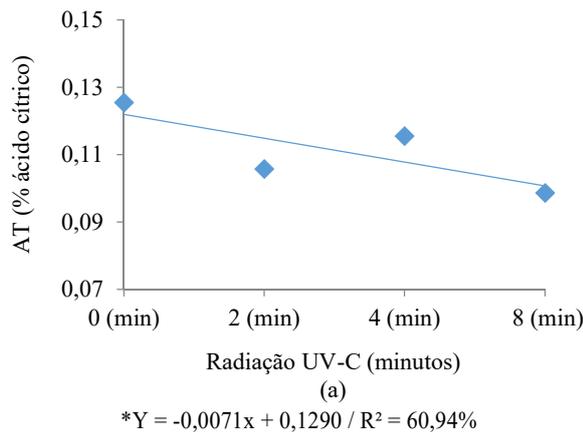
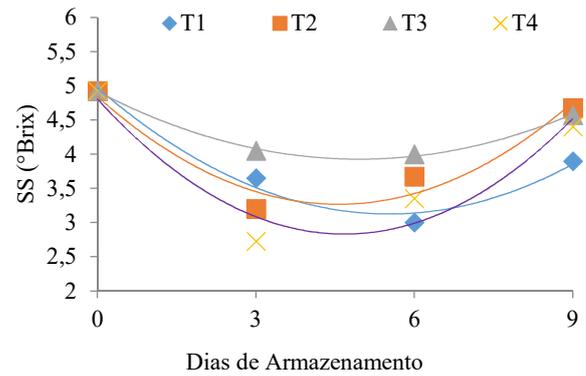


Figura 3. Variação média do fator radiação UV-C (a) e dias de armazenamento (b) para a acidez titulável (AT) em caroços de pequi submetidos a diferentes tempos de radiação UV-C e dias de armazenamento.

Figure 3. Average variation of UV-C radiation factor (a) and storage days (b) to the titratable acidity (TA) in seeds of pequi subjected to different times of UV-C radiation and storage days.



*Y(T1 – 0 min) = 0,0604x² - 0,6679x + 4,9713 / R² = 97,77%
 *Y(T2 – 2 min) = 0,0757x² - 0,6904x + 4,8413 / R² = 92,99%
 *Y(T3 – 4 min) = 0,0403x² - 0,3992x + 4,9150 / R² = 99,66%
 *Y(T4 – 8 min) = 0,0903x² - 0,8442x + 4,8050 / R² = 90,32%

Figura 4. Variação média dos sólidos solúveis (SS) em caroços de pequi submetidos a diferentes tempos de radiação UV-C e dias de armazenamento.

Figure 4. Average variation of soluble solids (SS) in seeds of pequi subjected to different times of UV-C radiation and days of storage.

Tabela 3. Resumo do quadro de análise de variância aplicada ao índice de maturação (SS/AT) e pH, em caroços de pequi submetidos a diferentes tempos de radiação (UV-C) e dias de armazenamento.

Table 3. Summary of the table of analysis of variance applied to the index of maturation (SS/TA) and pH, in seeds pequi submitted to different times of radiation (UV-C) and storage days.

Fator	G.L.	SS/AT		pH	
		QM	Valor-P	QM	Valor-P
TR	3	171,98	0,039*	0,0856	0,2212 ^{ns}
D	3	7874,7	0,000*	3,0924	0,0000*
TR x D	9	71,328	0,291 ^{ns}	0,2218	0,0008*
Resíduo	48	57,259	-	0,0563	-
Total	63	-	-	-	-
CV (%)	-	17,81		3,62	
Média	-	42,48		6,56	

Significativo (*) e não significativo (^{ns}) ao nível de 5% de probabilidade (p≤0.05). Tempos de radiação UV-C (TR) e dias de armazenamento (D).

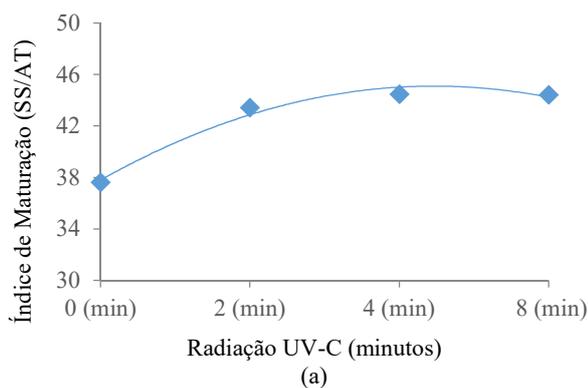
Em relação à cor, a variável L* e °hue não foram influenciadas significativamente (p≤0,05) pela interação tempos de radiação e dias de armazenamento. Os parâmetros L* e °hue foram influenciadas apenas pelo fator dias, enquanto que o croma não apresentou efeito significativo (p≤0,05) para os fatores avaliados (Tabela 4 e 5).

Tabela 4. Resumo do quadro de análise de variância aplicada à luminosidade (L*), em caroços de pequi submetidos a diferentes tempos de radiação UV-C e dias de armazenamento.

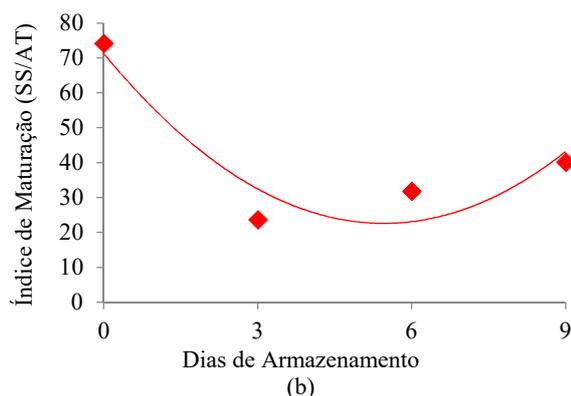
Table 4. Summary of the table of analysis of variance applied to the luminance (L*), in seeds pequi submitted to different times of UV-C radiation and storage days.

Fator	G.L.	L*	
		QM	Valor-P
TR	3	0,3089	0,2207 ^{ns}
D	3	1,1591	0,0020*
TR x D	9	0,1736	0,5699 ^{ns}
Resíduo	48	0,2029	-
Total	63	-	-
CV (%)	-	0,51	
Média	-	87,54	

Significativo (*) e não significativo (^{ns}) ao nível de 5% de probabilidade (p≤0.05). Tempos de radiação UV-C (TR) e dias de armazenamento (D).



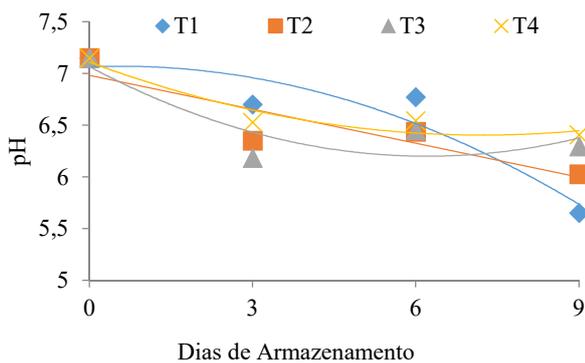
$$*Y = -1,4638x^2 + 9,4645x + 29,798 / R^2 = 97,96\%$$



$$*Y = 1,6346x^2 - 17,836x + 71,253 / R^2 = 88,38\%$$

Figura 5. Variação média do fator radiação UV-C (a) e dias de armazenamento (b) para o índice de maturação (SS/AT) em caroços de pequi submetidos a diferentes tempos de radiação UV-C e dias de armazenamento.

Figure 5. Average variation of UV-C radiation factor (a) and storage days (b) for the index of maturation (SS/TA) in seeds pequi subjected to different times of UV-C radiation and storage days.



$$*Y(T1 - 0 \text{ min}) = -0,0187x^2 + 0,0211x + 7,0645 / R^2 = 88,22\%$$

$$*Y(T2 - 2 \text{ min}) = -0,1097x + 6,9835 / R^2 = 80,24\%$$

$$*Y(T3 - 4 \text{ min}) = 0,0225x^2 - 0,2793x + 7,0670 / R^2 = 75,72\%$$

$$*Y(T4 - 8 \text{ min}) = 0,0135x^2 - 0,1956x + 7,1106 / R^2 = 90,75\%$$

Figura 6. Variação média do pH em caroços de pequi submetidos a diferentes tempos de radiação UV-C e dias de armazenamento.

Figure 6. Average pH variation in the different seeds of pequi undergoing times of UV-C radiation and days of storage.

De acordo com a Figura 7a, observou-se ligeira oscilação no comportamento do parâmetro L^* , apresentando valores médios de 87,22, no 0º dia, e 87,76, no 9º dia. O $^{\circ}hue$, Figura

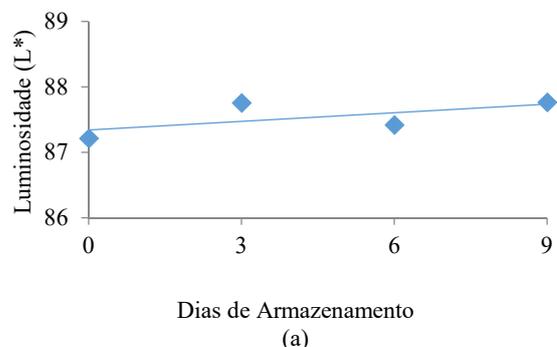
7b, apresentou comportamento semelhante ao parâmetro L^* , com acréscimo no 3º dia e posterior redução até o final do armazenamento, com médias variando de 54,45 (0º dia) a 60,65 (9º dia).

Tabela 5. Resumo do quadro de análise de variância aplicada ao cromatismo (C) e $^{\circ}hue$ ($^{\circ}H$) em caroços de pequi submetidos a diferentes tempos de radiação UV-C e dias de armazenamento.

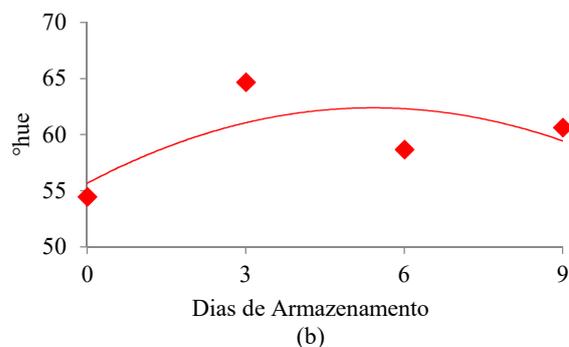
Table 5. Summary of the table of the analysis of variance applied to chroma (C) and $^{\circ}hue$ ($^{\circ}H$) in pequi seeds subjected to different times of UV-C radiation and storage days.

Fator	G.L.	C		$^{\circ}H$	
		QM	Valor-P	QM	Valor-P
TR	3	0,1693	0,5611 ^{ns}	150,27	0,0812 ^{ns}
D	3	0,4735	0,1362 ^{ns}	289,91	0,0066*
TR x D	9	0,2807	0,3490 ^{ns}	82,194	0,2609 ^{ns}
Resíduo	48	0,2444	-	63,134	-
Total	63	-	-	-	-
CV (%)	-	22,77		13,33	
Média	-	2,17		59,62	

Significativo (*) e não significativo (^{ns}) ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). Tempos de radiação UV-C (TR) e dias de armazenamento (D).



$$*Y = 0,0434x + 87,342 / R^2 = 39,00\%$$



$$*Y = -0,2296x^2 + 2,4861x + 55,662 / R^2 = 45,97\%$$

Figura 7. Variação média da luminosidade L^* (a) e $^{\circ}hue$ (b) em caroços de pequi submetidos a diferentes dias de armazenamento.

Figure 7. Variation of average luminosity L^* (a) and $^{\circ}hue$ (b) in seeds of pequi subjected to different storage days.

4. DISCUSSÃO

Pelos dados obtidos na Figura 2, observou-se que os frutos tiveram perdas de massa significativas ($p \leq 0,05$) ao longo do período de armazenamento. Para o tratamento controle (T1 - 0 min), a perda de massa foi menos acentuada do que nos demais tratamentos (3,84%), mesmo não obtendo a maior conservação pós-colheita, sendo que o tratamento com 2 min de radiação UV-C, propiciou as maiores perdas de massa durante o armazenamento (5,73%).

Diferindo do observado por Sanches et al. (2016), ao aplicar a radiação UV-C em tangerinas, observaram que o tratamento controle e o tempo de exposição por 5 minutos evidenciaram os maiores percentuais de perda ao longo de todo o período experimental, atingindo médias de 11,21% e 10,13%. Bem como Daiuto et al. (2013) que, também observaram redução menos expressiva na perda de massa, no maior tempo de exposição à radiação ultravioleta UV-C (20 min), em abacates 'Hass'.

As perdas de massa observadas nesse experimento, exceto o tratamento com 2 min (T2) de radiação UV-C, estão dentro do relatado por Vilas Boas (1999) que, em geral, perdas na ordem de 5% a 10% são suficientes para causarem marcante declínio na qualidade em frutos, promovendo perdas na aparência do produto.

Em relação à conservação pós-colheita, os caroços de pequi mantiveram suas aparências inalteradas até o 15º dia, destacando-se no 18º dia apenas o tratamento submetido a 8 minutos de radiação UV-C, após esse período os pequis encontravam-se inaptos ao consumo, sendo possível evidenciar a presença e crescimento microbiano.

Durante o armazenamento a acidez titulável apresentou redução após o 3º dia (Figura 3b), nesse aspecto Silva et al. (2009) explica que, após a colheita e durante o armazenamento, a concentração dos ácidos orgânicos presente nos frutos usualmente declina em decorrência de sua utilização como substrato na respiração ou da sua transformação em açúcares, fundamentais para as características de sabor e do aroma, uma vez que alguns compostos são voláteis, o que segundo Ding et al. (2007) contribui como indicativo de senescência dos frutos, comportamento observado no experimento.

Conforme os dados apresentados de acidez titulável, na Tabela 2, verifica-se que os caroços de pequi apresentaram média de 0,11% ácido cítrico, sendo superior ao encontrado por Arévalo-Pinedo et al. (2010) que encontraram valor de 0,042% estudando a polpa de pequi *in natura*, e inferior ao valor de 0,28% encontrada por Sousa et al. (2012) e também de Nascimento; Cocozza (2015) que, ao estudarem frutos de pequi provenientes do Oeste da Bahia, encontraram valor médio de 1,76%.

A relação inversa entre a acidez titulável e o pH, constatada nesse trabalho, foi evidenciado também por Arévalo-Pinedo et al. (2010) e Souza et al. (2013), pois observaram que existe tendência de aumento da acidez e diminuição do pH em pequi durante o armazenamento.

O teor de sólidos solúveis (SS) apresenta correlação com teores de açúcares e ácidos orgânicos (CANUTO et al., 2010), no entanto, os açúcares são os mais representativos, chegando a constituir até 85-90% dos sólidos solúveis (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Nesse aspecto, o valor médio de sólidos solúveis, Tabela 2, foi de 4,06 °Brix, sendo semelhante ao encontrado em popa de pequi por Sousa et al. (2012), de 4,50 °Brix, no entanto diferindo da média encontrada por Nascimento; Cocozza (2015) que, ao estudarem frutos de pequi provenientes do Oeste da Bahia, obtiveram média de 11,95 °Brix. A elevação no teor de sólidos solúveis observado no 9º dia, Figura 4, segundo Chitarra; Chitarra (2005) pode estar associada à evolução da maturação, ocorrendo aumento da concentração de açúcares simples até o completo amadurecimento, com declínio posterior em função de sua utilização como fonte de energia.

O índice de maturação (SS/AT) é um dos índices mais utilizados para avaliar a maturação e é uma das melhores maneiras de avaliar o sabor, uma vez que reflete o equilíbrio entre os açúcares e ácidos (VICENZI, 2014; OLIVEIRA et al., 2017). Em geral, o índice de maturação tende a aumentar com a fase de maturação do fruto, devido a uma redução da acidez (DANTAS et al., 2016), o que de fato ocorreu a partir do 3º dia no experimento (Figura 5b).

Os resultados referentes à relação SS/AT (índice de maturação) indicam média global de 42,48, inferior ao relatado por Oliveira et al. (2017) em pequis coletados a partir da queda natural, que obtiveram média de 55,99. E superior a Nascimento; Cocozza (2015) que obtiveram média geral de 11,53.

De acordo com os resultados observados, o pequi difere da maioria das frutas tropicais, por apresentar pH que o classifica como alimento de baixa acidez, pH acima de 4,5 (SOUSA et al., 2012), o que favorece o desenvolvimento de microrganismos e a rápida fermentação (OLIVEIRA et al., 2010). Nesse aspecto, os valores encontrados, na Figura 6, refletem o exposto, evidenciando variação decrescente do pH entre 7,15 a 5,65, com média de 6,56.

Vera et al. (2007) também obtiveram variação de pH alta, entre 7,51 a 6,08, com média de 6,58 em polpas de pequis da região de Araguapaz/GO, assim como, Arévalo-Pinedo et al. (2010), cujo valor de pH foi de 7,36 em pasta de pequi. Nascimento; Cocozza (2015) obtiveram variação de pH entre 6,71 a 4,33, inferior ao relatado nesse experimento durante o armazenamento.

A coloração dos caroços de pequi foi influenciada isoladamente apenas pelo fator tempo de armazenamento, para as variáveis L^* e $^{\circ}hue$ (Figura 7a e b), entretanto o croma não apresentou efeito significativo ($p \leq 0,05$) para nenhum dos fatores analisados (Tabela 5). Para Nogales-Delgado et al. (2013), os valores de L^* e $^{\circ}hue$ são parâmetros que oferecem evidência de deterioração ou escurecimento do produto e podem determinar a aceitação ou rejeição do mesmo.

De acordo com a Figura 7a, observou-se um pequeno incremento no comportamento do parâmetro luminosidade, indicando tendência linear ao brilho e da coloração laranja ao longo do tempo de armazenamento. Souza et al. (2013) também observaram incremento dos valores de L^* , sendo a variação de 59,25, no tempo inicial (0 dia), para 64,57 (300 dias) no final do armazenamento, para caroços de pequi a vácuo, assim como Cordeiro et al. (2013), em polpas de pequi de quatro regiões de Mato Grosso, que variaram entre 48,65 a 60,08.

Em relação ao parâmetro $^{\circ}hue$, Figura 7b, observou-se acréscimo, com valor médio variando de 54,45 a 60,65. Cordeiro et al. (2013) também observaram acréscimos em polpas de pequi, com variação entre 63,23 a 69,38 para $^{\circ}hue$.

O aumento do $^{\circ}hue$, ao longo do armazenamento, indica modificação da cor amarelo avermelhada do pequi, para uma tonalidade mais amarelo alaranjada, podendo ser atribuída, segundo Vilas Boas et al. (2012), a não degradação de pigmentos carotenoides, os quais, provavelmente, apresentaram-se estáveis ao longo do armazenamento.

5. CONCLUSÕES

A radiação ultravioleta C (UV-C), com a aplicação do tempo de 8 minutos, revelou ser efetiva na manutenção da qualidade pós-colheita dos caroços de pequi *in natura*,

mantendo sua vida útil em boas condições de consumo, por até 18 dias.

O uso da radiação além de não afetar a qualidade dos frutos durante o armazenamento, promoveu decréscimo na acidez titulável (AT) e pH, tornando-se menos susceptíveis a deterioração ou escurecimento, além de apresentar uma tonalidade de cor mais atrativa.

O estresse provocado pela exposição dos frutos a radiação, com o tempo de 4 minutos, manteve os maiores teores de sólidos solúveis (SS) e conseqüentemente o índice de maturação (SS/AT), tornando-se menos ácida.

No entanto, à radiação UV-C mostrou-se promissora para a conservação dos caroços de pequi *in natura*, ampliando sua vida útil.

6. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e a UEG/CCET pela disponibilização da infraestrutura para a realização da pesquisa.

7. REFERÊNCIAS

- ARÉVALO-PINEDO, A.; MACIEL, V. B. V.; CARVALHO, K. M.; COELHO, A. F. S.; GIRALDO-ZUÑIGA, A. D.; ARÉVALO, Z. D. S.; ALVIM, T. C. Processamento e estudo da estabilidade de pasta de pequi (*Caryocar brasiliense*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 3, p. 664-668, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612010000300015>
- AOAC ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 19. ed. Washington: AOAC, 2012.
- BASSETTO, E.; AMORIM, L.; BENATO, E. A.; GONÇALVES, F. P.; LOURENÇO, S. A. Efeito da irradiação UV-C no controle da podridão parda (*Monilinia fruticola*) e da podridão mole (*Rhizopus stolonifer*) em pós-colheita de pêssegos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 5, p. 393-399, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582007000500004>
- CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. de T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452010005000122>
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: Ed. UFLA, 2005. 785p.
- CIA, P.; BENATO, E. A.; VALENTINI, S. R. T.; ALMEIDA ANJOS, V. D.; PONZO, F. S.; SANCHES, J.; TERRA, M. M. Radiação ultravioleta no controle pós-colheita de *Colletotrichum gloeosporioides* em uva 'niagara rosada'. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 4, p. 1009-1015, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052009000400022>
- CORDEIRO, M. W. S.; CAVALLIERI, A. L. F.; FERRI, P. H.; NAVES, M. M. V. Características físicas, composição químico-nutricional e dos óleos essenciais da polpa de *Caryocar brasiliense* nativo do Estado de Mato Grosso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 1127-1139, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452013000400024>
- DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L.; TREMOCOLDI, M. A.; CARVALHO, L. R.; FUMES, J. G. F. Pós-colheita de abacate 'Hass' submetido a radiação UV-C. **Revista Colombiana de Ciências Hortícolas**, Colômbia, v. 7, n. 2, p. 149-160, 2013. DOI: <https://dx.doi.org/10.17584/rcch.2013v7i2.2231>
- DAMIANI, C.; ALMEIDA, T. L.; COSTA, N. V.; MEDEIROS, N. X.; SILVA, A. G. M.; SILVA, F. A.; LAGE, M. E.; BECKER, F. S. Perfil de ácidos graxos e fatores antinutricionais de amêndoas de pequi crua e torrada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 71-78, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632013000100004>
- DANTAS, A. L.; SILVA, S. M.; DANTAS, R. L.; SOUSA, A. S. B.; SCHUNEMANN, A. P. P. Desenvolvimento, fisiologia da maturação e indicadores do ponto de colheita de frutos da umbugeueira (*Spondias* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 38, n. 1, p. 33-42, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-2945-271/14>
- DEMIRCI, A.; PANICO, L. Pulsed ultraviolet light. **Food Science and Technology International**, London, v. 14, n. 5, p. 443-446, 2008. DOI: <https://dx.doi.org/10.1177/1082013208098816>
- DING, P.; AHMAD, S. H.; GHAZALI, H. M. Changes in select quality characteristics of minimally processed carambola (*Averrhoa carambola* L.) when treated with ascorbic acid. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Barking, v. 87, p. 702-709, 2007. DOI: <https://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2772>
- FALGUERA, V.; PAGÁN, J.; GARZA, S.; GARVÍN, A.; IBARZ, A. Ultraviolet processing of liquid food: a review. Part 2: effects on microorganisms and on food components and properties. **Food Research International**, Netherlands, v. 44, n. 6, p. 1580-1588, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.025>
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- FERREIRA, L. C.; JUNQUEIRA, R. G. Condições higiênicas-sanitárias de uma indústria de processamento de conservas de polpa de pequi na região norte do Estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. esp., p. 1825-1831, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000700021>
- GEÓCZE, K. C.; BARBOSA, L. C. A.; FIDÊNCIO, P. H.; SILVÉRIO, F. O.; LIMA, C. F.; BARBOSA, M. C. A.; ISMAIL, F. M. D. Essential oils from pequi fruits from the Brazilian Cerrado ecosystem. **Food Research International**, Barking, v. 54, n. 1, p. 1-8, 2013. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.005>
- GONZÁLES-BARRIO, R.; VIDAL-GUEVARA, M. L.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; ESPÍN, J. C. Preparation of a resveratrol-enriched grape juice based on ultraviolet C - treated berries. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, Múrcia, v. 10, n. 3, p. 374-382, 2009. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2009.01.004>
- LIMA, A.; SILVA, A. M.; TRINDADE, R. A.; TORRES, R. P.; MANCINI FILHO, J. Composição química e compostos bioativos presentes na polpa e na amêndoa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 695-698, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452007000300052>

- MELO JÚNIOR, A. F.; CARVALHO, D.; PÓVOA, J. S. R.; BEARZOTI, E. Estrutura genética de populações naturais de pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 1, n. 66, p. 56-65, 2004.
- MOURA, N. F.; CHAVES, L. J.; NAVES, R.V. Caracterização física de frutos de pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) do cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 905-912, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622013000500013>
- NASCIMENTO, R. S. M.; COCOZZA, F. D. M. Physico-chemical characterization and biometry of fruits of 'pequi' in Western Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 8, p. 791-796, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n8p791-796>
- NOGALES-DELGADO, S.; FERNÁNDEZ-LEÓN, A. M.; DELGADO-ADÁMEZ, J.; HERNÁNDEZ-MÉNDEZ, M. T.; BOHOYO GIL, D. Effects of Several Sanitisers for Improving Quality Attributes of Minimally Processed *Fragaria vesca* Strawberry. **Czech Journal of Food Science**, Badajoz, v. 31, n. 1, p. 49-54, 2013. DOI: <https://dx.doi.org/10.17221/378/2011-CJFS>
- OLIVEIRA, M. N. S.; LOPES, P. S. M.; MERCADANTE-SIMÕES, M. O.; PEREIRA, E. G.; RIBEIRO, I. m. Post-harvest quality of pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) collected from the plant or after naturally falling off and subjected to slow and quick freezing. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 1, p. 768, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452017768>
- OLIVEIRA, M. E. B.; GUERRA, N. B.; MAIA, A. H. N.; ALVES, R. E.; MATOS, N. M. S.; SAMPAIO, F. G. M.; LOPES, M. M. T. Características Químicas e Físico-Químicas de pequi da Chapada do Araripe, Ceará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 1, p. 114-125, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452010005000030>
- RODRIGUES, L. J.; VILAS BOAS, E. V. B.; PAULA, N. R. F.; ALCÂNTARA, E. M. Caracterização do desenvolvimento de pequi (*Caryocar brasiliense*) temporão do sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 260-265, 2009.
- RODRIGUES, L. J.; PAULA, N. R. F.; PINTO, D. M.; VILAS BOAS, E. V. B. Growth and maturation of pequi fruit of the Brazilian cerrado. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 35, n. 1, p. 11-17, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.6378>
- SANCHES, A. G.; SILVA, M. B.; 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/10.18188/1983-1471/sap.v15n3p338-344>
- SANTOS, P.; PORTO, A. G.; SILVA, F. S.; FURTADO, G. F. Avaliação físico-química e sensorial do pequi (*Caryocar brasiliensis* Camb.) submetido à desidratação. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 115-123, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v12n2p115-123>
- SEVERO, J.; TIECHER, A.; CHAVES, F. C.; SILVA, J. A.; ROMBALDI, C. V. Gene transcript accumulation associated with physiological and chemical changes during developmental stages of strawberry cv. Camarosa. **Food Chemistry**, London, v. 126, n. 1, p. 995-1000, 2011. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.107>
- SHAMA, G.; ALDERSON, P. UV hormesis in fruits: A concept ripe for commercialization. **Trends in Food Science and Technology**, Loughborough, v. 16, n. 4, p. 128-136, 2005. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2004.10.001>
- SILVA, D. F. P.; SIQUEIRA, D. L.; PEREIRA, C. S.; SALOMÃO, L. C. C.; Struiving, T. B. Caracterização de frutos de 15 cultivares de mangueira na zona da mata mineira. **Revista Ceres**, v. 56, n. 6, p. 783-789, 2009.
- SOUSA, F. C.; SILVA, L. M. M.; SOUSA, E. P.; LIMA, A. K. V. O.; FIGUEIREDO, R. M. F. Parâmetros Físicos e Físico-Químicos da polpa de pequi. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 1, p. 12-15, 2012.
- SOUZA, J. P.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; NOGUEIRA, D. H.; LIMA, J. R. Estabilidade de produtos de pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm) sob congelamento em diferentes tipos de embalagens. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 4, p. 971-976, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452013000400007>
- SOUZA, A. V. **Tratamento Térmico na Manutenção da Qualidade de Lichias Armazenadas Sob Refrigeração**. 2009. 54f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Horticultura) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2009.
- VERA, R.; NAVES, R. V.; NASCIMENTO, J. L.; CHAVES, L. J.; LEANDRO, W. M.; SOUZA, E. R. B. Caracterização física de frutos do pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) no Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 71-79, 2005.
- VERA, R.; SOUZA, E. R. B. DE.; FERNANDES, E. P.; NAVES, R. V.; SOARES JÚNIOR, M. S.; CALIARI, M.; XIMENES, P. A. Caracterização física e química de frutos do pequizeiro (*Caryocar brasiliense* Camb.) oriundos de duas regiões no estado de Goiás, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, p. 93-99, 2007.
- VICENZI, R. **Processamento mínimo de morangos (*Fragaria x ananassa*, Duch) tratados com radiação UV-C durante o cultivo**. 2014. 104f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2014.
- VILAS BOAS, B. M.; GONÇALVES, G. A. S.; ALVES, J. A.; VALÉRIO, J. M.; ALVES, T. C.; RODRIGUES, L. J.; PICCOLI, R. H.; VILAS BOAS, E. V. B. Qualidade de pequis fatiados e inteiros submetidos ao congelamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 5, p. 904-910, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012005000016>
- VILAS BOAS, E. V. de B. **Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de frutos**. Lavras: UFLA / FAEPE, 1999. 75p.