

Influência de diferentes concentrações de fécula de mandioca sob a qualidade pós-colheita da goiaba paluma

Influence of different concentrations of cassava starch under the quality powder-crop of the guava paluma

La influencia de concentraciones diferentes de almidón de la yuca bajo el polvo-cosecha de calidad de la guayaba paluma

Recebido: 11/06/2020 | Revisado: 15/06/2020 | Aceito: 19/06/2020 | Publicado: 02/07/2020

Marilia Hortênciá Batista Silva Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3032-7269>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: marilia_agroecologa@hotmail.com

Luana Muniz de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2672-8855>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: luanamuniz43@hotmail.com

Marinês Pereira Bomfim

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2424-3843>

Universidade Federal de Campina Grande, Brasil

E-mail: mpbfito@gmail.com

Edinete Nunes de Melo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1324-2362>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: ednetmello@gmail.com

Valeria Fernandes Oliveira de Sousa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6124-0898>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil.

E-mail: valeriafernandesbds@gmail.com

Adriana da Silva Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1908-1774>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: drica_pl@hotmail.com

Joyce Naiara da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3260-8745>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: joicenaiara@hotmail.com

Carlos Jardel Andrade Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5407-9610>

Universidade Federal da Paraíba, Brasil

E-mail: jardeloros@hotmail.com

Resumo

A goiaba geralmente possui um intenso metabolismo durante seu período de amadurecimento, apresentando uma respiração acelerada, induzindo a menor tempo de vida pós-colheita dos frutos, visto isso é necessário o uso de técnicas para aumentar a qualidade pós-colheita. Logo, objetivou-se avaliar a influência de revestimentos com diferentes formulações de fécula de mandioca sob a qualidade pós-colheita da goiaba ‘Paluma’ em duas condições de armazenamento. O experimento foi realizado em esquema fatorial 2x4 (duas temperaturas de armazenamento, uma para avaliar a qualidade dos frutos mantidos armazenados sob refrigeração a (12°C e 80% UR) e a outra sob condições ambientes a (25°C e 60% UR) e quatro concentrações de fécula de mandioca sendo elas: T1: Testemunha, sem recobrimento; T2: 1% de fécula de mandioca; T3: 2% de fécula de mandioca e T4: 3% fécula de mandioca, com três repetições e dois frutos por parcela, durante 15 dias. Para o preparo das suspensões e aplicação dos recobrimentos, foram pesadas e diluídas, respectivamente, 10, 20 e 30g de fécula de mandioca em 1 litro de água destilada, sendo as suspensões aquecidas a 70°C. As variáveis analisadas foram a perda de massa fresca, a firmeza do fruto, a colorimetria do fruto, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, relação sólidos solúveis e acidez titulável e ácido ascórbico. O uso de fécula de mandioca a 2% em frutos de goiaba ‘Paluma’ associado ao armazenamento sob refrigeração foi eficiente, retardando o amadurecimento dos frutos, tornando-se uma alternativa promissora para a conservação pós-colheita destes frutos.

Palavras-chave: Revestimento; *Psidium guajava* L.; Refrigeração; Atmosfera modificada.

Abstract

The guava usually possesses an intense metabolism during ripening period, presenting an accelerated breathing, inducing at smallest time of life powder-crop of the fruits, visa that is

necessary the use of techniques to increase the quality powder-crop. Therefore, it was aimed at to evaluate the influence of coverings with different formulations of cassava starch under the quality powder-crop of the guava 'Paluma' in two storage conditions. The experiment was accomplished in factorial outline 2x4 (two storage temperatures, one to evaluate the quality of the maintained fruits stored under cooling the (12°C and 80% UR) and the other under ambient conditions the (25°C and 60% UR) and four concentrations of cassava starch being them: T1: testifies, without coating; T2: 1% of cassava starch; T3: 2% of cassava starch and T4: 3% cassava starch, with three repetitions and two fruits for portion, for 15 days. For the preparation of the suspensions and application of the coating, they were heavy and diluted, respectively, 10, 20 and 30g of cassava starch in 1 liter of distilled water, being the warm suspensions for 70°C. The analyzed variables were the loss of fresh mass, the firmness of the fruit, the colorimetry of the fruit, pH, titratable acidity, soluble solids, relationship soluble solids and titratable acidity and ascorbic acid. The use of cassava starch to 2% in 'Paluma' guava fruits associated to the storage under cooling was efficient, delaying the ripening of the fruits, becoming a promising alternative for the conservation powder-crop of these fruits.

Keywords: Covering; *Psidium guajava* L.; Refrigeration; Modified atmosphere.

Resumen

La guayaba normalmente posee un intenso metabolismo durante el período de maduración, mientras presentando un respirando acelerado, induciendo en el momento más pequeño de polvo-cosecha de vida de las frutas, visa que es necesario el uso de técnicas para aumentar el polvo-cosecha de calidad. Por consiguiente, se apuntó a evaluar la influencia de techado con las formulaciones diferentes de almidón de la yuca bajo el polvo-cosecha de calidad de la guayaba 'Paluma' en dos condiciones del almacenamiento. El experimento era cumplido en el contorno 2x4 factorial (dos temperaturas del almacenamiento, uno para evaluar la calidad de las frutas mantenidas guardada bajo refrescar el (12°C y 80% UR) y el otro bajo las condiciones del ambiente el (25°C y 60% UR) y cuatro concentraciones de almidón de la yuca que es ellos: T1: testifica, sin cubrir; T2: 1% de almidón de la yuca; T3: 2% de almidón de la yuca y T4: 3% almidón de la yuca, con tres repeticiones y dos frutas para la porción, durante 15 días. Para la preparación de las suspensiones y aplicación de la capa, ellos eran pesados y diluidos, respectivamente, 10, 20 y 30g de almidón de la yuca en 1 litro de agua destilada, que son las suspensiones calurosas para 70°C. Las variables analizadas eran la pérdida de masa fresca, la firmeza de la fruta, la colorimetría de la fruta, el pH, el acidez titulable , sólidos solubles, relación los sólidos solubles y acidez titulable y ácido ascórbico. El uso de almidón

de la yuca a 2% en frutas de la guayaba 'Paluma' asociadas al almacenamiento bajo refrigeración eran eficaces, mientras tardando el madurando de las frutas, volviéndose una alternativa prometedora para el polvo-cosecha de conservación de estas frutas.

Palabras clave: Cubriendo; *Psidium guajava* L.; refrigeración; atmósfera modificada.

1. Introdução

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é uma fruteira nativa da América do Sul e Central, é a mais importante do gênero *Psidium* e da família Myrtaceae, caracterizada por ser resistente a seca e à altas temperaturas (Bishnoi et al., 2015). É uma espécie bastante importante nas regiões tropicais e subtropicais se destacando por sua excelente qualidade nutricional pelo seu alto valor nutritivo (rico em vitaminas A, C, ferro, cálcio e fósforo), e pelas propriedades sensoriais, alto rendimento por área e polpa com elevada qualidade industrial (doces, geleias e sucos), além de possuir alta aceitação do mercado consumidor por ser uma fruta altamente saborosa (Galli et al., 2015).

A goiaba é uma fruta altamente perecível com cerca de 30% de perdas pós-colheita, sendo suscetível a danos mecânicos que ocorrem, frequentemente, nas etapas de colheita, embalagem, transporte do campo até a central de abastecimento e, posteriormente no mercado varejista, dificultando assim a sua comercialização. Outra característica relevante é o estágio de maturação no qual as goiabas são colhidas determinando a vida útil pós-colheita dos frutos (Silva, et al., 2015).

No entanto, a conservação da qualidade pós-colheita da goiaba ainda é um desafio na cadeia produtiva devido à redução da vida pós-colheita em consequência das altas taxas respiratórias, perda rápida de firmeza e incidência de microrganismos durante o armazenamento (Forato et al., 2015).

Diante disto, faz-se necessário desenvolver tecnologias que permitam manter ou aumentar a vida útil pós-colheita, bem como a qualidade dos frutos por um maior período de tempo, como o uso de revestimentos biodegradáveis (Gill et al., 2016).

O recobrimento comestível é uma tecnologia alternativa cada vez mais divulgada e avaliada como um procedimento viável para elevar o tempo de vida útil de diversas frutas (Assis & Britto, 2014). A aplicação de filmes poliméricos, ceras ou biofilmes em frutas expostos a temperaturas baixas ou mesmo a temperatura ambiente, caracteriza a modificação da atmosfera, provocando a redução de perda de água e diminuição da atividade respiratória a fim de aumentar seu prazo de validade, onde o mesmo deve permitir trocas gasosas adequadas

entre a fruta e o meio ambiente, evitando assim o risco de fermentação, reduzindo as taxas metabólicas (Chitarra & Chitarra, 2005; Liang et al., 2015).

Como recobrimento comestível pode-se utilizar produtos que possuem matérias-primas derivadas da amilose, da celulose ou do colágeno, como exemplos, têm-se o uso da fécula de mandioca, cera de carnaúba e quitosana sendo que esses biofilmes podem ser removidos com água ou ingeridos juntamente com o produto, sendo assim, uma alternativa de baixo custo e que protege a fruta contra o rápido processo de deterioração até o consumo (Silva et al., 2012; Nunes et al., 2017).

Nessa perspectiva, alguns trabalhos foram desenvolvidos com intuito de prolongar a vida útil de frutos de goiaba utilizando amido de mandioca, alginato de sódio e carboximetilcelulose (Fonseca et al., 2016), hidroxipropil metil celulose e beeswax (Formiga et al., 2019), alginato e quitosana adicionada de nanopartículas de óxido de zinco (Arroyo et al., 2020). Gomes Filho et al. (2016) ao avaliarem fécula de mandioca em goiabas ‘Pedro Sato’ concluíram que o uso deste biofilme foi eficiente no controle de doenças pós-colheita e de maneira geral os revestimentos em todas as formulações foram bem aceitos pelos provadores, sendo assim uma alternativa viável. Contudo, neste trabalho foi avaliado apenas 9 dias de prateleira e em temperatura ambiente. Sabe-se que a condição de armazenamento influencia na vida útil, visto que Sanches et al. (2017) analisando fontes de amido e temperaturas de armazenamento (ambiente e refrigerada) na qualidade pós-colheita de pitaya constataram que os recobrimentos foram satisfatórios na conservação, mas a vida útil das pitayas armazenadas a 10°C foi de até dezesseis dias. Com isso, no presente trabalho objetivou-se avaliar a influência do revestimento de diferentes formulações com fécula de mandioca sob a qualidade pós-colheita da goiaba ‘Paluma’ em duas condições de armazenamento.

2. Metodologia

A pesquisa foi realizada no laboratório de análise de alimentos da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar, Pombal, Paraíba (PB), e os frutos foram provenientes de um pomar comercial nas várzeas de Sousa-PB, colhidos manualmente no estágio verde, devidamente sadios. No laboratório, foi realizada seletividade quanto à uniformidade de tamanho e cor, descartando frutos defeituosos ou com injúrias ocorridas durante o transporte. Em seguida, os frutos foram lavados com solução de

detergente neutro a 1% e, após enxágue, sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm de cloro livre por 15 minutos, e enxágue em água corrente.

O experimento foi realizado em esquema fatorial 2 x 4 (dois ambientes de armazenamento, uma para avaliar a qualidade dos frutos mantidos armazenados sob refrigeração a (12°C e 80% UR) e a outra sob condições ambientes a (25°C e 60% UR) e quatro concentrações de fécula de mandioca: T1: Testemunha (sem recobrimento); T2: 1% de fécula de mandioca; T3: 2% de fécula de mandioca e T4: 3% fécula de mandioca com três repetições e dois frutos por parcela, durante 15 dias, conforme metodologia proposta por Oliveira et al. (2017).

Após secagem dos frutos, foram separados lotes ao acaso para a aplicação dos tratamentos, os quais foram constituídos de diferentes suspensões à base de fécula de mandioca. Para o preparo das suspensões e aplicação dos recobrimentos, foram pesadas e diluídas, respectivamente, 10, 20 e 30g de fécula de mandioca em 1 litro de água destilada, sendo as suspensões aquecidas a 70°C. Posteriormente, o filme foi resguardado na bancada, para ser resfriado à temperatura ambiente, logo após esse período os frutos foram imersos por 5 minutos nas concentrações, e o excesso de suspensão foi drenado, dispondo-se os frutos em recipientes plásticos vazados. Após a secagem, os frutos foram acondicionados em bandejas de isopor e armazenados em câmara climatizada com controle de temperatura e umidade relativa do ar. As análises de qualidade foram realizadas através da polpa extraída dos frutos.

Após 15 dias de armazenamento dos frutos determinou-se a perda de massa fresca, a firmeza do fruto, a colorimetria do fruto (luminosidade, cromaticidade e ângulo hue), pH, a acidez titulável, o teor de sólidos solúveis, a relação sólidos solúveis e acidez titulável (*Ratio*) e a vitamina C (ácido ascórbico).

Perda de massa: foi determinada por gravimetria, em balança analítica de precisão, aferida por diferença entre a massa fresca inicial e a massa fresca registrada nos frutos ao final dos períodos de armazenamento. Os resultados foram expressos em porcentagem (%).

Firmeza: foi determinada com o auxílio de um Penetrômetro digital (Soil Control) utilizando ponteira de 6 mm, mediante compressão exercida sobre a polpa, na região central do fruto. Foi realizado quatro leituras de cada fruto. Os resultados foram expressos em Newton (N).

Colorimetria do fruto: analisou-se a coloração da casca por reflectometria, a partir dos valores L^* , a^* , b^* , foi calculado o ângulo hue, H° ($H^\circ = \arctang(a^*/b^*) (-1) + 90$), para a^* negativo e $H^\circ = 90 - \arctang(a^*/b^*)$, para a^* positivo e o índice de saturação croma, C^* ($C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$). A calibração foi realizada com placa branca padrão, seguindo as instruções do fabricante (Pinheiro, 2009). Para medição da firmeza foi utilizado um penetrômetro digital de bancada com ponteira de prova de 6,0 mm e os resultados expressos em Newton (N).

Vitamina C: foi determinada em triplicata, utilizando-se 0,2g da amostra diluído em 49mL de ácido oxálico a 0,5%. Posteriormente foi realizada titulação com solução de Tilmans. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 gramas de polpa (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

Potencial hidrogeniônico (pH): foi determinado diretamente na polpa por leitura direta por meio de peagâmetro digital de bancada com eletrodo de membrana de vidro, calibrado com solução tampão de pH 4,0 e 7,0 (Marca Digimed DM-22), (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

Acidez titulável: foi determinada em triplicata, utilizando-se 2g de polpa, adicionados a 45 mL de água destilada e 3 gotas de fenolftaleína alcoólica a 1%, em seguida, foi feita a titulação com solução de NaOH 0,1 M previamente padronizada até mudança de cor para róseo claro, expressando-se os resultados em porcentagem (%) de ácido cítrico (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

Sólidos Solúveis: determinado em triplicata através da polpa, utilizando o refratômetro digital portátil. Os dados foram expressos em porcentagem (%). A relação SS/ AT foi obtido dividindo-se os valores de sólidos solúveis pelos valores da acidez titulável.

Relação sólidos solúveis e acidez titulável: foi obtido dividindo-se os valores de sólidos solúveis pelos valores da acidez titulável.

Os dados foram submetidos ao teste F a 5% de significância, por meio de análise de variância (ANOVA) e regressão. As análises estatísticas foram realizadas no software SISVAR Versão 5.6 (Ferreira, 2014).

3. Resultados e Discussão

Uma amostragem de dez goiabas foi utilizada para a caracterização da qualidade dos frutos por ocasião da colheita (C.I), as quais os resultados estão apresentados na (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização inicial de goiabas ‘paluma’ (n=10), por ocasião da colheita.

Características Iniciais	Médias \pm DP
Massa fresca do fruto (g)	33,36 \pm 3,31
Luminosidade da casca (L*)	76,70 \pm 5,78
Cromaticidade da casca (C*)	68,21 \pm 7,14
Ângulo Hue da casca ($^{\circ}$ H)	119,76 \pm 1,11
Firmeza (N)	18,88 \pm 0,62
Vitamina C (mg 100 ml ⁻¹ polpa Ácido ascórbico)	11,66 \pm 0,99
Acidez Titulável (% de ácido cítrico)	1,00 \pm 0,1
Potencial hidrogeniônico (pH)	3,69 \pm 0,036
Sólidos Solúveis (%)	11,30 \pm 0,4
Relação (SS/AT)	11,39 \pm 1,35

Fonte: Dados da pesquisa.

Na análise de variância para as variáveis luminosidade, cromaticidade, ângulo hue, perda de massa e firmeza é possível observar efeito interativo ($p < 0,05\%$) para todas estas variáveis, exceto firmeza que foi significativa apenas para as concentrações de fécula de mandioca demonstrando que os fatores avaliados (ambientes de armazenamento e concentrações de fécula de mandioca), interferem simultaneamente nas demais variáveis e consequentemente na qualidade pós-colheita da goiaba ‘Paluma’, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo da análise de variância da luminosidade (L*), cromaticidade (C*), ângulo hue (h°), perda de massa fresca do fruto (PMF) e firmeza (FIRM), em função das concentrações de fécula de mandioca sob a qualidade pós-colheita da goiaba ‘Paluma’ em duas condições de armazenamento.

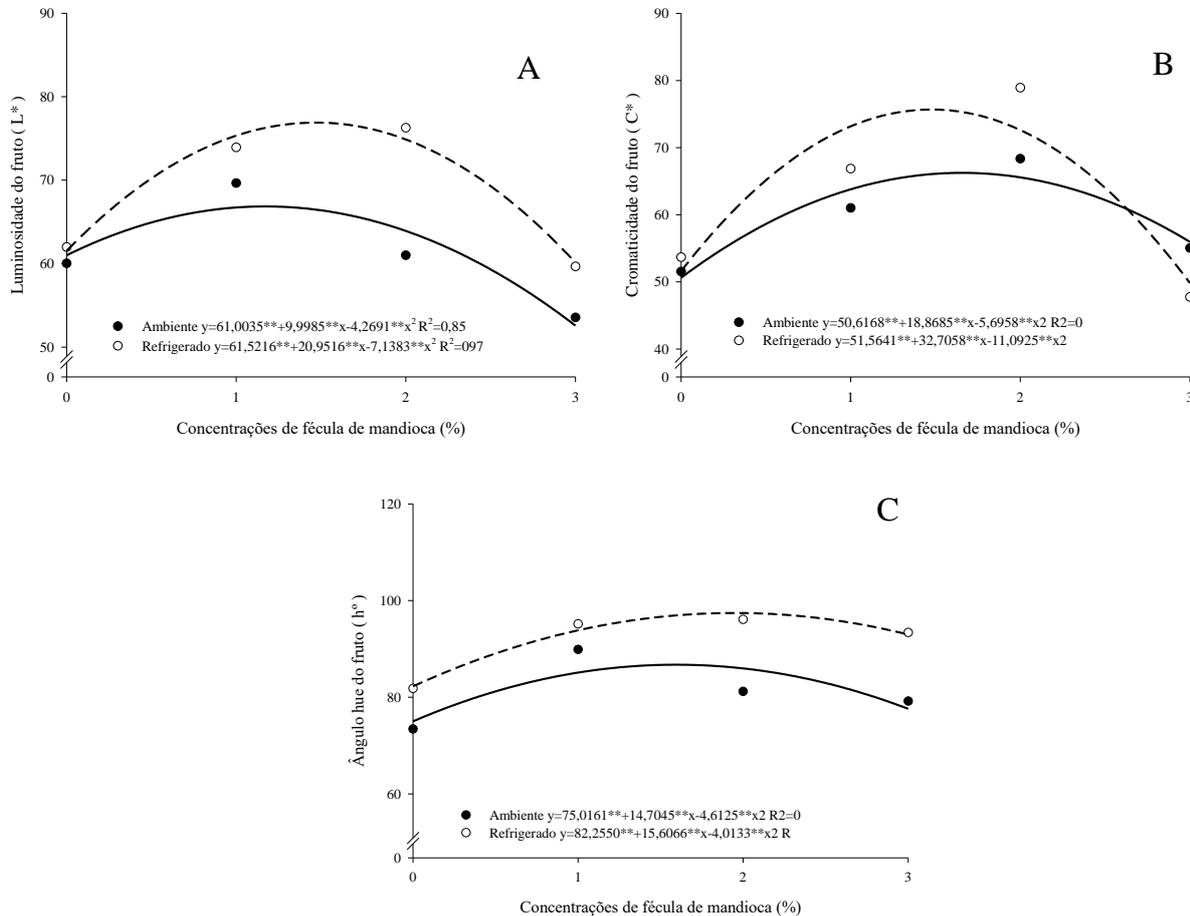
FV	GL	Quadrado Médio				
		L*	C*	H°	PMF	FIRM (N)
Concentração (C)	3	289,58**	659,30**	239,07**	83,30**	44,25**
Ambientes (A)	1	286,14**	47,54**	685,54**	386,24**	1,76ns
C X A	3	51,08**	85,99**	32,19**	97,648**	0,55ns
Resíduo		5,08	2,79	4,15	8,03	0,66
CV (%)		3,49	2,77	2,36	13,02	6,22
Média geral		64,51	60,39	86,27	21,76	13,08

^{ns} não significativo, **significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F; CV (coeficiente de variação). Fonte: Dados da pesquisa.

A luminosidade dos frutos de goiaba armazenados em temperatura ambiente e sob refrigeração, apresentaram comportamento quadrático, em função das concentrações de fécula de mandioca, atingindo valores máximos estimados de 66,94 e 76,90 na concentração de 1,2 e 1,5% para os frutos armazenados em temperatura ambiente e sob refrigeração, respectivamente (Figura 1A). Uso de biofilmes a base de fécula de mandioca proporciona ao fruto resistência a perda de água devido a película transparente diminuir a respiração do fruto, tornando-o mais atrativo e com brilho intenso (Menezes et al., 2017).

Outro benefício atrelado ao uso de revestimentos biodegradáveis em frutas como a fécula de mandioca está associada a manutenção da aparência, a ausência de fungos e a diminuição do metabolismo retardando o processo de amadurecimento, mantendo a turgidez e o brilho da fruta (Versino et al., 2016). Em condições semelhante (armazenamento refrigerado), Oliveira et al. (2017) que ao avaliarem frutos de goiaba ‘Paluma’ submetidos ao revestimento de fécula a 2%, observaram luminosidade dos frutos de 65,00, após 15 dias de armazenamento.

Figura 1. Luminosidade (L^*), cromaticidade (C^*) e ângulo hue (D), em função das concentrações de fécula de mandioca sob a qualidade pós-colheita da goiaba ‘Paluma’ em duas condições de armazenamento.



Fonte: Dados da pesquisa.

Para cromaticidade dos frutos, constatou-se tendência quadrática para ambos os ambientes de armazenamento, com valores máximos estimados de 66,51 (ambiente) e 75,65 (sob refrigeração) na concentração 1,7 e 1,5% de fécula de mandioca, respectivamente (Figura 1B), quando encontravam-se com coloração entre o verde e o amarelo em ambas as condições de armazenamento, demonstrando que o uso da fécula de mandioca retardou o amadurecimento dos frutos, favorecendo um maior período de prateleira. Silva et al. (2012) ao avaliarem uso do biofilme na conservação pós colheita de goiabas ‘Pedro Sato’ observaram que os frutos tratados com revestimento comestível apresentaram retardamento na mudança de coloração com aumento da concentração de fécula.

A superioridade constatada na cromaticidade dos frutos mantidos em ambiente refrigerado, pode ser explicada por Sandri et al. (2015) que afirmam que a síntese de

compostos durante o processo de amadurecimento variam de acordo com ambiente, onde o ambiente refrigerado proporciona aumento de vida útil se comparado a temperatura ambiente, sendo que os produtos intermediários do metabolismo respiratório da fruta, assim como os ácidos orgânicos, modificam o sabor, o aroma, a cor, a estabilidade e, conseqüentemente, a qualidade da fruta.

O ângulo hue dos frutos também sofreu influência dos fatores avaliados (concentrações de fécula de mandioca e ambientes de armazenamento). Observou-se comportamento semelhante entre os ambientes avaliados, no entanto, os frutos armazenados sob refrigeração apresentaram valores máximos estimados de $97,41^\circ$ na concentração de 2%, sendo estes valores superiores ao verificado nos armazenados em temperatura ambiente que foi de $86,73^\circ$ na concentração de 1,6% de fécula de mandioca, posteriormente observou-se uma tendência de redução destes valores em função do aumento da dose de fécula, nos dois ambientes de armazenamento, o que significa que frutos com maiores concentrações de fécula de mandioca diminui a cor amarela do fruto (Figura 1C). O ângulo hue está relacionado a tonalidade do fruto, ou seja, expressa a cor, o qual neste experimento os frutos de goiaba 'Paluma' apresentaram-se amarelados, independente do ambiente de armazenamento e da dose de fécula.

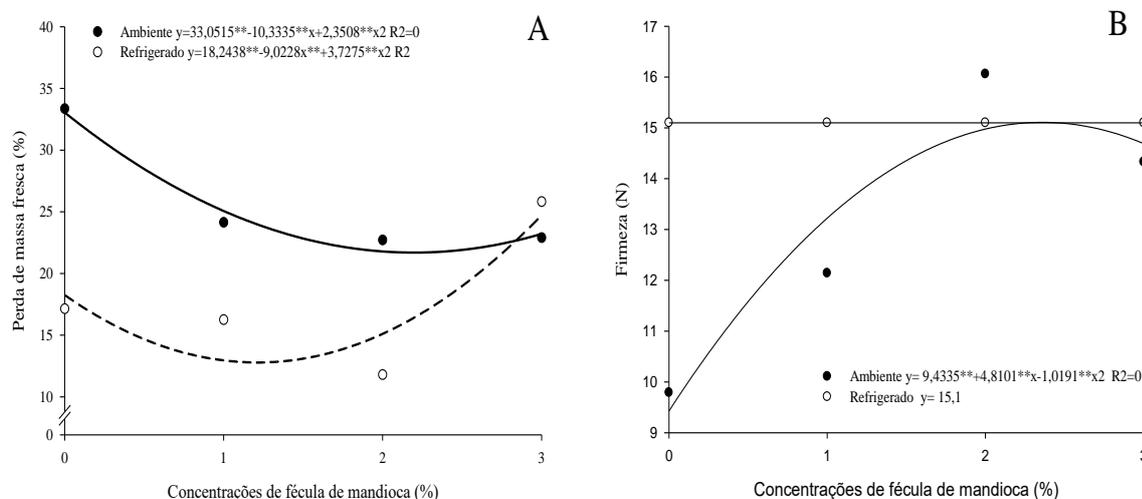
Costa et al. (2017) avaliando a influência de diferentes embalagens e condições de armazenamento na qualidade de mangas 'Tommy Atkins', constataram que o fator ambiente influencia diretamente na qualidade e conseqüentemente na cor dos mesmos, recomendando o uso da refrigeração para manter maior vida útil dos frutos. Resultados inferiores foram observados por Oliveira et al. (2017), que ao avaliarem frutos de goiaba revestidos com fécula de mandioca a 2%, encontraram valores de ângulo hue de aproximadamente 90° em frutos de goiaba 'Paluma', após 15 dias de armazenamento sob refrigeração (12°C e 80% UR).

A perda de massa fresca apresentou comportamento quadrático com mínimo estimado de 21,69% e 12,77% na concentração de 2,2 e 1,2%, para os frutos armazenados em temperatura ambiente e sob refrigeração, respectivamente. Portanto quanto maior a perda de massa observado, menor a eficiência da dose de fécula, pois significa que não retardou o processo respiratório causado pelo amadurecimento do mesmo (Figura 2A). Logo a concentração 1 a 2% associado a refrigeração, contribui para obter menor perda de massa, garantindo desta forma maior vida útil e manutenção da qualidade por um período de tempo maior, se comparado aos frutos que foram armazenados sem o recobrimento.

Revestimentos formados a base de carboidratos permitem as trocas gasosas entre os vegetais e o ambiente externo, no entanto, esse processo respiratório ocorre através de um

quociente menor (Luvielmo & Lamas, 2012). Comportamento semelhante foi observado por Menezes et al. (2017), o qual observou efeito benéfico no uso de fécula de mandioca, devido reduzir a perda de massa fresca ao longo do período de armazenamento se comparado com o tratamento controle (sem aplicação de fécula).

Figura 2. Perda de massa fresca(A) e firmeza (B), em função das concentrações de fécula de mandioca sob a qualidade pós-colheita da goiaba ‘Paluma’ em duas condições de armazenamento.



Fonte: Dados da pesquisa.

A firmeza dos frutos apresentou efeito significativo isolado apenas para o fator armazenamento em temperatura ambiente, apresentando um comportamento quadrático, em função do aumento da concentração de fécula de mandioca em frutos de goiaba ‘Paluma’, com máximo estimado de 15,1 N na dose de 2,4 %, entretanto para os frutos armazenados sob refrigeração, verificou-se uma média de firmeza de 15,1 N, conforme observa-se na Figura 2B. Logo, frutos revestidos com 2% de fécula de mandioca armazenados em condição ambiente ou sob refrigeração independentemente da concentração de fécula utilizada tem-se um retardamento no amadurecimento, pois, estes apresentaram valores superiores se comparado aos demais tratamentos, caracterizando que os frutos possuíam poupas mais firmes. Os frutos podem reduzir a firmeza no período pós-colheita, devido a ação de enzimas como as pectinametilesterase, poligalacturonase, celulase e outras que atuam atacando os carboidratos estruturais responsáveis pela firmeza dos tecidos vegetais que atuam em nível de parede celular, durante o amadurecimento, havendo decomposição de macromoléculas como pectinas, celulose, hemicelulose e amido (Chitarra & Chitarra, 2005). Comportamento

semelhante foi observado por Castricini et al. (2010), que aos estudarem a influência do revestimentos de frutos de *Carica papaya* L. com fécula de mandioca, verificaram que os frutos revestidos com os biofilmes comestíveis de fécula de mandioca (3 e 5%) proporcionaram redução de perda de massa e consequentemente de firmeza, mantendo os frutos de coloração verde durante 14 dias de armazenamento se comparado aos frutos sem tratamento (controle).

Na Tabela 3 encontra-se a análise de variância das variáveis vitamina C, acidez titulável, pH, sólidos solúveis e relação sólidos solúveis e acidez titulável de frutos de goiaba submetidos a diferentes concentrações de fécula de mandioca em duas condições de armazenamento, contando assim que os fatores avaliados influencia sobre estas características químicas destes frutos.

Tabela 3. Resumo da análise de variância da vitamina C (VIT), acidez titulável (AT), pH, sólidos solúveis (SS) e relação sólidos solúveis e acidez titulável, em função das concentrações de fécula de mandioca sob a qualidade pós-colheita da goiaba ‘Paluma’ em duas condições de armazenamento.

FV	GL	Quadrado Médio				
		VIT (mg 100 ml ⁻¹)	ACT	pH	SS (°Brix)	Relação (SS/AT)
Concentração (C)	3	50,73**	0,02 ^{ns}	0,081 ^{ns}	4,87**	21,10*
Ambientes (A)	1	2,37 ^{ns}	0,002 ^{ns}	1,07 ^{ns}	48,25**	147,75**
C X A	3	4,91*	0,09**	0,09 ^{ns}	10,74**	109,60**
Resíduo		0,98	0,008	0,08	0,1341	5,525
CV (%)		8,56	12,20	7,32	2,88	13,51
Média geral		11,62	0,76	3,90	12,70	17,40

^{ns} não significativo, **significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F; CV (coeficiente de variação). Fonte: Dados da pesquisa.

No teor de sólidos solúveis, verificou-se um comportamento quadrático, o qual os frutos acondicionados em temperatura ambiente, apresentou máximo estimado de 15,75°Brix

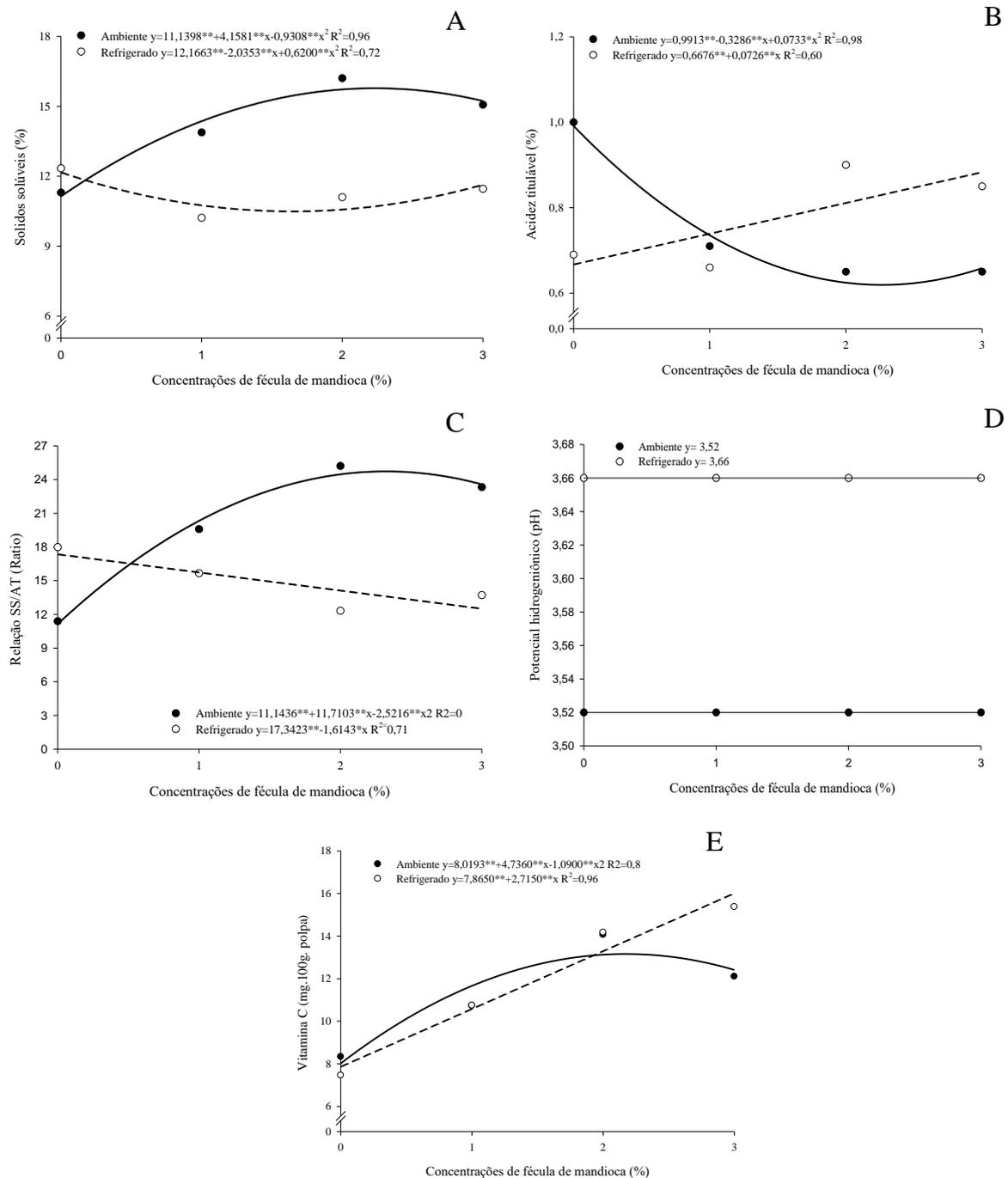
na dose 2,2% e os frutos sob refrigeração apresentaram mínimo de 10,49°Brix na dose 1,6% de fécula de mandioca (Figura 3A). Este resultado indica que a refrigeração associada a dose de até 2% de fécula de mandioca tem potencial para manter a qualidade dos frutos de goiaba ‘Paluma’ durante o período de armazenamento, visto que frutos que apresentam maior °Brix encontram-se em estágio mais avançado de amadurecimento.

O aumento no teor de sólidos solúveis observado no tratamento armazenado em temperatura ambiente está relacionado ao processo de amadurecimento dos frutos, conforme ressaltado por Santos et al. (2011), já os frutos sob refrigeração apresentaram menor teor açúcares, pois o biofilme retardou o processo de amadurecimento, sendo portanto um método que viabiliza a qualidade pós-colheita e prolonga a vida útil do fruto. O uso de biofilmes comestíveis em frutas tem como finalidade reduzir a taxa respiratória e a perda de massa devido a menor impermeabilidade à umidade e gases (CO₂ e O₂), o que consequentemente reduz a taxa metabólica e, portanto, favorece a manutenção do teor de sólidos solúveis (Versino et al., 2016).

Gomes Filho et al. (2016) avaliando a qualidade pós colheita de goiabas ‘Pedro Sato’ tratadas com concentrações de fécula de mandioca observaram teores de sólidos solúveis de 11,80°Brix para os frutos revestidos com fécula de mandioca a 3%.

Em relação a acidez titulável, observou-se um comportamento quadrático para os frutos de goiaba armazenados em condições ambiente, atingindo mínimo estimado de 0,62% na concentração de 2,3% de fécula de mandioca. Portanto, houve decréscimo em função do aumento da concentração do revestimento. Para os frutos armazenados sob refrigeração, verificou-se um comportamento linear crescente com aumento de 16,1% para os frutos recobertos com a concentração a 3% de fécula de mandioca, quando comparado com a menor dosagem (1%) avaliada, com máximo estimado de 0,87% de ácido cítrico (Figura 3B). A acidez presente em produtos hortícolas está associada aos ácidos orgânicos que estão dissolvidos no vacúolo das células e podem variar de acordo com a espécie, sendo que em goiaba predomina o ácido cítrico (Chitarra & Chitarra, 2005). Resultado inferior foi verificado por Gomes Filho et al. (2016) que ao avaliar a influência da fécula de mandioca na qualidade pós-colheita de goiaba, observou acidez de 0,72% de ácido cítrico em frutos com biofilme a 3%, armazenados a temperatura de ±25°C e umidade relativa ±65% por 9 dias.

Figura 3. Sólidos solúveis (A), acidez titulável (B), relação sólidos solúveis e acidez titulável (C), potencial hidrogeniônico (D) e vitamina C (E), em função das concentrações de fécula de mandioca sob a qualidade pós-colheita da goiaba ‘Paluma’ em duas condições de armazenamento.



Fonte: Dados da pesquisa.

Pelos resultados da relação sólidos solúveis e acidez titulável, observou-se que os dados se ajustaram a um modelo quadrático, com aumento gradativo em função do aumento

das concentrações de fécula de mandioca, atingindo máximo estimado de 24,74 na concentração de 2,3, quando armazenados em temperatura ambiente. Já os frutos armazenados sob refrigeração apresentou comportamento linear decrescente em função do aumento das concentrações de fécula de mandioca com redução de 20,47% entre a maior e a menor concentração avaliada (Figura 3C).

Oliveira et al. (2017) estudando o uso de coberturas comestíveis à base de fécula de mandioca associado à refrigeração na qualidade pós-colheita de goiaba “Paluma”, constatou que a fécula de mandioca na dose de 2% associado a refrigeração retardou o amadurecimento dos frutos, proporcionando um melhor aspecto e conservação pós-colheita dos mesmos, entretanto estes autores não avaliaram a eficiência do recobrimento a base de fécula de mandioca nos frutos quando armazenados em condições ambiente, fator este extremamente importante, pois nem todos os produtores possuem sistema de refrigeração.

Para o potencial hidrogeniônico dos frutos de goiaba ‘Paluma’ em função do revestimento destes frutos com diferentes concentrações de féculas de mandioca e armazenados sob duas condições, verificou-se que os dados não apresentaram efeito significativo quando submetidos a estes tratamento, porém apresentaram média de 3,52 e 3,66 pH, quando armazenados em condição ambiente e sob refrigeração, respectivamente (Figura 3D).

Essa baixa variação nos teores de pH dos frutos de goiaba, pode ser explicado por Leninger, (1993), o qual afirma que esse comportamento pode ser resultado do efeito tamponante devido a presença de ácidos orgânicos e seus sais simultaneamente impede que ocorram acréscimos em acidez, o que foi constatado na Figura 3B.

Valores semelhantes de pH foram observados por Rocha et al. (2020) que ao avaliarem a aplicação do biopolímetro de amido de mandioca, verificaram média de pH de 3,50 ao longo do período de armazenamento.

A vitamina C apresentou aumento gradativo com comportamento quadrático, para os frutos armazenados em temperatura ambiente com máximo estimado de 13,14 mg 100g⁻¹ na concentração de 2,2% de fécula de mandioca, enquanto que nos frutos armazenados sob refrigeração, verificou-se que os dados se ajustaram a equação linear crescente com incremento de 33,89% na concentração de 3% de fécula se comparado com a menor concentração que foi de 1%, atingindo máximo estimado de 16 mg 100g⁻¹ polpa (Figura 3E). Desta forma este tratamento com fécula associado a refrigeração influenciou de modo significativo, demonstrando assim a efetividade destes tratamentos quando utilizados em conjunto. De acordo com Ferreira et al. (2010), este aumento da vitamina C durante o

amadurecimento de frutos ocorre devido, a contínua translocação e síntese da enzima precursora da vitamina C (L-ascórbico), que durante a maturação e a condição de armazenamento pode aumentar ou manter-se estável em resposta ao acúmulo de sólidos solúveis e açúcares redutores que não foram utilizados no metabolismo do amadurecimento dos frutos.

Oliveira et al. (2017), estudando a influência de diferentes concentrações de revestimentos à base de fécula de mandioca na qualidade pós-colheita de goiaba, em função dos períodos de armazenamento, conservadas sob refrigeração (12°C e 80% umidade relativa), constatou-se que frutos cobertos com fécula de mandioca na concentração de 2% apresentou 23,28 mg 100g de polpa aos 15 dias de armazenamento.

Levando em consideração os parâmetros avaliados, verificou-se que os revestimentos a base de fécula de mandioca associado ao armazenamento sob refrigeração podem influenciar diretamente na qualidade pós-colheita de frutos de goiaba ‘Paluma’, uma vez que este reduz o metabolismo do fruto através da redução da respiração, que conseqüentemente reduz o rápido processo de degradação das substancias presentes na polpa destes frutos.

4. Considerações Finais

O uso de fécula de mandioca a 2% em frutos de goiaba ‘Paluma’ associado ao armazenamento sob refrigeração foi eficiente, retardando o amadurecimento dos frutos, tornando-se uma alternativa promissora para a conservação pós-colheita destes frutos.

Referências

Arroyo, B. J., Bezerra, A. C., Oliveira, L. L., Arroyo, S. J., Melo, E. A. A., & Santo, A. M. P. (2020) Antimicrobial active edible coating of alginate and chitosan add ZnO nanoparticles applied in guavas (*Psidium guajava* L.). *Food Chemistry*, 309, 1-7.

Assis, O. B. G., & Britto, D. (2014). Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. *Brazilian Journal of Food Techonology*, 17, 87-97.

Bishnoi, C., Sharma, R. K., & Siddiqui, S. (2015). Effect of Modified Atmosphere on Biochemical Parameters and Shelf Life of Guava (*Psidium guajava* L) cv. Hisar Safeda and L- 49. *Journal of Postharvest Technology*, 03: 14-17.

Castriini, A., Coneglian, R. C. C., & Vasconcellos, M. A. S. (2010). Qualidade e amadurecimento de mamões 'golden' revestidos por película de fécula de mandioca. *Revista Trópica*, 4: 32-41.

Chitarra, M. I. F., & Chitarra, A. B. (2005). *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: Editora UFLA, 785p.

Costa, J. D. S., Almeida, F. S. C., Neto, A. F., Costa, M. S., & Ferreira E. A. (2017). Vida útil de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas em embalagem XTende sob refrigeração e condição ambiente. *Revista Espacios*, 38(39): 27.

Ferreira, S. M. R., Freitas, R. J. S. D., Karkle, E. N. L., Quadros, D. A. D., Tullio, L. T, & Lima, J. J. D. (2010). Qualidade do tomate de mesa cultivado nos sistemas convencional e orgânico. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30, 224-230.

Fonseca, M. J. O., Soares, A. G., Barboza, H. T. G., Carvalho, M. A. G., & Neves Júnior, A. C. V. (2016) Uso de revestimento comestível para extensão da vida útil da goiaba 'Pedro Sato'. *Engenharia na Agricultura*. 24, 101-110.

Formiga, A. S., Pinsetta, J. S., Pereira, E. M., Cordeiro, I. N. F., & Mattiuz, B.-H. (2019) Use of edible coatings based on hydroxypropyl methylcellulose and beeswax in the conservation of red guava 'Pedro Sato'. *Food Chemistry*, 290, 144-151.

Galli, J. Á., Fischer, I. H., Arruda Palharini, M. C., & Michelotto, M. D. (2015). Quantificação de doenças pós-colheita em acessos de goiabeira cultivados em sistema orgânico, *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 45,2.

Gill, K. S., Dhaliwal, H. S., Mahajan, B. V. C., Paliyath, G., & Boora, R. S. (2016). Enhancing postharvest shelf life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Allahabad Safeda by pre-harvest application of hexanal containing aqueous formulation. *Postharvest Biology and Technology*, 112, 224-232.

Gomes Filho, A., Oliveira, T. F., Oliveira, S. L., Silva, G. G., & Chaga, L. M. (2016). Qualidade pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato' tratadas com diferentes concentrações de

fécula de mandioca associadas a substâncias antifúngicas. *Revista Agri-Environmental Sciences*, 2, 37-51.

Leninger, A. L. (1993) Princípios de bioquímica. São Paulo, Ed. Sérvier, 8ª impressão, 725p.

Liang, J., Xia, Q., Wang, S., Li, J., Huang, Q., & Ludescher, R. D. (2015). Influence of glycerol on the molecular mobility, oxygen permeability and microstructure of amorphous zein films. *Food Hydrocolloids*, 44, 94-100.

Luvielmo, M. M., & Lamas, S. V. (2012). Revestimentos comestíveis em frutas. *Estudos Tecnológicos em Engenharia*, 8(1), 8-15.

Menezes, K. P., Santos, G. C. S., Oliveira, O. M., Sanches, A. G., Cordeiro, C. A. M., & Oliveira, A. R. G. (2017). Influência dos revestimentos comestíveis na preservação da qualidade pós colheita de tomate de mesa. *Colloquium Agrarie*, 13(3), 14-28.

Nunes, A. C. D., Figueiredo Neto, A., Nascimento, I. K. S., Oliveira, F. J. V., & Mesquita, R. V. C. (2017). Armazenamento de mamão ‘formosa’ revestido à base de fécula de mandioca. *Revista de Ciências Agrárias*, 40, 254-263.

Oliveira, L. M., Rodrigues, M. H. B. S., Bomfim, M. P., Sousa, V. F. O., Trigueiro, R. W. P., & Melo, E. N. (2017). Uso de coberturas comestíveis à base de fécula de mandioca associado à refrigeração na qualidade pós-colheita de goiaba paluma. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 12, 540-546.

Rocha, A. M., Costa, S. C., Lima, T. S., Silva, A. F., Barão, C. E., Pimentel, T. C., Antonelli-Ushirobira, T. M. & Marcolino, V. A. (2020) Aplicação do biopolímero de amido de cassava e amido de milho na conservação pós-colheita de guava. *Brazilian Journal of Development*, 6: 6658-6680.

Sanches, A. L., Moreira, E. G. S., & Cordeiro, C. A. M. (2017). Fontes de Amido e Temperatura de Armazenamento na Manutenção da Qualidade Pós-Colheita da Pitaya de Polpa Vermelha. *Colloquium Agrariae*, 13, 41-54.

Sandri, D., Rinaldi, M. M., Ishizawa, T. A., Cunha, A. H. N., Pacco, H. C., & Ferreira, R. B. (2015). 'Sweet grape' tomato post harvest packaging. *Engenharia Agrícola*, 35(6), 1093-1104.

Santos, A. E. O., Assis, J. S., Berbert, P. A., Santos, O. O., Batista, P. F., & Gravina, G. A. (2011). Influência de biofilmes de fécula de mandioca e amido de milho na qualidade pós-colheita de mangas 'Tommy Atkins'. *Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, 6, 508-513.

Silva, D. F. P., Salomão, L. C. C., Zambolim, L., & Rocha, A. (2012). Use of biofilm in the postharvest conservation of 'Pedro Sato' guava. *Food Science and Technology*, 59(3), 305-312.

Silva, H. S., Moreira, I. S., Furtunato, T. C. S., Rocha, R. H. C., & Sousa, F. D. A. (2015). Estádios de maturação e danos mecânicos na goiaba comercializada no Sertão da Paraíba. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 10: 01-08.

Versino, F., Lopez, O. V., Garcia, M. A., & Zaritzky, N. E. (2016). Starch based films and food coatings: an overview. *Starch-Stärke*, 68, 1-12.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Marília Hortência Batista Silva Rodrigues – 20%

Luana Muniz de Oliveira – 15%

Marinês Pereira Bomfim – 15%

Edinete Nunes de Melo – 10%

Valeria Fernandes Oliveira de Sousa – 10%

Adriana da Silva Santos – 10%

Joyce Naiara da Silva – 10%

Carlos Jardel Andrade Oliveira – 10%