**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Estabilidade química e funcional dos compostos bioativos da polpa
de buriti congelada, liofilizada e atomizada**

Bruna Lorena Aguiar Carneiro

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Ciência
e Tecnologia de Alimentos

**Piracicaba
2016**

Bruna Lorena Aguiar Carneiro
Engenheira de Alimentos

**Estabilidade química e funcional dos compostos bioativos da polpa de
buriti congelada, liofilizada e atomizada**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:

Profa. Dra. **MARTA HELENA FILLET SPOTO**

Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestra em Ciências. Área de concentração:
Ciência e Tecnologia de Alimentos

**Piracicaba
2016**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Carneiro, Bruna Lorena Aguiar

Estabilidade química e funcional dos compostos bioativos da polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada / Bruna Lorena Aguiar Carneiro. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2016.

111 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. *Mauritia flexuosa* L. 2. Antioxidantes 3. Carotenoides 4. Ácidos graxos 5. Compostos fenólicos 6. Minerais I. Título

CDD 664.8046
C289e

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

AGRADECIMENTOS

À Deus, a Ti meu eterno amor e gratidão.

À minha família, em especial, meus pais, Diana e Raimundo, aos meus irmãos Luendys, Ariana e Jordânia, aos meus cunhados, Susana e Bruno, aos meus sobrinhos, Snay e Clarice, a minha tia Zilda e a Djé por todo amor e carinho dedicado, essencial para que tudo fosse possível.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, pelas portas abertas, pela grande contribuição na minha formação e por possibilitarem a realização deste trabalho.

À minha orientadora, prof^a. Dra. Marta Helena Fillet Spoto, minha gratidão pela experiência, aprendizado, confiança e paciência para a realização deste trabalho.

Aos membros da banca, pelas sugestões de melhoramento do trabalho.

Aos professores e funcionários do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição que de forma direta ou indireta contribuíram com minha formação.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado.

À Cooperativa Central do Cerrado e as Empresas Liotécnica, Guapirama e Embaquim Ind. e Com Ltda, pela disposição e colaboração na obtenção das polpas, processamento e embalagem das polpas para este trabalho.

Ao Laboratório de Química e Bioquímica - UNESP, em especial a prof^a. Dra. Giuseppina, ao Igor, Chris e Marla, pela gentileza, parceria e ajuda nas análises de carotenoides por CLAE.

Ao Centro de Estatística Aplicada – USP e ao Gabriel, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Ao GEFH pela amizade, auxílio durante todo o período experimental, risadas e companheirismo que fizeram da realização deste trabalho muito mais agradável.

A Aninha, Ana Budin, Carmencita, Dani, Dario, Giovanna e Marcelo, Giulia, Marcela, Melina, Natalia, Rafael, Sebastian, Silvana e Tati, por todo apoio, carinho, por me escutarem sempre e por tornarem os meus dias mais leves. Sentirei falta de todos vocês. E a todos os meus amigos por se fazerem sempre presentes, mostrando que a distância não significa nada quando a amizade é verdadeira.

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	9
1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	11
2 OBJETIVOS	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1 Buriti (<i>Mauritia flexuosa</i> L.).....	17
3.2 Características nutricionais do buriti.....	18
3.3 Compostos Bioativos.....	20
3.3.1 Ácidos Graxos	21
3.3.2 Carotenoides	22
3.3.2.1 Estabilidade dos carotenoides.....	24
3.3.3 Compostos Fenólicos.....	25
3.4 Processamento de polpas de frutas	27
3.4.1 Congelamento	28
3.4.2 Desidratação	29
3.4.2.1 Liofilização.....	30
3.4.2.2 Atomização.....	31
4 MATERIAL E MÉTODOS	35
4.1 Material.....	35
4.1.1 Matéria prima e processamento	35
4.2 Tratamentos	35
4.2.1 Congelamento	35
4.2.2 Liofilização.....	36
4.2.3 Atomização.....	37
4.3 Experimento I: Caracterização da polpa de buriti	38
4.3.1 Delineamento experimental.....	39
4.3.2 Composição centesimal	39
4.3.3 Minerais.....	39
4.3.4 Perfil dos Ácidos Graxos	40
4.3.5 Análise de carotenoides por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) ..	40
4.4 Experimento II: Avaliação da vida útil.....	41

4.4.1 Delineamento experimental	41
4.4.2 Análises físicas e químicas	42
4.4.2.1 Coloração	42
4.4.2.2 pH	42
4.4.2.3 Atividade de água (Aa)	42
4.4.2.4 Sólidos solúveis (SS).....	43
4.4.2.5 Acidez titulável (AT)	43
4.4.2.6 Compostos fenólicos totais	43
4.4.2.7 Carotenoides totais	44
4.5 Análise estatística	44
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1 Experimento I: Caracterização da polpa de buriti	47
5.1.1 Composição centesimal	47
5.1.2 Composição mineral	50
5.1.3 Composição em ácidos graxos	53
5.1.4 Carotenoides por HPLC	55
5.2 Experimento II: Avaliação da vida útil	57
5.2.1 Análises Físicas	57
5.2.1.1 Luminosidade (L*)	57
5.2.1.2 Croma	59
5.2.1.3 Hue	61
5.2.2 Análises Químicas	63
5.2.2.1 pH	63
5.2.2.2 Atividade de água (Aa)	64
5.2.2.3 Sólidos solúveis (SS)	65
5.2.2.4 Acidez titulável (AT)	66
5.2.3 Compostos Bioativos	68
5.2.3.1 Compostos Fenólicos	68
5.2.3.2 Carotenoides.....	73
6 CONCLUSÕES.....	77
REFERÊNCIAS	79
ANEXOS.....	97

RESUMO

Estabilidade química e funcional dos compostos bioativos da polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada

O buriti (*Mauritia flexuosa* L.) é um fruto rico em carotenoides, ácidos graxos e compostos fenólicos com grande potencial de industrialização. Entretanto, sua vida útil reduzida dificulta a comercialização e um maior aproveitamento. Dessa forma, tecnologias de processamento podem ser empregadas para que haja maior utilização e expansão do buriti. Este trabalho teve como objetivo caracterizar polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada, quantificando os compostos bioativos (carotenoides e ácidos graxos), a composição centesimal e mineral, além de avaliar a estabilidade química e funcional da polpa submetida a esses tratamentos ao longo do tempo de armazenamento. Polpas de buriti oriunda da Comunidade Boa Vista, zona rural do município de Arinos, MG, foram submetidas a três processamentos: congelamento (eleito como controle), liofilização e atomização (com adição de maltodextrina como coadjuvante de tecnologia). Após o processamento, as polpas foram acondicionadas em embalagens laminadas compostas por poliéster, alumínio e polietileno (25 x 25 cm), com capacidade para 100 g cada, e armazenadas a -23 °C para o congelamento e a temperatura ambiente para as polpas desidratadas. As análises físicas, químicas, nutricionais e funcionais foram realizadas logo após o processamento, para caracterização das polpas e nos períodos: 1, 14, 28, 42 e 56 dias, para avaliação da estabilidade. O delineamento experimental empregado constituiu-se de dois fatores (processamento e período) e a interação entre eles. Os dados foram analisados estatisticamente por meio da Análise de Variância Univariada (ANOVA) com nível de significância de 5 %. Constatou-se que durante a estocagem a polpa liofilizada apresentou maior brilho, menor opacidade, valores inferiores para o pH, menor variação da atividade de água e maior acidez titulável. Esses parâmetros são importantes indicadores de qualidade da polpa durante a sua estocagem, visto que dificultam o desenvolvimento microbiano. A adição da maltodextrina no processo de atomização acarretou maiores teores de sólidos solúveis em relação aos demais tratamentos. Os resultados demonstraram que, ao longo do armazenamento, a liofilização contribuiu para a melhor preservação dos carotenoides totais. A quantificação dos carotenoides e dos ácidos graxos na polpa congelada demonstrou que houve melhor preservação de carotenoides do tipo alfa e beta caroteno, dos ácidos graxos oleico, indicando maior valor nutricional para a alimentação humana. Apesar dos resultados satisfatórios para a polpa congelada, durante o tempo analisado a polpa congelada apresentou maiores perdas em relação à polpa liofilizada. Para a classe dos compostos fenólicos, a liofilização apresentou melhores resultados ao longo da estocagem. O uso de baixas temperaturas foi mais efetivo para a preservação dos compostos bioativos analisados. Portanto, pode-se concluir que o emprego da liofilização é a alternativa mais adequada entre as avaliadas, para o aproveitamento da polpa de buriti na indústria de alimentos, uma vez que esse tratamento preservou todos os constituintes avaliados durante a estocagem.

Palavras-chave: *Mauritia flexuosa* L.; Antioxidantes; Carotenoides; Ácidos graxos; Compostos fenólicos; Minerais

ABSTRACT

Chemical and functional stability of the bioactive compounds of frozen buriti pulp, freeze-dried and atomized

The Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) is a fruit rich in carotenoids, fatty acids and phenolic compounds with great potential for industrialization. However, its limited life difficulties commercialization and better use. Thus, processing technologies can be employed for greater use and expansion of Buriti. This study aimed to characterize frozen, lyophilized and atomized pulp of Buriti, quantifying the bioactive compounds (carotenoids and fatty acids), the centesimal and mineral composition, as well as evaluating the chemical and functional stability of the pulp subjected to these treatments over the time of storage. Pulps of Buriti coming from the Community of Boa Vista, countryside of Arinos, MG, were subjected to three processing: freezing (chosen as a control), lyophilization and atomization (with the addition of maltodextrin as a supporting technology). After processing, the pulps were stored in laminated packages composed of polyester, aluminum and polyethylene (25 x 25 cm) with a capacity of 100 grams each, and stored at -23 ° C for freezing and at room temperature for dehydrated pulps. The effects of the treatments of frozen pulp (control), lyophilized and atomized obtained from fruits of buriti palm (*Mauritia flexuosa* L.), associated with temperature and storage periods were analysed in order to evaluate the effect of atomization and lyophilization, comparing them to the effects of the freezing process, elected as control and quantify bioactive compounds (carotenoids and fatty acids), the chemical composition, mineral, presence of phenolic compounds and their variations over time. The physical, chemical, nutritional and functional analysis were performed in the periods: 1, 14, 28, 42 and 56 days. The experimental design consisted of two factors (processing and period of storage) and the interaction between them. Data were statistically analyzed by Analysis of Variance (ANOVA) with 5% of significance level. During storage of the freeze-dried pulp the results showed higher brightness, lower opacity, lower values for pH, smaller variation of a_w and higher titratable acidity. These parameters are important indicators of pulp quality during storage. The addition of maltodextrin in the atomization process led to higher soluble solids compared to other treatments. The results showed that, during storage, lyophilization contribute to the better preservation of carotenoids. The quantification of carotenoids and fatty acids in frozen pulp showed that there were better preservation of alpha carotenoids, beta carotene, and oleic fatty acids, indicating a higher nutritional value for human consumption. Although the results for the frozen pulp were satisfactory, during the time, examined frozen pulp showed greater losses compared to the lyophilized pulp. For the group of phenolic compounds, lyophilization showed better results over storage. The use of low temperatures was more effective for the preservation of bioactive compounds that were analysed. Therefore, it can be concluded that the use of lyophilization is the most appropriate alternative among the other ones for the use of buriti pulp in the food industry, since this treatment preserved all constituents evaluated during storage.

Keywords: *Mauritia flexuosa* L.; Antioxidants; Carotenoids; Fatty acids; Phenolic compounds; Minerals

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O Brasil, em função do clima e da extensão geográfica, apresenta grande diversidade de frutas nativas, com alto potencial nutricional, econômico e características sensoriais únicas. O consumo de frutas tem sido impulsionado pela preocupação do consumidor com uma dieta saudável (RUFINO et al., 2010), assim, a busca por frutas que contenham alta qualidade nutricional se faz importante nos dias atuais. Nesse contexto, as frutas e hortaliças têm sido largamente pesquisadas como fontes potenciais de compostos bioativos, com capacidade antioxidante e níveis de fenólicos elevados (GENOVESE et al., 2008; GONÇALVES; LAJOLO; GENOVESE, 2010; ALMEIDA et al., 2011).

Um composto para ser considerado bioativo necessita possuir atividade antioxidante, sendo capaz de inibir ou interromper a cadeia de propagação de reações oxidativas e convertendo os radicais livres em moléculas menos nocivas, além de reparar o dano oxidativo em células humanas. Posto isto, os referidos compostos são de grande interesse por parte de pesquisadores e da população, sendo importante observar a dose do consumo (CERQUEIRA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007).

Os compostos bioativos presentes nos alimentos, tais como carotenoides, vitaminas E e C, metabólitos fenólicos e ácidos graxos poli-insaturados influenciam beneficemente uma ou mais funções do organismo. Estes também garantem efeitos nutricionais adequados e redução do risco de doenças crônico-degenerativas como câncer, doenças cardiovasculares, degeneração macular e catarata (ANJO, 2004; MORAES; COLLA, 2006).

Os carotenoides são responsáveis pelo pigmento das frutas e hortaliças, sendo uma classe importante de compostos bioativos. Existem vários tipos de carotenoides presentes em frutas e hortaliças, dentre eles o β -caroteno é o mais relevante e abundante seguido de licopeno, α -caroteno, luteína e zeaxantina. No entanto, cerca de 50 carotenoides demonstram atividade provitamina A, como o α -caroteno, β -caroteno e a β -criptoxantina (RODRIGUEZ-AMAYA, 2002). Pesquisas mostram que a deficiência em micronutrientes, principalmente em vitamina A, afeta milhões de pessoas nos países em desenvolvimento (WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO, 2015).

A grande gama de compostos antioxidantes presentes em frutas tropicais se torna fator de estímulo ao consumo, graças às propriedades e benefícios apresentados por estes compostos no organismo. Além disto, estes frutos são importantes à saúde humana pela presença de outros micronutrientes como minerais, fibras, vitaminas e diversos compostos, como por exemplo, os polifenóis (HARBONE; WILLIAMS, 2000). Nesse contexto de compostos antioxidantes, tem-se no buriti, fruto nativo brasileiro, não muito explorado, bons indicativos para incorporação de sua polpa na dieta.

O buriti (*Mauritia flexuosa* L.) é consumido na forma de polpa, doces e compotas e tem mostrado grande potencial para ser utilizado na prevenção de doenças advindas do estresse oxidativo, visto que possui quantidades consideráveis de carotenoides, polifenóis e ácido ascórbico. Ademais, possui 10 a 31 g de lipídeos, sendo que sua fração lipídica auxilia na prevenção de doenças cardiovasculares, sendo composta predominantemente por ácidos graxos oleico e palmítico (MANHÃES, 2007; BARRETO; BENASSI; MERCADANTE, 2009). A literatura apresenta poucos estudos que descrevem atividades funcionais do buriti, mas os que já foram identificados demonstram seu potencial foto protetivo devido à presença dos carotenoides, além das atividades antibacteriana e cicatrizante (YUYAMA et al., 1998, ZANATTA et al., 2010; BATISTA et al., 2012).

O beneficiamento das polpas é estimulado como forma de aproveitamento industrial, uma vez que os frutos do buriti possuem vida pós-colheita curta, além de agregar valor ao produto. A conservação das características microbiológicas, físico-químicas e sensoriais são aspectos relevantes relacionados à qualidade da polpa. Tecnologias são estudadas para minimizar perdas nutricionais e sensoriais dos produtos, mantendo-as mais próximas do fruto *in natura* e com maior vida útil. Dentre as tecnologias utilizadas para assegurar maior estabilidade da polpa são destacados o congelamento, a liofilização e a atomização (BRASIL, 2000; KARWOWSKI et al., 2013).

Na cadeia agroindustrial do buriti, uma das principais dificuldades que as populações locais encontram tanto para a produção caseira quanto para as pequenas empresas processadoras é o fornecimento constante de matéria-prima, visto que o fruto é colhido somente no período das águas, de dezembro a junho (FUJITA et al., 2014). Portanto, existe a necessidade de implementar tecnologias

para o processamento desse fruto, de modo a estender a vida útil e manter a estabilidade em tempos prolongados de armazenamento.

2 OBJETIVOS

O presente estudo objetivou caracterizar polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada, quantificando os compostos bioativos (carotenoides e ácidos graxos), a composição centesimal e mineral, além de avaliar a estabilidade química e funcional da polpa submetida a esses tratamentos ao longo do tempo de armazenamento.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Buriti (*Mauritia flexuosa* L.)

O buritizeiro é uma palmeira encontrada na América do Sul, pertence à família Palmae ou Aracaceae e subfamília Lepidocarycideae, apresenta caule único medindo 15-20 m de altura e 30-50 cm de diâmetro (CASTRO et al., 2014). Os buritis podem ser encontrados em matas de terra firme, matas inundadas, ambientes degradados e baixadas úmidas. No Brasil, o buriti é encontrado nas regiões do Nordeste até o Centro-sul (LORENZI et al., 2006). A água é importante na disseminação de suas sementes. Geralmente, parte do tronco fica imersa na água por longos períodos, mas é possível cultivá-lo em solo seco desde que receba quantidade adequada de água na fase juvenil (RIBEIRO; SILVA, 1996).

A palmeira é usada há séculos pelas populações nativas, tendo elevado valor ecológico, cultural e econômico (TAVARES et al., 2003; MANHÃES, 2007). Uma palmeira de buriti pode produzir 150-200 kg de frutos por safra, os quais são bastante perecíveis e apresentam sazonalidade de dezembro a junho (MARTIN, 1990; CARNEIRO; CARNEIRO, 2011). A polpa dos frutos possui massa espessa de coloração amarelo alaranjada, de sabor agri-doce, consistência amilácea e oleosa (SANTOS et al., 2011), sendo considerado uma das melhores fontes de provitamina A encontradas na biodiversidade brasileira (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008). A população local consome o fruto *in natura* ou como polpa, nas mais variadas formas, tais como doces, geleias, sorvetes, cremes, sucos, compotas e bebidas fermentadas (MELO; FIGUEIRÊDO; QUEIROZ, 2008).

A comercialização dos produtos de buriti é uma das principais fontes de renda para muitas famílias da região onde o fruto é cultivado, além de manter a quantidade e a qualidade da água nas veredas (SAMPAIO, 2011), porém, economicamente, os frutos de buriti ainda são pouco comercializados.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2015), a palmeira de buriti é mais utilizada na fabricação de fibras, que servem como matéria prima para diversos produtos tais como cordas, panos, redes de pesca e de descanso. Ainda segundo o IBGE, em 2013 a produção brasileira de fibras do buritizeiro foi de 466 toneladas.

O Ministério da Saúde tem estimulado a implementação de programas de educação alimentar para incentivar o consumo de alimentos ricos em vitamina A e de mais nutrientes. Muitos destes alimentos, como as frutas nativas, apresentam custo acessível, mesmo para as populações mais carentes. O uso das frutas nativas pode ser uma excelente opção para melhorar a saúde da população brasileira, agregar valor aos recursos naturais disponíveis no cerrado, melhorar a renda das pequenas comunidades rurais e favorecer a preservação das espécies nativas (AGOSTINI-COSTA; VIEIRA, 2004).

A polpa de buriti fornece de 8 a 9 % de óleo comestível, com elevado teor de carotenoides provitamina A, sendo rico em ácido graxo monoinsaturado, especialmente oleico, em quantidade superior ao óleo de dendê e de pequi (AGOSTINI-COSTA; VIERIA, 2000). A soja apresenta em média 32 % de ácido oleico, enquanto o buriti maduro apresenta 78 %, similar ao da oliva (DONADIO; MÔRO; SERVIDONE, 2004).

O óleo de buriti é utilizado na culinária, na medicina popular, na indústria de produtos alimentícios, farmacêuticos e cosméticos (KOOLEN et al., 2012). Também pode ser empregado como corante natural, substituindo os artificiais usados na indústria de alimentos (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 1996).

3.2 Características nutricionais do buriti

A composição dos alimentos é considerada importante fonte de informações para o seu aproveitamento e utilização, bem como para avaliar os métodos de conservação aplicáveis. Segundo Macedo (1995), os parâmetros físico-químicos e químicos são importantes, pois, são utilizados para caracterizar a matéria-prima e para controlar a qualidade do produto final.

Na alimentação humana as frutas são fontes de vitaminas, minerais e fibra dietética (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A caracterização das frutas processadas é imprescindível para que o produto obtido chegue ao consumidor com ótima qualidade e maior vida útil.

A composição química das polpas de buriti podem apresentar diferenças entre si, devido a fatores morfológicos e químicos entre a variabilidade genética das espécies, bem como aos diversos graus de maturação e de umidade dos frutos (TAVARES et al., 2003).

A medição do pH é uma ferramenta para a avaliação da acidez dos frutos, sendo influenciada por fatores ambientais e genético. Pelo valor do pH, podem ser estabelecidos critérios de acidez de maneira comparativa entre os frutos (MEDEIROS et al., 2009).

A acidez titulável de uma fruta é dada pela presença de ácidos orgânicos que decrescem com o amadurecimento do fruto devido à oxidação no ciclo dos ácidos tricarboxílicos, sendo fundamentais na síntese de compostos fenólicos, lipídios e aromas voláteis. A acidez da polpa de buriti é expressa em termos de ácido cítrico que é o ácido orgânico presente em maior quantidade (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os sólidos solúveis são responsáveis pelo sabor e consequentemente pela aceitação por parte dos consumidores. Compreendem os açúcares, vitaminas, ácidos, aminoácidos e algumas pectinas, cujo teor aumenta durante a maturação pela biossíntese ou pela degradação de polissacarídeos (CHITARRA; CHITARRA, 1990).

Outro aspecto nutricional importante no fruto são os minerais, que atuam como íons dissolvidos em fluídos corpóreos, regulam as atividades de enzimas, mantêm o equilíbrio ácido-base e a pressão osmótica, facilitam a transferência de nutrientes essenciais pela membrana celular, e mantem a integridade nervosa e muscular, além de constituir moléculas estruturais de tecidos corpóreos extracelulares, como os ossos e dentes (ANDRADE et al., 2003).

Os minerais podem ser classificados como macro elementos, necessários em quantidades de 100 mg dia⁻¹ ou mais; microelementos, necessários em quantidades menores e elementos ultra traços, quando as necessidades dietéticas estimadas são geralmente abaixo de 1µg g⁻¹ (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2002).

O buriti constitui fonte de sódio, potássio, cálcio, ferro, magnésio, manganês, cobre e zinco, assim como de outros compostos importantes como os fenólicos. A principal característica nutricional encontra-se no óleo de buriti, em função da presença de ácidos graxos, especialmente ácido oleico. Sua coloração laranja avermelhada é o principal apelo, visto que se deve ao elevado teor de carotenoides, principalmente β-caroteno (VÁSQUEZ-OCMÍN et al., 2009).

O valor nutricional médio de 100 g de polpa de buriti constitui-se de 120 a 283 calorias, 53 a 72 % de umidade, 2,3 a 5,5 g de proteínas, 10 a 31 g de lipídeos, 10,4

a 27,5 g de fibras, 30 mg de vitamina A e 50 mg de vitamina C, além de cálcio, fósforo e ferro (DONADIO; MÔRO; SERVIDONE, 2004).

A polpa apresenta níveis elevados de proteína e de gordura total, cujo teor é comparável ao de algumas oleaginosas comercialmente exploradas. Segundo Lage (2014) 68 % do total de gorduras da polpa de buriti são compostas por fração não saturada, revelando ser uma boa fonte de gordura com qualidade para consumo.

Os teores de vitaminas do complexo B (B₁, B₂ e niacina) presentes na polpa de buriti são similares ou superiores aos encontrados no abacate, banana e goiaba (AGOSTINI-COSTA; VIEIRA, 2000). A polpa ainda apresenta elevadas quantidades de fósforo e valores de ferro equivalente ao do tomate, e a quantidade de cobre aproxima-se ao do amendoim, figo e uva. O valor de cálcio está próximo ao do morango e caju, e o teor de açúcar compara-se ao da uva e da jabuticaba (SANO; ALMEIDA, 1998).

A polpa de buriti apresenta teores de vitamina C superiores ao das frutas cultivadas e consumidas pela população brasileira, como a laranja e o limão, e menores que os encontrados na couve (MANHÃES, 2007).

3.3 Compostos Bioativos

Os compostos bioativos são encontrados em maior quantidade nas frutas e hortaliças, geralmente ricas em fibras, vitaminas e minerais e pobres em gorduras saturadas, que diversificam de estrutura química e função biológica. Estes compostos determinam o funcionamento metabólico ou fisiológico (HORST; LAJOLO, 2007). As substâncias bioativas são definidas como nutrientes ou não nutrientes com ação metabólica ou fisiológica (BRASIL, 2002).

As frutas e hortaliças são as principais fontes naturais de diferentes compostos antioxidantes. A presença destes compostos nos frutos nativos tem sido comprovada nos últimos anos (AZEVEDO-MELEIRO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2004; ROESLER et al., 2007). Além disso, tem-se evidenciado o papel que esses alimentos desempenham na saúde humana, por meio da prevenção e do tratamento de diversas doenças (DEMBISTSKY et al., 2011).

Os compostos bioativos derivados de uma dieta natural, tais como carotenoides e polifenóis, agem promovendo a saúde humana contra danos

oxidativos e retardam o desenvolvimento de doenças degenerativas, além de impedir a oxidação de lipídios em alimentos (GAWLIK-DZIKI, 2012).

Estas ações são realizadas em decorrência do potencial de óxido-redução de determinadas moléculas, da capacidade dessas moléculas em competir por sítios ativos e receptores nas diversas estruturas celulares ou na modulação da expressão de genes que codificam proteínas envolvidas em mecanismos de defesa contra processos oxidativos (BASTOS; ROGERO; ARÊAS, 2009; ALISSA; FERNS, 2012).

O organismo pode sofrer processos de degradação, como também outras alterações de envelhecimento que são ocasionadas por moléculas denominadas radicais livres (SIZER; WHITNEY, 2003). Os radicais livres são moléculas orgânicas e inorgânicas que contêm um ou mais elétrons não pareados, o que as tornam moléculas instáveis e quimicamente reativas, com meia-vida curta (HUANG; OU; PRIOR, 2005).

O excesso de radicais livres pode ser combatido pelos compostos antioxidantes, os quais são definidos como qualquer substância que, presente em baixas concentrações e relacionada a substratos oxidáveis, inibem ou retardam a oxidação desses substratos de modo efetivo (SIES; STAHL, 1995). Com o combate ao processo oxidativo tem-se menores danos ao DNA e às macromoléculas, diminuindo os efeitos que podem desencadear doenças como o câncer, cardiopatias e cataratas (MAIA; SOUSA; LIMA, 2007).

As diferentes ações dos antioxidantes e suas respectivas atividades podem ser medidas por métodos realizados sob diferentes condições (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008).

Segundo Cândido et al. (2015) e Manhães (2007) os frutos de buriti apresentam alguns compostos bioativos como os ácidos graxos poli-insaturados (ômega-9), carotenoides (betacaroteno) e compostos fenólicos.

3.3.1 Ácidos Graxos

Pela composição centesimal, os lipídeos totais constituem o segundo maior componente da polpa de buriti, representando todas as substâncias solúveis em solvente orgânico, sendo incluídos nessa categoria os óleos e gorduras, carotenoides, clorofila e outros pigmentos, além dos esteróis, fosfatídios, vitaminas lipossolúveis entre outros (IAL, 2005).

Os ácidos graxos poli-insaturados das famílias ômega-3 e ômega-6 são de grande importância dentro da classe dos lipídeos, os quais apresentam diversos benefícios ao organismo humano, como a redução do colesterol sanguíneo. Os principais ácidos graxos da família ômega-3 (w-3 ou n-3) são o ácido linolênico, docosaexaenoico e eicosapentaenoico, enquanto o principal da família ômega-6 (w-6 ou n-6) corresponde ao ácido linoleico, precursor do ácido araquidônico (LIRA et al., 2004). Ambos são essenciais e podem ser obtidos a partir da dieta, contudo não podem ser produzidos pelo organismo humano devido às duplas ligações situadas no 3° e 6° átomos de carbono (CONNOR, 2000).

O ácido linoleico pode ser encontrado nos óleos de milho, girassol, soja, dentre outros, enquanto o linolênico encontra-se em concentrações elevadas na semente de linhaça (CARTER, 1993).

Estudos indicam que esses ácidos graxos desempenham importante papel no organismo humano, uma vez que fazem parte da membrana celular, e têm ações antitrombóticas e anti-inflamatórias, atuando como precursores de prostaglandinas e leucotrienos. O principal ácido graxo monoinsaturado é o oleico, que pertence à família ômega-9 (w-9 ou n-9) e vem ganhando destaque, já que pode contribuir com a redução dos níveis séricos de colesterol LDL e triacilgliceróis, estando também associado à redução da incidência de doenças cardíacas (MANHÃES, 2007).

Manhães (2007) comparou a fração lipídica do óleo de buriti em relação ao azeite de oliva e óleo de canola, muito utilizados na dieta humana e tidos como alimentos saudáveis. O autor reportou que o óleo de buriti possui níveis mais elevados de ácido graxo oleico (n-9) e contém aproximadamente quatro vezes mais ácido linolênico (n-3) do que o azeite de oliva.

3.3.2 Carotenoides

O teor e a composição de carotenoides de um alimento podem variar dependendo do cultivo ou variedade da planta, estágio de maturação, fatores climáticos, condições de cultivo, práticas agrícolas, colheita e pós-colheita, processamento e condições de armazenamento. Existem aproximadamente 700 carotenoides que podem ser encontrados na natureza como corantes naturais, responsáveis pela coloração de frutas, folhas e flores, variando do amarelo ao vermelho. Nas plantas, são sintetizados durante a rota fotossintética por meio da

captação do excesso de energia luminosa, juntamente com as clorofilas (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; FRANCO, 2001).

A estrutura básica dos carotenoides consiste de um tetraterpeno com 40 átomos de carbono, produzidos a partir de 8 unidades de isoprenóides com 5 carbonos, estáveis em seu ambiente natural, que se degradam quando extraídos ou aquecidos (NAWAR, 1996). Esses compostos apresentam alto grau de insaturação nas ligações, e por isso estão sujeitos às reações oxidativas (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008).

Os carotenoides estão presentes na membrana lipídica e nos vacúolos plasmáticos das células. Dividem-se em dois grupos: carotenos constituídos por átomos de hidrogênio (β -caroteno e o licopeno), e as xantofilas que apresentam grupos oxigenados (β -criptoxantina e zeaxantina) (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008).

Além de agir como corante e pigmento das frutas e hortaliças, exercem também funções bioativas e apresentam benefícios à saúde humana. O papel nutricional mais relevante é a sua atividade como provitamina A, com maior potencial de conversão a partir do β -caroteno. Ao sofrer uma clivagem central, o β -caroteno divide-se ao meio e origina duas moléculas, que após associar-se a uma molécula de água formam retinol (BRITTON, 1995; RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; LEE; CHEN, 2001).

Segundo Rodriguez-Amaya, Kimura e Amaya-Farfan (2008) a maior concentração de β -caroteno registrada no Brasil ocorre no buriti, o qual contém mais de $20 \mu\text{g g}^{-1}$ de carotenoides importantes para a saúde. Por estar presente em matriz oleosa, estimulando a absorção intestinal dos carotenoides, pode ter sua biodisponibilidade aumentada. Pode, ainda, conter quantidades substanciais de α -caroteno, γ -caroteno e zeaxantina.

O óleo de buriti é considerado a fonte natural mais rica em β -caroteno ($30 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de polpa), superando a cenoura em 5 vezes ($6,6 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de polpa). No óleo de buriti a concentração de β -caroteno alcança $118 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de óleo (RODRIGUEZ-AMAYA, 1996).

Yuyama (1998) encontrou 16 e $110,46 \mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente para as frações α e β , atingindo um total de vitamina A de $1976 \mu\text{g}$ de retinol equivalente 100 g^{-1} de óleo, a qual apresenta propriedades de proteção da fração lipídica da

oxidação. O autor também reportou um teor de lipídios igual a 42,78 g 100 g⁻¹, considerados relevantes para o processo de absorção da vitamina A.

Godoy e Rodriguez-Amaya (1995) relataram que na análise do óleo extraído da polpa de buriti foi encontrado teor de carotenoides totais de 446 µg g⁻¹, dos quais 364 µg g⁻¹ correspondem ao β-caroteno.

O conteúdo de caroteno da polpa de buriti (16,7 mg 100 g⁻¹) é superior ao do pequi (7,46 mg 100 g⁻¹), e das demais frutas nativas tais como o araticum, baru, cagaita, jatobá e mangaba, que mostram teores inferiores a 1,0 mg 100 g⁻¹ de polpa (SANO; ALMEIDA, 1998).

A ação dos carotenoides está associada à redução de doenças crônico-degenerativas como câncer, doenças cardiovasculares, degeneração macular e catarata. Devido ao seu potencial antioxidante são capazes de sequestrar formas altamente reativas de oxigênio e reagir com radicais livres, enquanto outros têm atividade provitamina A, após sua conversão no intestino (BRITTON, 1995; AGOSTINI-COSTA; VIEIRA, 2004). Podem ainda capturar radicais peroxila por meio da transferência de elétrons ou de sequestro de átomos de hidrogênio (RODRIGUEZ-AMAYA, KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008).

Pesquisas realizadas no nordeste do Brasil demonstraram a eficácia do doce de buriti no tratamento e prevenção da xeroftalmia em crianças, por meio da suplementação diária com uma quantidade correspondente a 134 µg de equivalentes de retinol em 12 g do doce de buriti, durante 20 dias. Os resultados revelaram que o buriti é uma ótima fonte de vitamina A, e que este pode reverter os sinais clínicos da xeroftalmia, sugerindo ainda o uso do buriti no combate à hipovitaminose A em países onde o fruto encontra-se disponível ou tem potencial para cultivo (MARIATH et al., 1989).

Tem-se cada vez mais interesse no conhecimento dos carotenoides presentes nos alimentos, em decorrência de sua importância no combate à ação dos radicais livres no organismo, reduzindo assim o risco de desenvolvimento de enfermidades relacionadas ao processo degenerativo (SOUZA et al., 2012).

3.3.2.1 Estabilidade dos carotenoides

A composição de carotenoides, em alimentos processados, depende do tipo e das condições de processamento e estocagem. A estabilidade dos carotenoides

difere de um alimento para outro e depende da matriz de cada um, que interage de forma diferente com as vitaminas, protegendo-as e fazendo com que os efeitos do processamento sejam diferentes, mesmo quando as condições de processamento ou estocagem são idênticas (GODOY; RODRIGUEZ-AMAYA, 1998).

A destruição dos carotenoides durante o processamento ou estocagem, ocorre principalmente por oxidação enzimática ou não, provocando alterações na cor e sabor em polpas de frutas congeladas. A desintegração dos tecidos bem como a retenção dos carotenoides diminui em função do tempo e temperatura de processamento. Tanto o congelamento rápido como o armazenamento em temperatura de congelamento propicia a retenção dos carotenoides nos alimentos. Nas frutas e hortaliças *in natura*, a estabilidade dos carotenoides é certificada pela estrutura celular e pela complexação com as proteínas. Durante as etapas da desidratação, essa ultraestrutura e os complexos podem ser quebrados, expondo os carotenoides a fatores adversos e levando-os à destruição. A degradação dos carotenoides pode ser evitada pela adoção de práticas que excluem o oxigênio, protegem contra a luz e as baixas temperaturas de armazenamento. Assim, o emprego de técnicas de desidratação e garantia da maior estabilidade dos carotenoides é extremamente importante para assegurar um produto final de qualidade e com boa aceitação no mercado (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; AMAYA-FARFAN, 2008).

A liofilização tem sido considerada como meio adequado para manter amostras biológicas que precisam ser armazenadas antes da análise dos carotenoides. Entretanto, esta técnica apresenta degradação dos carotenoides, pois o processo aumenta a porosidade da amostra, expondo os carotenoides ao oxigênio por longo tempo (PARK, 1987; CRAFT et al., 1993; RODRIGUEZ- AMAYA, 1993).

3.3.3 Compostos Fenólicos

A quantificação dos compostos fenólicos em frutas e hortaliças mostra informações quanto à atividade antioxidante, qualidade do alimento e dos benefícios à saúde (TALCOTT et al., 2003).

Para avaliar os alimentos ricos em compostos bioativos e estabelecer sua ingestão pela população são necessárias a avaliação e determinação de polifenóis

totais em frutas e hortaliças produzidas e consumidas no Brasil (FALLER; FIALHO, 2009).

Nos últimos anos, os compostos fenólicos têm despertado muito interesse por inibirem a peroxidação lipídica e a lipoxigenase (SOUSA et al., 2007), estando associados à diminuição de doenças cardiovasculares e inflamatórias (TAGURI et al., 2006; ASOLINI et al., 2006).

Os compostos fenólicos podem ser definidos como substâncias que possuem um anel aromático com um ou mais grupos hidroxilas, os quais representam a principal classe de metabólitos secundários presentes nas plantas (SOARES, 2002).

De acordo com sua existência, os compostos fenólicos podem ser classificados em pouco ou amplamente distribuídos na natureza. No grupo dos pouco distribuídos estão os fenóis simples, enquanto que no grupo dos amplamente distribuídos estão os flavonoides e seus derivados, e os ácidos fenólicos tais como ácido benzoico, cinâmico e seus derivados, e cumarinas. Dentre essas substâncias, os ácidos fenólicos, apresentam propriedades antioxidantes devido a sua composição química (SOARES, 2002).

Os flavonoides e os ácidos fenólicos são os maiores grupos de fenólicos da dieta (SHAHIDI; NACZK, 2004). São essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, possuem diversas propriedades bioativas e são encontrados em hortaliças, frutas, cereais, chocolates, café, chá e vinho (SCALBERT et al., 2005), sendo consideradas importantes fontes de compostos fenólicos, com aplicações nutricionais e terapêuticas (MARTINS et al., 2011).

A ingestão de compostos fenólicos está relacionada a uma redução no risco de desenvolvimento de doenças coronarianas, aterosclerose, câncer e disfunções cerebrais (IGNAT; VOLF; POPA, 2011). Os benefícios à saúde são garantidos pela atividade dos agentes antioxidantes presentes nos mecanismos biológicos de ação. A estrutura molecular dos fenólicos faz deles antioxidantes ativos, os quais variam de moléculas simples a um polímero complexo de alta massa molecular, sendo relativamente estáveis após a perda do hidrogênio ou de elétrons nas reações de oxido-redução (DAÍ; MUMPER, 2010).

A presença de substituintes doadores de elétrons ou de hidrogênio aos radicais hidroxilas, peroxila e peroxinitrito, são características importantes para constituir um bom antioxidante, estabilizando e transformando em molécula radical

relativamente estável, quelando metais de transição e acelerando a ação de enzimas antioxidantes (GARCIA-SALAS et al., 2010).

3.4 Processamento de polpas de frutas

As frutas nativas e tropicais são importantes à saúde humana pela presença de compostos bioativos (HARBONE; WILLIAMS, 2002). Porém, a perecibilidade e a pós-colheita desses frutos limita sua comercialização. Dessa maneira, são necessárias tecnologias de processamento para estender a vida útil e reduzir as perdas pós-colheita, além de manter as características nutricionais e sensoriais dos frutos, bem como seus benefícios para a saúde humana (KARWOWSKI et al., 2013). Um método de conservação para frutas é o processamento em forma de polpa aliado a técnicas de conservação, o que prolonga o período de vida útil, possibilitando assim sua comercialização em diferentes períodos do ano e nas mais variadas formas.

De acordo com o Ministério da Agricultura e do Abastecimento - MAPA (BRASIL, 2000), a polpa de fruta é denominada como o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtido de frutos polposos, por meio de processo tecnológico adequado e com teor mínimo de sólidos totais provenientes da parte comestível do fruto, a qual deve manter as características físicas, químicas e sensoriais originais do fruto.

A redução das perdas pós-colheita, que ocorrem nas diferentes etapas de obtenção dos alimentos, é uma medida para alterar o padrão de crescimento do desequilíbrio existente entre o aumento da população e a oferta de alimentos. Da mesma forma, o excedente de produção, gerado na época de safra, e a alta perecibilidade dos alimentos, associados à ausência e deficiência de técnicas adequadas de manuseio, transporte e armazenamento, têm gerado grandes perdas, que podem ser reduzidas pelo processamento, tais como o congelamento e a desidratação, com o intuito de produzir alimentos estáveis e seguros (AMARO; BONILHA; MONTEIRO, 2002; CASTELUCCI, 2015).

Os fabricantes, bem como o mercado consumidor, cada vez mais têm buscado por produtos mais próximos do natural, levando ao abandono de métodos artificiais de conservação e processamento (MATTA et al., 2005). Assim sendo, são

diversas as possibilidades de conservar frutas por meio do emprego de calor ou frio, modificações de pH, atmosfera e atividade de água (com redução do teor de água ou sua imobilização).

De acordo com Uboldi (1989), o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes e a ocorrência de reações químicas e enzimáticas indesejáveis são os principais fatores que interferem na conservação da polpa de frutas.

Dentre os métodos para processamento de polpas de frutas, destacam-se o congelamento, a liofilização e a atomização.

3.4.1 Congelamento

O congelamento é uma operação unitária em que a temperatura do alimento se reduz abaixo do seu ponto de congelamento, no qual uma proporção elevada de água muda de estado físico, formando cristais de gelo (FELLOWS, 2000).

O congelamento é um dos métodos mais indicados para a conservação das propriedades químicas, nutricionais e sensoriais de polpas de frutas por longos períodos. Porém, apresenta custos de produção, transporte e armazenamento relativamente elevados. A baixa temperatura diminui ou paralisa a velocidade de deterioração causada por microrganismos, no qual a água deixa de comportar-se como solvente ou como meio para as reações químicas do alimento transformando-os em gelo. A maior parte dos cristais é obtida pela maior velocidade, maior quantidade de núcleos e menor tamanho dos cristais de gelo (DURAN, 2010). Assim, o congelamento é um dos melhores métodos para manter a cor, o aroma e aparência dos alimentos (FRANCO, 1996).

A polpa de fruta congelada é, portanto, o produto obtido da parte comestível da fruta, após trituração ou despulpamento, seguido da preservação por congelamento, e posterior uso como matéria-prima para processamento de outros produtos como néctares, sucos, geleias, sorvetes e doces.

Brunini et al. (2002) avaliaram as alterações em polpa de manga congelada a -18°C e observaram aspecto e coloração comercializáveis por até 20 semanas. Os autores relataram que os teores de sólidos solúveis aumentaram devido à perda de umidade, e a vitamina C decresceu com o tempo de armazenamento.

Agostini-Costa et al. (2003) estudaram o efeito do congelamento em álcool (-20°C por 10 min) e do tempo de armazenamento da polpa de acerola sobre o teor

de carotenoides. Segundo os autores a polpa de acerola apresentou retenção relativamente boa dos carotenoides pró-vitâmicos após o congelamento e armazenamento por 11 meses.

3.4.2 Desidratação

Dentre as técnicas utilizadas para a manutenção da qualidade dos alimentos, a desidratação, é um método que reduz a atividade de água e auxilia a minimizar perdas ao longo da cadeia de processamento, distribuição e comercialização dos alimentos, sendo uma alternativa para o aproveitamento do excedente, além de agregar valor ao produto e prolongar sua vida útil (RAUPP et al., 2009), visto que a estabilidade e a segurança do alimento se estendem quando a atividade de água decresce.

De acordo com Felows (2006) a atividade de água é um atributo importante para o controle da taxa de deterioração do produto. A atividade de água superior a 0,95 classifica os alimentos frescos como altamente perecíveis, com tendência a se deteriorar rapidamente. A ação microbiana é inibida quando a atividade de água está abaixo de 0,6, enquanto a maioria dos bolores, leveduras e bactérias é inibida em meios com Aa abaixo de 0,7; 0,8 e 0,9, respectivamente.

A redução do teor de água deve ocorrer até o ponto em que a concentração de açúcares, ácidos, sais e outros componentes sejam suficientemente elevados para reduzir a atividade de água e inibir o desenvolvimento de microrganismos (ITAL, 1993).

Na desidratação ocorre uma transferência simultânea de calor e massa. Aplica-se o calor no material por convecção (ar) ou por condução (contato com a superfície). O calor é utilizado para evaporar o líquido da superfície do sólido ou próximo da superfície, a mudança de estado físico ocorre dentro do produto e esse vapor é retirado pelo fluxo de ar, em convecção natural ou forçada (FIOREZE, 2004).

As técnicas de desidratação mais utilizadas são vapor superaquecido, vácuo, ar quente em gás inerte ou aplicação direta de calor. A tecnologia utilizada na secagem depende da natureza do produto a ser desidratado, da forma que se deseja dar ao produto, dos fatores econômicos e das condições de operação (GAVA, 1978).

A capacidade de reidratação é um dos atributos importantes para a qualidade de alimentos desidratados, pois influenciam a multiplicação, atividade metabólica, resistência e sobrevivência dos microrganismos presentes nos alimentos, redução de alterações químicas, e custos com embalagem, transporte, distribuição e conveniência (AZEREDO, 2004).

Existem diversos métodos de desidratação que transformam soluções, suspensões ou emulsões em produtos desidratados na forma de pó, entre eles, destacam-se a liofilização e a atomização.

3.4.2.1 Liofilização

A liofilização ou criodesidratação é o processamento em que a água do produto submetida a congelamento prévio passa diretamente do estado sólido para o gasoso, em baixas temperaturas e vácuo (sublimação). Para que isso ocorra é necessário que a pressão de vapor e a temperatura da camada de gelo sublimável estejam abaixo do ponto tríplice do estado da água (sólido, líquido, gasoso). O vapor liberado pela sublimação é captado pelo condensador, que deve estar a uma temperatura mais baixa do que o produto a ser liofilizado (KING, 1988). Segundo Ordóñez (2005), o tipo e a velocidade de congelamento influenciam a estrutura final do produto, sendo que o congelamento mais lento proporciona uma estrutura mais porosa.

Os liofilizadores são compostos por uma câmara de vácuo, onde se introduz o alimento, uma fonte de calor, condensador e uma bomba de vácuo (ORDONEZ, 2005). Esta técnica destaca-se por evitar perdas de compostos responsáveis pelos aromas nos alimentos (IBARZ; BARBOSA-CANOVAS, 1999).

Os alimentos liofilizados destacam-se pela alta qualidade, redução de peso e reidratação instantânea, enquanto os secos por ar quente são texturalmente duros, apresentam aparência ruim e requerem longo tempo de cozimento. O longo período de secagem e o custo elevado do equipamento tornam esse processo oneroso, se comparado a outros métodos de desidratação (PHANINDRA KUMAR et al., 2001).

Estudos realizados com maçãs desidratadas por secagem convectiva e liofilização, concluíram que a preservação de sabor no material liofilizado foi maior, além da maior retenção de aroma devido à utilização de temperaturas baixas durante o processo (KROKIDA; PHILIPPOPOULOS, 2006).

Juliano et al. (2014) afirmaram que a polpa de camu camu liofilizada e embalada em polietileno revestido com alumínio obteve características satisfatórias de conservação durante os 150 dias de armazenamento.

Pesquisas feitas com polpa de açaí liofilizada mostraram que esse processo é considerado excelente alternativa de conservação dessa polpa devido à presença de importantes componentes nutricionais na mesma (MENEZES et al., 2008).

3.4.2.2 Atomização

A atomização, secagem por nebulização, secagem por aspersão ou microencapsulação é caracterizada por obter o produto em forma de pó fino, resultante da transformação do estado fluido para o estado sólido (MASTERS, 1979). Esse processo permite manter o material protegido de elementos que possam ocasionar sua alteração, tais como oxigênio, luz e umidade. Ademais, pode contribuir para a manutenção do sabor, aroma e cor, aumentar a estabilidade do produto em condições desfavoráveis, reduzir o peso e custos do alimento, proteger contra perdas nutricionais, e favorecer o aumento da vida-útil (TONON; BRABET; HUBINGER, 2010).

A secagem nos atomizadores de um líquido ou pasta ocorre por pulverização em processo contínuo, juntamente com ar quente em um ciclone, resultando no produto seco (GAVA, 1978). Inicia-se com a dispersão do fluido em gotículas para gerar grande área superficial; em seguida ocorre o contato destas com uma corrente de ar aquecido, havendo transferência de calor. Por fim, em consequência do aquecimento, o solvente é evaporado, e as partículas sólidas são formadas, e em seguida o produto seco é transportado por outra corrente de ar para ser coletado e armazenado (OLIVEIRA; PETROVICK, 2010). O pó produzido é descarregado continuamente na câmara de secagem, onde o tempo de permanência do produto é de 5 a 100 segundos, fator relevante para alimentos termossensíveis. No geral, o tamanho das partículas em pó varia de 10 a 500 nm e apresentam formas diversas, dependendo dos materiais e métodos usados no processo (AZEREDO, 2004).

Segundo Cardoso (2000), as variáveis do processo, a temperatura do ar de entrada e saída, o padrão do fluxo de ar, a distribuição de temperatura e umidade, o tempo de residência e a ordem estrutural, bem como a geometria da câmara e o tipo do atomizador são parâmetros determinantes na qualidade do produto obtido.

Mesmo com a temperatura de entrada elevada, os sólidos em cada partícula não são aquecidos acima da temperatura de saída. A umidade do produto final de secagem é determinada pela temperatura de saída, que por sua vez é dependente da temperatura de entrada. A temperatura do produto aspergido estará aproximadamente 20 °C abaixo da temperatura de saída (DE CAMPOS, 1996; AULTON, 2002).

A otimização de processos industriais, obtenção de produtos com área superficial, diâmetro médio de partícula e densidade específica de acordo com as exigências do mercado são ferramentas importantes na secagem de materiais. Para a produção das polpas e sucos de frutas em pó é necessário o uso de produtos que contenham material de parede que evitem a caramelização dos açúcares presentes nas polpas de frutas, assim, o material de parede pode envolver as partículas sólidas formando uma microcápsula (ANSELMO et al., 2006).

Na desidratação de polpa de frutas utilizam-se alguns aditivos e óleos essenciais para auxiliar no processo de atomização. Dentre eles, emprega-se como material encapsulante a maltodextrina, em função do seu baixo custo e por apresentar baixa higroscopicidade, a qual evita a aglomeração das partículas, melhora a retenção de aromas e diminui a oxidação de nutrientes presentes no produto (ANSELMO et al., 2006).

O uso de aditivos promotores de secagem é um procedimento indispensável na secagem por aspersão da maioria das polpas e sucos de frutas, visto que esses materiais, caracterizados pelo alto teor de açúcares, sofrem alterações estruturais que tornam o produto pegajoso e aderente às paredes do secador, inviabilizando o processo (ANSELMO et al., 2006).

Maltodextrinas são misturas de malto-oligossacarídeos com dextrose equivalente (DE) inferior a 20. Caso a DE seja igual ou maior que 20, passa a ser denominado sólido de xarope de milho. A sua produção é obtida da hidrólise parcial, ácida ou enzimática, do amido de milho, sendo encontrada como pó branco não doce ou como soluções concentradas, com formula geral $(C_6H_{12}O_5)_nH_2O$ (SILVA, 1999).

Yuyama et al. (2008) mostraram que os frutos de tucumã desidratados, pulverizados e armazenados por 150 dias apresentaram boa estabilidade química, quando comparados com fruto *in natura*, além de ser fonte de energia e β -caroteno.

Na avaliação físico-química de polpa de juçara desidratada, Silva (2013) foi relatado que tanto o processo de atomização quanto o de liofilização conferiram ao produto qualidade satisfatória e conservação durante 120 dias a temperatura ambiente e ao abrigo da luz.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

4.1.1 Matéria prima e processamento

Frutos de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) foram coletados na Comunidade Boa Vista, zona rural do município de Arinos, MG, na divisa com o município de Chapada Gaúcha, MG, em dezembro de 2014. O processamento foi realizado na fábrica de polpas de frutas da Cooperativa Agrossilviextrativista em base de Agricultura Familiar Sustentável e Economia Solidária - Ltda., também localizada na cidade de Arinos, MG.

A polpa de buriti foi adquirida pela Cooperativa Central do Cerrado Ltda., localizada em Brasília, DF, responsável pela comercialização da polpa. A polpa foi armazenada a -18 °C durante dois dias. Após isso, setenta quilos da polpa foram transportados em caminhão refrigerado por 24 horas e entregue na Planta de Processamento de Alimentos, do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição na ESALQ/USP, Piracicaba, SP, onde foi estocado (- 18 °C) durante dois dias. Na sequência, a polpa foi mantida sob refrigeração por 24 horas e posteriormente homogeneizada em equipamento, Geiger, modelo UM 12 E, (Pinhais, PR), porcionadas em três lotes homogêneos, embalada e selada em seladora de barras aquecidas (Selamaq). Cada lote se destinou a um tratamento: congelamento (20 kg da polpa), liofilização (20 kg da polpa) e atomização (30 kg da polpa).

4.2 Tratamentos

4.2.1 Congelamento

A polpa destinada a esse tratamento foi acondicionada em embalagens laminadas flexíveis multicamadas (PET/AL/PE) com dimensões de 250 x 250 mm, taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) igual a 0,10 g/(m² x dia) (38°C e 90% UR), taxa de permeabilidade ao oxigênio (TPO₂) igual a 0,10 cm³/m² x dia (23°C e 0% UR) e com capacidade para 100 g cada, fornecidas pela empresa Embaquim - Ltda. O produto acondicionado foi estocado a -18 °C na câmara de congelamento do Laboratório de Frutas e Hortaliças, do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, até o momento das análises.

4.2.2 Liofilização

A porção da polpa destinada a esse tratamento foi embalada em sacos de polipropileno (30 x 40 cm) com capacidade para 100 g cada, no Laboratório de Frutas e Hortaliças na ESALQ/USP, Piracicaba, SP e enviada congelada para a liofilização na empresa Liotécnica - Tecnologia em Alimentos, situada na cidade de Embu, SP, seguindo o fluxograma abaixo (Figura 1).

Figura 1 - Fluxograma do processo de liofilização

Após a desidratação, o produto foi acondicionado em embalagens laminadas flexíveis multicamadas (PET/AL/PE) com dimensões de 250 x 250 mm, taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) igual a 0,10 g/(m² x dia) (38°C e 90% UR), taxa de permeabilidade ao oxigênio (TPO₂) igual a 0,10 cm³/m² x dia (23°C e 0% UR) e com capacidade para 100 g cada, fornecidas pela empresa Embaquim - Ltda. e entregue no Laboratório de Frutas e Hortaliças, armazenado à temperatura ambiente (25 °C) para posterior análise (Figuras 2). A polpa liofilizada apresentou rendimento de 32,7%.

Figura 2 - Polpa liofilizada: antes da liofilização (polpa congelada - a), produto liofilizado (b), produto embalado (c)

4.2.3 Atomização

A porção da polpa destinada a esse tratamento foi embalada em sacos de polipropileno (30 x 40 cm) no Laboratório de Frutas e Hortaliças na ESALQ/USP, Piracicaba, SP e enviada para a empresa Guapirama Agroindústria - Ltda., na cidade Guapirama, PR. A polpa congelada foi transportada até a empresa em caixas de poliestireno expandido com gelo. A desidratação foi realizada em atomizador com corrente de ar quente na entrada (210 °C) e na saída (93 °C), seguindo o fluxograma abaixo (Figura 3).

Figura 3 - Fluxograma do processo de atomização

O produto desidratado apresentou rendimento de 18,8 % e umidade de 2,8 %. Após o processo, foi acondicionado em embalagens laminadas flexíveis multicamadas (PET/AL/PE) com dimensões de 250 x 250 mm, taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) igual a 0,10 g/(m² x dia) (38°C e 90% UR), taxa de permeabilidade ao oxigênio (TPO₂) igual a 0,10 cm³/m² x dia (23°C e 0% UR) e com capacidade para 100 g cada, fornecidas pela empresa Embaquim - Ltda., e em seguida, enviado para o Laboratório de Frutas e Hortaliças (ESALQ/USP), onde foi armazenado à temperatura ambiente (25 °C) para posterior análise (Figuras 4).

Para esse processo, foi necessária a adição do carboidrato maltodextrina (na proporção de 25 kg de polpa e 5 kg de maltodextrina), cujo objetivo foi impedir o acúmulo da polpa nas paredes do equipamento, evitando o entupimento do bico injetor, devido à elevada quantidade de óleo presente na matéria prima. Assim, é importante ressaltar que os resultados observados se referem à polpa de buriti desidratada com acréscimo do aditivo supracitado.

Figura 4 - Polpa atomizada: polpa antes do processo (congelada - a), atomizador (b), produto atomizado (c), produto embalado (d).

4.3 Experimento I: Caracterização da polpa de buriti

Foram determinadas a composição centesimal, minerais, ácidos graxos e carotenoides na polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada. As análises foram realizadas no 1º dia de armazenamento em triplicatas, segundo a Association of Official Analytical Chemistry - (AOAC, 2005).

4.3.1 Delineamento experimental

Foram determinadas a composição centesimal, minerais, ácidos graxos e carotenoides em triplicata. Para cada variável, foram calculados os valores médios das amostras e o respectivo desvio-padrão.

4.3.2 Composição centesimal

A composição centesimal foi realizada no Laboratório de Frutas e Hortaliças do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição. As determinações de umidade, proteínas, extrato etéreo, cinzas, fibras e carboidratos foram realizadas, em triplicatas, nas amostras obtidas a partir da polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada, no início do armazenamento, segundo a AOAC (2005). O teor de umidade foi quantificado por gravimetria em estufa (105 °C) até peso constante. Os lipídeos totais foram determinados no equipamento Soxhlet, utilizando 2 g de amostras desidratadas e trituradas, em extração de 8 horas, com hexano como solvente. A determinação de proteína foi realizada pelo método micro-Kjeldahl, pela análise de nitrogênio total na amostra seca, utilizando o fator 6,25 para conversão do valor do nitrogênio em proteína bruta. As cinzas foram determinadas por incineração da matéria orgânica utilizando forno tipo mufla regulado (550 °C) até peso constante. As análises de fibra solúvel e insolúvel foram realizadas de acordo com o método proposto por Asp et al. (1983). Os resultados das variáveis da composição centesimal foram expressos em porcentagem. Os carboidratos foram calculados por diferença $[100 \% - (\% \text{ proteína} + \% \text{ lipídeos} + \% \text{ fibra} + \% \text{ cinzas})]$. Os resultados foram expressos em base seca para melhor comparação entre os produtos.

4.3.3 Minerais

A composição mineral foi realizada no Instituto Campineiro de Análise de Solo e Adubo - ICASA. A análise foi determinada na polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada, no início do armazenamento e procedidas em triplicatas.

Os macros e microelementos (fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês, cobre, zinco, sódio e alumínio) foram determinados pela metodologia da AOAC (2005) utilizando digestão nitro-perclórica e leitura de

absorbância em espectrofotômetro de absorção atômica Perkin Elmer, modelo 3110 (Norwalk, CT EUA). A metodologia empregada para determinar o nitrogênio foi a digestão sulfúrica, e para o boro foi a digestão via seca em mufla. Os resultados foram expressos em miligramas por 100 g de produto na base seca ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$).

4.3.4 Perfil dos Ácidos Graxos

O perfil dos ácidos graxos foi determinado no Laboratório de Nutrição Humana e Alimentos, do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP, em Piracicaba, SP.

A extração dos lipídios foi realizada a frio pelo método de Bligh e Dyer (1959). Após o processo de extração foi feito o preparo de ésteres metílicos de ácidos graxos através de metilação. Os ésteres metílicos dos ácidos graxos foram separados em coluna capilar e determinados por cromatografia gasosa de alta resolução, utilizando cromatógrafo a gás Shimadzu, modelo 2010-Plus (Kioto, Japão), equipado com coluna capilar de sílica fundida RestekStabilwax (Bellefonte, USA) ($100 \text{ m} \times 0,25 \text{ mm} \times 0,20 \mu\text{m}$), e um detector de ionização em chama (FID). A corrida cromatográfica foi realizada com a seguinte programação de temperatura: 100 a 170 °C por 2 minutos, seguindo de 170 °C por 15 minutos e assim subindo de 170 a 180 °C a $0,5 \text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$, 180 a 200 °C a $10 \text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$, 200 a 230 °C a $2 \text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$. A última etapa da rampa de aquecimento abrangendo os 13 minutos finais foi à temperatura de 230 °C. As temperaturas do injetor e do detector foram mantidas a 240 °C. O gás de arraste utilizado foi nitrogênio a uma taxa de $1,5 \text{ mL min}^{-1}$ com um split de 1:30. As amostras ($1 \mu\text{L}$) foram introduzidas pelo injetor automático, Shimadzu, modelo AOC-20i. A identificação dos ácidos graxos foi realizada comparando os tempos de retenção da mistura padrão comercial da Supelco (Mix C8 a C22) de ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME) com os tempos de retenção das amostras. Os resultados foram expressos em % relativa de cada ácido graxo.

4.3.5 Análise de carotenoides por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE)

A análise foi conduzida no Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química e Bioquímica da UNESP em Botucatu - SP.

Para a quantificação das amostras, foi utilizado o método descrito por Yeum et al. (1996). O sistema utilizado consiste de um HPLC de fase reversa Thermo Scientific Ultimate, modelo 3000 (Waters Co., Milford, MA), pré-coluna C18 (3 μ m, 33 x 4,6 mm, Perkin-Elmer, Norwalk, CT), coluna C30 para carotenoides (5 μ m, 150 x 4,6 mm, YMC, Wilmington, NC) e um detector de arranjo de diodos. Os solventes da fase móvel A foram MeOH/MBTE/água (85:12:3, v/v/v, com 1,5 % de acetato de amônia em água), e da fase móvel B MeOH/MBTE/água (8:90:2, v/v/v, com 1 % de acetato de amônia em água). O gradiente foi ajustado para 0,4 mL min⁻¹ iniciando em 100 % do solvente A, seguido por um gradiente linear do solvente A até atingir 45 % após 21 min e manteve nesta concentração por mais 1 min. A partir dessa concentração iniciou-se um gradiente linear de 5 % do solvente A durante 11 min, mantendo nesta concentração por 4 min e retornando ao gradiente linear para 100 % de solvente A. Os carotenoides foram quantificados em comprimento de onda de 450 nm.

Para determinar os picos dos compostos foram avaliadas as áreas abaixo da curva, obtidas através da calibração do HPLC com os padrões de luteína, alfa e beta caroteno para cada composto. Foi aceito o coeficiente de variação máximo, inter e intra ensaio de 5 %. Os resultados foram expressos em microgramas por grama de polpa (μ g g⁻¹), correspondendo à média de três injeções consecutivas por amostra (n=3).

4.4 Experimento II: Avaliação da estabilidade

A partir dos tratamentos realizados, as polpas congeladas foram armazenadas a -23 °C, enquanto as polpas atomizadas e liofilizadas foram mantidas a temperatura ambiente (25 °C). Os ensaios foram realizados com três repetições, nos períodos de 1, 14, 28, 42 e 56 dias, mantendo intervalos de 14 dias.

4.4.1 Delineamento experimental

O delineamento foi do tipo fatorial completo, com três níveis de tratamento (congelamento, liofilização e atomização) e cinco períodos (1, 14, 28, 42 e 56 dias),

separados por intervalos de 14 dias. Os ensaios foram realizados com três repetições.

4.4.2 Análises físicas e químicas

As análises físicas e químicas (coloração, pelos valores L^* , Hue e Croma, pH, atividade de água, sólidos solúveis, acidez titulável, compostos fenólicos totais e carotenoides totais) foram realizadas para os três tratamentos nos 5 períodos de armazenamento (1, 14, 28, 42 e 56 dias).

4.4.2.1 Coloração

A coloração das polpas de buriti congelada, liofilizada e atomizada foi medida no colorímetro Color Meter-Minolta 200b. No espaço de cor, L^* (luminosidade), Hue (ângulo de tonalidade) e Croma (cromaticidade ou pureza da cor). O aparelho foi calibrado utilizando padrões de preto e branco fornecidos pelo fabricante. As coordenadas CIE L^* , a^* , b^* foram medidas e utilizadas para calcular os valores de Croma (C^*) = $[(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}]$ e ângulo-Hue (h°) = $\text{tg}^{-1}(b^*/a^*)$ das amostras (MINOLTA, 1998). As leituras de cor foram avaliadas em seis diferentes pontos da amostra, sendo a média destes valores utilizada para a análise estatística.

4.4.2.2 pH

A avaliação do pH para cada tipo de polpa foi feita utilizando um pHmetro Tecnal, modelo Tec-3MP, a partir de amostras liquefeitas (10:100), segundo método nº 981.12 (AOAC, 2005). A mensuração foi realizada em três pontos da polpa, sendo a média destes valores utilizada para a análise estatística.

4.4.2.3 Atividade de água (A_a)

A determinação da atividade de água (A_a) nas polpas foi realizada no aparelho Testo 650. A mensuração foi realizada em três pontos da polpa da forma como foram armazenadas, sendo a média destes valores utilizada para a análise estatística.

4.4.2.4 Sólidos solúveis (SS)

A quantificação do teor de sólidos solúveis totais das polpas foi determinada em refratômetro digital portátil Kruss, modelo DR201-95 (0-32%). Os resultados foram expressos em °Brix, segundo método nº 932.12 (AOAC, 2005). A leitura dos sólidos solúveis foi realizada em três diferentes pontos da polpa, sendo a média destes valores utilizada para a análise estatística.

4.4.2.5 Acidez titulável (AT)

A acidez titulável foi determinada por titulometria com solução de NaOH 0,1 M, a partir de amostras liquefeitas (10:100), segundo método nº 942.15 (AOAC, 2005). Os resultados foram expressos em g do ácido cítrico 100 g⁻¹ da amostra. A determinação foi realizada com três repetições e duplicatas, sendo a média destes valores utilizada para a análise estatística.

4.4.2.6 Compostos fenólicos totais

Foram tomadas as amostras de 0,50 g da polpa congelada e 0,25 g das polpas liofilizada e atomizada. Em seguida, foram adicionados 10 mL de etanol 70 % em cada amostra. Na sequência, as amostras foram centrifugadas por 20 minutos a 8.000 rpm, na centrífuga refrigerada (4 °C) da marca Eppendorf, modelo 5810-R (Hamburgo, Alemanha). Os sobrenadantes foram separados e acondicionados em frascos âmbar identificados para posterior quantificação dos compostos fenólicos totais.

O conteúdo de compostos fenólicos totais das polpas foi determinado de acordo com o descrito por Singleton e Rossi (1965) com modificação, utilizando-se ácido gálico como padrão de referência. Aliquotas de 200 µL de cada extrato foram transferidas para tubos de ensaio e adicionadas de 1,5 mL de água destilada, 100 µL do reagente Folin Ciocalteau 2 N e deixadas em repouso por 5 minutos. Em seguida foi adicionado 200 µL de carbonato de sódio a 20 % (p/v). Os tubos foram deixados em repouso por 30 minutos ao abrigo da luz. A leitura foi realizada a 765 nm em espectrofotômetro Femto, modelo 432C (São Paulo, SP, Brasil). O branco foi conduzido nas mesmas condições das amostras, porém utilizando etanol 70% no lugar do extrato. Foram preparadas as diluições da solução de ácido gálico para

elaboração da curva padrão (0,02; 0,04; 0,06; 0,08; 0,10 mg mL⁻¹). Os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico (EAG) g⁻¹ de polpa. A mensuração foi realizada com três repetições e duplicatas, sendo a média destes valores utilizada para a análise estatística.

4.4.2.7 Carotenoides totais

Os carotenoides presentes na polpa de buriti foram quantificados pela metodologia de Rodriguez-Amaya (2001), sendo essa análise realizada em ambiente com pouca iluminação para evitar a foto-oxidação dos pigmentos. A amostra foi diluída em acetona refrigerada, filtrada a vácuo e macerada por mais duas vezes até perder a tonalidade amarela, para que fosse extraída a maior quantidade possível de carotenoides da matriz. Após a extração, foi usado éter de petróleo para a partição dos carotenoides, utilizando-se de um funil de separação, separando-se a acetona da solução com pigmentos em éter de petróleo, a qual foi transferida para um balão volumétrico de 25 mL. A leitura das amostras foi determinada em espectrofotômetro UV visível JKI®, modelo JK-UVS-752N em varredura de absorbância entre 350 e 700 nm. Para construção da curva padrão foi utilizado o β -caroteno. Os resultados da determinação de carotenoides totais foram expressos em μ g g⁻¹. A mensuração foi realizada com três repetições e duplicatas, sendo a média destes valores utilizada para a análise estatística.

4.5 Análise estatística

A análise estatística foi realizada com o apoio do Centro de Estatística Aplicada (CEA) do Instituto de Matemática e Estatística (IME), na cidade universitária, Universidade de São Paulo. Para a análise dos dados, optou-se por realizar, para cada uma das respostas de interesse, uma ANOVA de dois fatores com interação (MONTGOMERY, 2013): tratamento (com três níveis: congelamento, atomização e liofilização) e período (com cinco níveis: cinco instantes de tempo separados por intervalos de 14 dias). Neste modelo, tomou-se como referência o tratamento congelamento no primeiro período.

Foram avaliados os efeitos de interação a 5 % de significância pelo teste de comparações múltiplas.

Para um estudo mais detalhado das interações, foram realizados testes de comparação, dois a dois, entre os períodos, para cada tratamento, além de testes de comparação entre tratamentos em um determinado período, ao nível de 5 %. Caso o teste apontasse igualdade ao nível de 5 %, um novo modelo linear era ajustado. No anexo, são encontradas a descrição do modelo e a interpretação dos parâmetros. Nas Tabelas 16 a 33 em anexo, podem ser observados os valores estimados e valores reais para o modelo final de cada variável. Para os ácidos graxos e carotenoides por HPLC foi realizada uma ANOVA de um fator. Para tanto, utilizou-se o programa R (versão 3.1.3).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Experimento I: Caracterização da polpa de buriti

5.1.1 Composição centesimal

A polpa de buriti *in natura* apresentou valor de umidade de 65,55 %, estando próximo aos valores encontrados por Albuquerque et al. (2007) e Tavares et al. (2003) que foram de 67,75 e 67,2 %, respectivamente. Lorenzi et al. (2006) e Carneiro (2011) reportaram valores de 54 e 54,35 %. A variação da umidade pode ser explicada pelas diferenças climáticas e geográficas das regiões de origem dos frutos, diferenças morfológicas e químicas entre as variedades, bem como pelo estágio de maturação ou ainda pela forma com que os frutos foram armazenados até o processamento. A umidade do alimento está associada a sua estabilidade, qualidade e composição, sendo um importante parâmetro de comercialização do produto. Considera-se normal para frutos oleaginosos, como o buriti, a faixa de umidade entre 54 e 84 % (IBGE, 1999; NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO - NEPA, 2006).

Os valores de umidade da polpa liofilizada foram de 2 % e para atomizada foram de 4,04 %. De acordo com Aguiar et al. (2005), a polpa de buriti desidratada apresentou 2,30 % de umidade e para Carneiro (2011), a polpa de buriti desidratada obtida pela secagem por contato com ar quente apresentou 12 % de umidade. Tonon et al. (2010), estudando a influência da temperatura do ar de secagem e da concentração do agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó, encontraram valor médio de 1,68 % utilizando 30 % de maltodextrina e temperatura de 170 °C. As polpas de buriti submetidas aos processos de desidratação (liofilizado e atomizado) apresentaram os valores de umidade menores que 25 %, em conformidade com a Resolução RDC nº 273, de 22 de setembro de 2005, a qual preconiza que produtos de frutas secos ou desidratados devem apresentar no máximo 25 % de umidade (BRASIL, 2005).

Tabela 1 - Composição centesimal da polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada, expressa em g 100 g⁻¹ (%) de polpa na base seca

Composição centesimal (g 100 g ⁻¹ b.s.)	Polpa de buriti		
	congelada	liofilizada	atomizada
Cinzas	0,92 ± 0,04	0,92 ± 0,02	0,16 ± 0,02
Proteína	0,36 ± 0,10	0,30 ± 0,01	0,05 ± 0,02
Extrato etéreo	45,44 ± 0,22	47,39 ± 0,10	18,84 ± 0,43
Fibra	8,92 ± 0,08	9,71 ± 0,11	2,34 ± 0,05
Carboidratos disponíveis	39,32 ± 0,47	39,62 ± 0,01	74,58 ± 0,62

As polpas congelada e liofilizada apresentaram valores similares para cinzas, extrato etéreo, proteínas, fibras e carboidratos. A polpa atomizada apresentou valores inferiores para esses grupos, exceto para o carboidrato, que foi maior. Tal fato se deve ao acréscimo da maltodextrina, carboidrato necessário no processo de atomização para evitar o entupimento do bico injetor, impedindo assim, que a polpa grude nas paredes, com o risco de perder boa quantidade do produto.

Os lipídeos representam um dos maiores constituintes da polpa de buriti, o que a torna uma importante fonte de energia para o corpo humano, além de serem úteis para a indústria por suas habilidades em dissolver os compostos aromáticos e alterar a consistência de vários produtos (FRANÇA et al., 1999). As porcentagens encontradas nas polpas de buriti congeladas, liofilizadas e atomizadas foram de 45,44; 47,39 e 18,84, respectivamente.

Determinados processos como trituração, torrefação e secagem têm como consequência a alteração profunda da estrutura compartimentada, provocando a ruptura dos glóbulos de gordura, e favorecendo a eliminação de água e o aumento da exposição ao oxigênio (SILVA et al., 1999).

Mesquita et al. (2014), estudando frutos típicos da região Amazônica, dentre eles o buriti, encontraram teor de lipídeos em torno de 23,55 %. Moreira e Arêas (1998) e Aguiar et al. (2005), estudando a polpa de buriti desidratada seca e prensada, reportaram valores de lipídeos de 46,42 e 48,13 %, próxima ao encontrado na polpa de buriti liofilizada. Valores semelhantes foram reportados por Menezes (2005) e Menezes et al. (2008), na ordem de 42,73 e 40,00 % de matéria seca da polpa de açaí. O teor de lipídeos da polpa de buriti congelada ou liofilizada, apresentado neste estudo, desperta o interesse no aproveitamento para a indústria

alimentícia, já que possuem características nutraceuticas, além de ser fonte de óleo vegetal (CÂNDIDO et al., 2015).

O teor de carboidrato da polpa de buriti nos tratamentos de congelamento, liofilização e atomização foram de 39,32; 39,62 e 74,58 %, respectivamente. O maior valor encontrado para polpa atomizada pode ser devido à incorporação da maltodextrina, carboidrato necessário para evitar a caramelização dos açúcares que existem nas polpas das frutas (ANSELMO et al., 2006). Ademais, a maltodextrina também pode ser empregada como auxiliar de dispersão para evitar a aglomeração do produto nas tubulações, para obter uma granulação homogênea, ou ainda para dispersar o produto em água ou solvente (ALEXANDER, 1992).

As polpas congelada e liofilizada apresentaram conteúdo de carboidratos similar e próximo ao encontrado por Moreira e Arêas (1998) que foi de 39,08 % para farinha da polpa de buriti seca e prensada. Cândido et al. (2015) e Darnet et al. (2011) reportaram para a polpa de buriti fresca valores de 11,31 e 26,2 %, respectivamente.

O teor de proteína da polpa de buriti nos tratamentos de congelamento, liofilização e atomização foram de 0,36; 0,30 e 0,05 %, respectivamente. Aguiar et al. (2005) e Moreira e Arêas (1998) avaliando polpa de buriti desidratada encontraram teores de proteínas na ordem de 5,10 e 4,79 %. Fujita et al. (2014) reportaram valor médio de 0,28 % de proteína na buriti *in natura*. Darnet et al. (2011) relataram 3,7 % de proteína na polpa de buriti, valor considerado relativamente alto para polpas de frutas tropicais. O menor conteúdo de proteína encontrada na polpa atomizada pode ser em consequência da diluição da adição da maltodextrina.

As frações de cinzas obtidas para a polpa de buriti congelada e liofilizada foram iguais a 0,92 %, enquanto para a polpa atomizada foi de 0,16 %, o que provavelmente pode ser devido às condições do processo de atomização com a adição da maltodextrina. Moreira e Arêas (1998) e Aguiar et al. (2005) reportaram valores de cinzas de 2,41 e 3,50 %, respectivamente, para a farinha da polpa de buriti seca e prensada, enquanto que Lorenzi et al. (2005) encontraram teor de 1 % de cinza no fruto de buriti.

Os teores de fibras da polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada foram de 8,92; 9,71 e 2,34 %, respectivamente. Darnet et al. (2011) reportaram valores de 22,8 e 29,7 %, respectivamente, para polpas de buriti e patauá. Cândido et al. (2015)

e Fujita et al. (2014) encontraram valores médios de 6,69 e 10,73 % para frutos de buriti, respectivamente. As fibras são de grande importância, visto que auxiliam em problemas de constipação, doenças cardiovasculares e câncer no colo do útero (BARRETE et al., 2004).

A liofilização proporcionou maior retenção de constituintes nutricionais como proteínas, extrato etéreo, fibras e cinzas, sendo considerado o melhor tratamento, quando comparado aos demais processos. Além disso, a umidade final da polpa de buriti produzido por esse processo foi em torno de 2 %, sofrendo maior desidratação, mas sem alterar o conteúdo nutricional, e apresentando assim, o melhor rendimento. Contudo, a liofilização se caracteriza por ser um processo caro quando comparado com a atomização e demais processos convencionais.

5.1.2 Composição mineral

Os resultados da composição mineral da polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada. Estão apresentados nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Macro elementos na polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada, expressa em mg 100 g⁻¹ de polpa na base seca

Polpa de buriti	Macro elementos (mg 100 g ⁻¹ b.s.)					
	Nitrogênio (N)	Fósforo (P)	Potássio (K)	Cálcio (Ca)	Magnésio (Mg)	Enxofre (S)
atomizada	492,67 ± 6,51	14,34 ± 0,94	299,67 ± 4,91	52,63 ± 1,20	24,57 ± 1,14	16,84 ± 0,75
congelada	688,67 ± 2,52	24,84 ± 0,38	461,60 ± 4,59	73,24 ± 0,58	41,65 ± 0,38	18,60 ± 0,22
liofilizada	609,00 ± 6,00	20,69 ± 0,21	433,32 ± 5,38	61,70 ± 1,08	35,87 ± 0,36	19,37 ± 0,36

As polpas apresentaram minerais em quantidades consideráveis, necessários para a alimentação humana, se não for considerada a biodisponibilidade, já que a absorção desses elementos pelo organismo está relacionada com a sua forma química encontrada nos alimentos (MANHÃES, 2007). Dentre os macro elementos analisados, o potássio apresentou valores de 461,60; 433,32 e 299,67 mg 100 g⁻¹ de polpa congelada liofilizada e atomizada, respectivamente. Manhães (2007) relatou valor de 218,00 mg 100 g⁻¹ de polpa de buriti, enquanto que Menezes et al. (2008) reportaram valores de 900 mg 100 g⁻¹ de matéria seca de polpa de açaí. De acordo com a Ingestão Adequada (RDA, 2004) são recomendadas para indivíduos adultos

saudáveis 4,7 g de potássio por dia, sendo este elemento essencial para as funções fisiológicas vitais, tais como o equilíbrio osmótico, o ácido-base e concentrações intra e extracelulares relacionadas ao sistema da bomba Na/K (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2002).

O cálcio apresentou valores de 73,24; 61,70 e 52,63 mg 100 g⁻¹ de polpa congelada, liofilizada e atomizada, respectivamente, cujas concentrações podem ser consideradas relevantes em frutos, sendo considerado importante na prevenção de problemas ósseos (VANNUCHI et al., 1990). Lorenzi et al. (2006) apresentaram valores de cálcio de 116 mg 100 g⁻¹ de polpa de buriti *in natura*. Cândido et al. (2015) avaliando frutos de buriti proveniente da região Amazônica e do Cerrado, relataram valores de cálcio, respectivamente, de 44,12 e 89,12 mg 100 g⁻¹ de polpa de buriti. Menezes et al. (2008) encontraram teor de cálcio de 330 mg 100 g⁻¹ de matéria seca de polpa de açaí. A recomendação diária da ingestão adequada de cálcio para adultos é de 1000 mg por dia (DRI, 1997). Portanto, observa-se que a polpa de buriti poderia ser uma fonte importante de cálcio na alimentação humana.

As polpas apresentaram valores de magnésio na ordem de 41,65; 35,87 e 24,57 mg 100 g⁻¹ de polpa congelada, liofilizada e atomizada, respectivamente. Cândido et al. (2015) encontraram valores de magnésio de 36,51 mg 100 g⁻¹ da polpa fresca no buriti do Cerrado. Esse elemento é essencial em funções orgânicas, por ser cofator de mais de 300 enzimas metabólicas e participar de reações de síntese de ácidos graxos e proteínas, e de fosforilação da glicose e seus derivados na via glicolítica, além de auxiliar na transmissão e atividade neuromuscular (SHILS et al., 2003). A recomendação diária da ingestão adequada de magnésio por dia é de 320 a 420 mg por dia (DRI, 1997).

Dentro do universo dos microelementos (Tabela 3), a maior concentração de manganês foi de 15,44; 15,09 e 10,86 mg 100 g⁻¹ de polpa congelada, liofilizada e atomizada, respectivamente. Este elemento se torna relevante, já que sua deficiência pode levar à esterilidade, anormalidades esqueléticas notáveis e ataxia na prole de mães deficientes (WAITZBERG, 2002).

Na sequência vem o sódio com valores respectivamente de 2,24; 2,10 e 2,09 mg 100 g⁻¹ de polpa congelada liofilizada e atomizada. Dando segmento aparece o ferro com valores respectivos de 0,99; 0,66 e 0,69 mg 100 g⁻¹ de polpa congelada

lioofilizada e atomizada. E finalmente o alumínio com valores de 0,98; 0,71 e 0,75 mg 100 g⁻¹ de polpa congelada, liofilizada e atomizada, respectivamente.

Lorenzi et al. (2006), Manhães (2007) e Cândido et al. (2015) apresentaram valores de ferro de 6,00; 1,77 e 0,40 mg 100 g⁻¹ de polpa de buriti. Segundo Nogueira et al. (2002), nos países em desenvolvimento, a anemia por deficiência de ferro é altamente incidente em mulheres e crianças. A recomendação diária da ingestão adequada de ferro para mulheres não grávidas na faixa de 19 a 50 anos é de 18 mg e para homens na mesma faixa etária é de 8 mg (RDA, 2001).

Tabela 3 - Microelementos na polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada, expressa em mg 100 g⁻¹ de polpa na base seca

Polpa de buriti	Microelementos (mg 100 g ⁻¹ b.s.)						
	Ferro (Fe)	Zinco (Zn)	Boro (B)	Cobre (Cu)	Manganês (Mn)	Alumínio (Al)	Sódio (Na)
atomizada	0,69 ± 0,66	0,40 ± 0,03	0,35 ± 0,04	0,07 ± 0,00	10,86 ± 0,79	0,75 ± 0,09	2,09 ± 1,07
congelada	0,99 ± 0,01	0,52 ± 0,01	0,44 ± 0,00	0,08 ± 0,01	15,44 ± 0,05	0,98 ± 0,01	2,24 ± 0,02
liofilizada	0,66 ± 0,00	0,37 ± 0,00	0,45 ± 0,00	0,08 ± 0,00	15,09 ± 0,08	0,71 ± 0,00	2,10 ± 0,03

As polpas de buriti congelada e liofilizada apresentaram teores de cobre iguais a 0,08 mg 100 g⁻¹. Quanto ao conteúdo de zinco apresentaram valores em torno de 0,52 e 0,37 mg 100 g⁻¹, respectivamente (Tabela 3). O buriti da Amazônia reportado por Cândido et al. (2015) apresentou quantidade de zinco igual a 0,27 mg 100 g⁻¹ de polpa fresca, enquanto que Manhães (2007) reportou para a polpa de buriti valores de zinco igual a 0,60 mg 100 g⁻¹ e valores de cobre iguais a 0,15 mg 100 g⁻¹ polpa. O zinco é essencial, já que é cofator de mais de 100 enzimas, além de participar de processos metabólicos, como crescimento e multiplicação celular, cicatrização e funcionamento dos macrófagos e linfócitos (WAITZBERG, 2002). Tais elementos são importantes para o funcionamento do organismo humano.

As polpas congelada e liofilizada apresentaram teores consideráveis de minerais como cálcio e potássio, que podem contribuir para garantir o crescimento e funcionamento do organismo humano, visto que esses nutrientes participam de várias reações metabólicas no organismo. Já a polpa atomizada quando comparada com as demais, apresentou teores inferiores de potássio, cálcio, magnésio, nitrogênio, fósforo e enxofre. Entretanto, todos os tratamentos avaliados não apresentaram teores consideráveis de ferro.

A presença de importantes componentes nutricionais, bem como a manutenção do conteúdo de minerais presentes na polpa, observados durante o processo de liofilização nos permite inferir que este processo pode ser considerado uma alternativa para a conservação da polpa.

5.1.3 Composição em ácidos graxos

As polpas de buriti congelada, liofilizada e atomizada apresentaram, respectivamente, teores de ácido graxo oleico iguais a 60,27; 59,39 e 59,23 g 100 g⁻¹ de lipídios. O ácido palmítico (C16:0) e o ácido esteárico (C18:0) são os principais ácidos graxos saturados presentes em todas as amostras. A fração de ácidos graxos insaturados em polpas de buriti é semelhante a do azeite e dos óleos de milho, soja e girassol, sendo considerados de bom valor nutritivo, podendo, assim, contribuir para o controle colesterolêmico (JENKINS et al., 2002).

A seguir são apresentados os resultados da composição em ácidos graxos do óleo presente nas polpas de buriti congelada, liofilizada e atomizada (Tabela 4).

Tabela 4 - Ácidos graxos da polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada, expressa em % relativa de cada ácido graxo

Ácidos graxos (g 100 g ⁻¹ de lipídios)	Polpa de buriti		
	congelada	liofilizada	atomizada
Saturados	33,13 ± 0,71	33,05 ± 0,72	33,52 ± 1,32
Láurico C12:0	0,01 ± 0,02	0,04 ± 0,00	0,05 ± 0,00
Mirístico C14:0	0,16 ± 0,01	0,16 ± 0,00	0,27 ± 0,20
Pentadecanóico C15:0	0,12 ± 0,00	0,14 ± 0,00	0,14 ± 0,02
Palmítico C16:0	29,33 ± 0,50	29,05 ± 0,51	28,94 ± 0,10
Heptadecanóico C17:0	0,22 ± 0,02	0,24 ± 0,01	0,28 ± 0,06
Esteárico C18:0	3,10 ± 0,11	3,15 ± 0,19	3,57 ± 0,94
Araquídico C20:0	0,15 ± 0,02	0,15 ± 0,01	0,16 ± 0,00
Behênico C22:0	0,00 ± 0,00	0,05 ± 0,00	0,05 ± 0,00
Lignocérico C24:0	0,04 ± 0,03	0,07 ± 0,00	0,06 ± 0,00
Monoinsaturados	63,89 ± 0,75	63,69 ± 1,77	62,75 ± 2,53
Oleico C18:1 cis w-9	60,27 ± 0,54	59,59 ± 1,05	59,23 ± 2,14
Palmitoléico C16:1	0,39 ± 0,07	0,44 ± 0,06	0,57 ± 0,25
Gadoléico C20:1	3,23 ± 0,14	3,66 ± 0,66	2,95 ± 0,14
Poli-insaturados	2,77 ± 0,12	2,88 ± 0,05	2,96 ± 0,44
Linoleico (w-6) C18:2	2,77 ± 0,12	2,85 ± 0,05	2,93 ± 0,44
Linolênico (w-3) C18:3	0,00 ± 0,00	0,03 ± 0,00	0,03 ± 0,00

Não houve variação na proporção relativa do ácido palmítico dos tratamentos desidratados em relação ao congelado. Os valores encontrados para o ácido palmítico na polpa congelada (valor-p < 0,001), liofilizada (valor-p= 0,44) e atomizada (valor-p=0,29), não diferiram significativamente entre si, apresentado valores iguais a 29,33; 29,05 e 28,94 %.

Para o ácido oleico também não houve diferença estatística. Os valores encontrados para o ácido oleico na polpa congelada (valor-p < 0,001), liofilizada (valor-p=0,44) e atomizada (valor-p=0,39), não diferiram significativamente entre si, apresentado valores iguais a 60,27; 59,59 e 59,23 %.

Cândido et al. (2015), estudando a composição dos ácidos graxos da polpa fresca de buriti proveniente de dois biomas brasileiros, encontraram valores iguais a 72,21 e 18,85 g 100 g⁻¹ de lipídios para ácido oleico e palmítico, respectivamente.

Rodrigues et al. (2010), estudando o perfil de ácidos graxos de algumas frutas da região Amazônica, reportaram alto teor ácido oleico de $75,5 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ no buriti quando comparado com outras frutas, que tinham conteúdo de ácido oleico em cerca de $45 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ dos lipídios totais. Os autores observaram, também valores de $18,75 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de ácido palmítico em relação aos ácidos graxos totais. Para Manhães (2007), o nível de ácido palmítico da fração lipídica da polpa de buriti foi de $19,31 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$.

Na fração lipídica da polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada o ácido graxo linoleico apresentou valores de 2,77; 2,85 e 2,93 %, respectivamente, estando presente em menores quantidades se comparado ao oleico (60,27, 59,59 e 59,23 %) (Tabela 4). No entanto, esses valores são semelhantes aos resultados de Manhães (2007) que relatou valores médios de 2,69 % para polpa de buriti. Estudos revelam que o ácido linoleico desempenha importante papel no organismo humano, visto que constitui a membrana celular, possui ações antitrombóticas e anti-inflamatórias, uma vez que atuam como precursores de prostaglandinas antitrombóticas e leucotrienos, e assim estimulam a imunidade, além de estarem relacionados à redução de doenças cardíacas coronarianas e seus fatores de risco. Os ácidos graxos monoinsaturados, como o oleico, também são fundamentais na síntese de hormônios no organismo humano, na redução dos níveis séricos de colesterol LDL e triglicerídeos (CHIARELLO et al., 2005).

Segundo Silva et al. (2009) o óleo de buriti pode possuir maior estabilidade oxidativa com a baixa concentração de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA).

5.1.4 Carotenoides por CLAE

Na polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada foram determinados valores de β -caroteno na faixa de 1819,28 a $307,27 \text{ ug } \text{g}^{-1}$, seguido de α -caroteno na faixa de 375,05 a $55,04 \text{ ug } \text{g}^{-1}$ (Tabela 5).

Tabela 5 - Carotenoides da polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada, expressa em $\mu\text{g g}^{-1}$ de polpa na base seca

Carotenoides ($\mu\text{g g}^{-1}\text{b.s.}$)	Polpa de buriti		
	congelada	liofilizada	atomizada
Luteína	39,58 $\pm$ 5,49	26,38 $\pm$ 8,55	4,42 $\pm$ 0,59
α -caroteno	375,05 $\pm$ 51,47	178,86 $\pm$ 35,52	55,04 $\pm$ 4,92
β -caroteno	1819,28 $\pm$ 8,63	887,39 $\pm$ 3,64	307,27 $\pm$ 44,61

Os valores de luteína apresentaram diferenças significativas entre as polpas congeladas, liofilizada (valor-p < 0,001) e atomizada (valor-p = 0,033). Os valores médios obtidos foram de 39,58; 26,38 e 4,42 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente para congelada, liofilizada e atomizada.

Para o α -caroteno foram observadas diferenças significativas entre as polpas congelada e desidratada (valor-p < 0,001). Os valores médios obtidos foram de 375,05; 178,86 e 55,04 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente para congelada, liofilizada e atomizada.

Foram observadas diferenças significativas nos valores de β -caroteno entre as polpas congelada e desidratada (valor-p < 0,001). Os valores médios obtidos foram de 1819,28; 888,39 e 307,27 $\mu\text{g g}^{-1}$, respectivamente para congelada, liofilizada e atomizada.

A avaliação do perfil de carotenoides em frutos do Cerrado e da Amazônia indicou a presença de β -caroteno, α -caroteno, γ -caroteno e luteína, com predominância do β -caroteno (CÂNDIDO et al., 2015), que além de funcionar como antioxidante é precursor de vitamina A (RODRIGUEZ-AMAYA; KIMURA; GODOY, 2008).

Dos Santos Lima et al. (2009) avaliando os efeitos da radiação gama nos teores de carotenoides em buritis, observou que frutos não irradiados apresentaram valores entre 37211 e 44600 $\mu\text{g 100 g}^{-1}$, que foram superiores aos da cenoura, considerada a fonte mais conhecida e aceita pelos consumidores, constituindo assim uma excelente fonte de provitamina A.

Polpa de buriti congelada apresentou valores de β e α -caroteno, respectivamente, iguais a 35980 e 8010 $\mu\text{g 100 g}^{-1}$ (GODOY; RODRIGUEZ-AMAYA,

1994). Para Manhães (2007) a polpa de buriti congelada apresentou valores próximos a 13,71 e 1,48 mg 100 g⁻¹ para β e α -caroteno.

Portanto, o uso de baixa temperatura associado ao menor tempo de exposição, fazem da liofilização uma boa alternativa para a preservação desses compostos.

5.2 Experimento II: Avaliação da estabilidade

5.2.1 Análises Físicas

Na avaliação estatística das variáveis físicas houve significância estatística da maior parte, tanto dos tratamentos, quanto dos períodos de armazenamento e também da interação, ao nível de 5 % de significância ($p < 0,01$) (Anexo). Portanto, foram colocados os valores de significância ($p > 0,01$) somente nas variáveis constantes, onde não houve diferença estatística.

Considerando-se a coloração das polpas, os resultados mostraram variação das medidas de luminosidade (L^*), saturação da cor (Croma) e de tonalidade (Hue). (Figuras 5 a 7). Os resultados apresentados a seguir descrevem as estimativas que foram obtidas nos modelos finais.

5.2.1.1 Luminosidade (L^*)

A polpa de buriti congelada não diferiu significativamente (valor- $p=0,19$)* entre os dias 1° e 14°, apresentando valor médio estimado de L^* igual a 41,22. No 28° dia o valor de L^* foi de 44,17, diferindo significativamente dos períodos anteriores, e mantendo-se constante nos próximos períodos (valor- $p > 0,51$)*.

O valor de L^* encontrado para a polpa de buriti liofilizada foi de 54,02, mantendo-se constante do 1° ao 56° dias de armazenamento (valor- $p > 0,87$)*.

A polpa atomizada apresentou valores médios estimados de L^* iguais a 44,96; 48,90 e 56,26 nos dias 1°, 14° e 28° respectivamente, os quais diferiram significativamente entre si, mantendo-se constantes nos demais períodos (valor- $p > 0,94$)*.

Figura 6 – Luminosidade em polpas de buriti sob diferentes tratamentos (congelamento, liofilização e atomização) durante o armazenamento. Gráfico de pontos com valores estimados pelo modelo linear.

No processo de atomização houve aumento da luminosidade, significando que ocorreu descoloração da polpa em função de que, quanto mais próximo à luminosidade de 100 (branco) mais clara fica a amostra. Nota-se, assim, influência da umidade e do processo de secagem sobre a luminosidade, ademais, com a adição de maltodextrina existe a tendência de aumento da luminosidade.

Gomes (2009), estudando a secagem por aspersão da polpa de buriti com aumento da concentração de maltodextrina, constatou aumento da luminosidade nas amostras em pó, variando entre 47,42 e 56,03, próxima aos valores encontrados na nossa pesquisa. Buritis provenientes da região Amazônica e do Cerrado também demonstraram características de luminosidade similares (49,51 e 50,21), (CÂNDIDO et al., 2015). Da mesma forma, Oliveira et al. (2007) também relataram que o aumento da concentração de maltodextrina acarretou numa menor retenção de cor em sucos desidratados de abacaxi e maracujá.

Telis e Martinez-Navarrete (2009) relataram que a adição de aditivos causou aumento no valor do parâmetro L^* da toranja em pó quando comparado com a fruta seca sem aditivos. Este efeito foi atribuído à dissolução dos pigmentos presentes nos sucos pela adição dos aditivos, que são pós mais claros. Ferrari et al. (2012) verificaram maiores concentrações de maltodextrina, resultando em aumento significativo nos valores de L^* das polpas de amora-preta secas a 160 °C, enquanto que, nos ensaios realizados a 180 °C, foram observadas redução de L^* com o

aumento da concentração de maltodextrina de 15 para 25%, pois sua coloração branca dilui os pigmentos presentes na fruta, alterando a sua coloração.

Portanto, a liofilização, por ser uma técnica que retira a água líquida em baixas temperaturas, protege a estrutura primária, contribuindo para preservação de componentes, como os pigmentos naturais (GEORGE; DATTA, 2002). A concentração de pigmentos carotenoides, certamente está associada com a intensidade da cor das polpas de buriti. Os carotenoides são responsáveis pela cor amarela, laranja ou vermelha e é uma propriedade de importância tecnológica, já que a cor é um parâmetro de qualidade que influencia a aceitação do consumidor, bem como a comercialização de produtos (RODRIGEZ-AMAYA; KIMURA; GOGOY, 2008).

5.2.1.2 Croma

Nos dias 1° e 14° a polpa congelada não diferiu significativamente (valor- $p=0,39$)*, apresentando valor médio estimado de croma igual a 34,04, enquanto que no 28° dia o valor foi de 39,62, e mantendo-se constante nos dias 42° e 56° (valor- $p > 0,33$)*.

A polpa de buriti liofilizada também não diferiu significativamente (valor- $p=0,61$)* entre o 1° e o 14° dia, apresentando valor médio estimado de croma igual a 41,00. No 28° dia o valor estimado foi de 69,72, diferindo significativamente dos períodos anteriores, e mantendo-se constante nos próximos períodos (valor- $p > 0,66$)*.

A polpa atomizada diferiu significativamente entre os dias 1° e 14°, apresentando valores médios estimados de croma iguais a 24,74 e 29,20, respectivamente, indicando assim, uma cor menos intensa que as demais, o que pode ser atribuído a uma maior destruição dos pigmentos. Também foram observadas diferenças significativas entre os dias 14° e 28°, com valores médios iguais a 29,20 e 57,06, respectivamente, indicando assim, aumento da intensidade da cor, e a partir desse período os valores mantiveram-se constante (valor- $p > 0,93$)* (Figura 7).

Figura 7 - Cromaticidade (C) em polpas de buriti sob diferentes tratamentos (congelamento, liofilização e atomização) durante o armazenamento. Gráfico de pontos com valores estimados pelo modelo linear.

Canuto et al. (2010), caracterizando polpas de frutos de araçá-boi, murici e buriti, todos procedentes da região Amazônica, reportaram valores de saturação de cor iguais a 29,8; 39,3 e 42,9, respectivamente, indicando que essas frutas apresentam coloração mais viva.

A partir dos resultados de croma, é possível verificar que os processos de atomização e congelamento afetam a cor da polpa. O congelamento pode reduzir a intensidade da cor, devido ao processo de degradação. Lopes et al. (2005) confirmaram a importância da coordenada de valor a^* no estudo de estabilidade da polpa de pitanga, visto que, este parâmetro está diretamente relacionado aos carotenoides presentes nesta fruta.

A elevada temperatura utilizada na secagem (93 °C) durante o processo de atomização pode ser considerada como indicativo da reação de Maillard (escurecimento não enzimático) que resulta em uma cor mais intensa da polpa. Nessa reação, os açúcares redutores reagem com certos aminoácidos na presença de altas temperaturas, o que gera compostos capazes de alterar a cor original dos alimentos, e comprometer a qualidade do alimento, bem como modificar a cor ou sabor (BOEKEL, 2006; RANNOU et al., 2013).

Ferrari et al. (2012) estudando suco de amora-preta em pó, produzido por atomização, verificaram menor teor de antocianinas, em função da diluição dos pigmentos da fruta, o que levou à redução do croma das amostras. Moraes (2014)

revelou que os valores de croma das polpas de caju *in natura* apresentaram coloração mais viva (35,54), enquanto que a polpa atomizada manteve coloração mais opaca (11,14). Tonon et al. (2009) avaliando suco de açaí em pó reportaram que o aumento na concentração de maltodextrina resultou em menores valores de croma. Assim, nota-se que a retenção de pigmentos pode ser influenciada pela temperatura do ar de secagem e pela maltodextrina.

Segundo Fellows (2000) o escurecimento não enzimático, como por exemplo, a reação de Maillard e a oxidação de ácido ascórbico, podem ser responsáveis pela alteração de cor dos alimentos.

5.2.1.3 Ângulo de cor (Hue)

Nos dias 1° e 14° a polpa congelada não diferiu significativamente (valor- $p=0,06$)*, apresentando valor médio estimado de Hue igual a 73,99, enquanto que no 28° dia o valor médio estimado de ângulo de cor foi de 75,47 e diferiu do 42° e do 56° dia, os quais apresentaram valores médios estimado de ângulo Hue iguais a 76,08 e 76,79, respectivamente.

No 1° e 14° dia a polpa liofilizada não diferiu significativamente (valor- $p=0,40$)*, apresentando valor médio estimado de Hue igual a 76,86, enquanto que no 28° dia o valor médio estimado Hue foi igual a 81,67 diferindo dos períodos anteriores e mantendo-se constante até o final do armazenamento (valor- $p> 0,34$)*.

Nos dias 1° e 14° a polpa atomizada também não diferiu significativamente (valor- $p=0,40$)*, apresentando valor médio estimado de ângulo Hue igual a 78,89. No 28° dia, o valor médio estimado do ângulo Hue foi igual a 82,76, diferindo significativamente dos períodos anteriores, e mantendo-se constante até o final do armazenamento (valor- $p> 0,10$)*.

Podemos observar que a tonalidade (ângulo Hue) teve comportamento similar para todos os tratamentos, sendo que o congelamento apresentou a menor variação durante todo o armazenamento (Figura 8).

Figura 8 - Ângulo de cor (Hue - °h) em polpas de buriti sob diferentes tratamentos (congelamento, liofilização e atomização) durante o armazenamento. Gráfico de pontos com valores estimados pelo modelo linear.

As tonalidades de cor da polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada ficaram próximas do amarelo durante todos os períodos, sendo que a atomizada e a liofilizada apresentaram tonalidade mais amarelada, que se acentuou a partir do 28º dia.

Características semelhantes de tonalidade foram reportadas por Canuto et al. (2010) em frutos de buriti procedente da região Amazônica, que apresentaram tonalidade de cor na faixa do amarelo (70,8).

O parâmetro de cor Hue segue o mesmo comportamento da cromaticidade para as polpas congelada e atomizada, que podem ser justificadas tanto pela alta temperatura da secagem como pela degradação de pigmentos.

Juliano et al. (2014) encontraram variações do ângulo Hue em amostras de camu-camu liofilizada, o que foi justificado pela oxidação dos pigmentos presentes, ação da luz, e absorção de água e oxigênio do ambiente.

Os resultados de coloração mostraram que além da polpa de buriti liofilizada apresentaram melhor manutenção da tonalidade da cor, ela também possui maior concentração de pigmentos no produto final desidratado, com valores superiores aos das polpas congelada e atomizada.

5.2.2 Análises Químicas

Os resultados das análises químicas demonstraram variações das medidas de pH, atividade de água (Aa), sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT). Foi observado efeito de interação em todas as variáveis, exceto o pH (valor-p= 0,079).

5.2.2.1 pH

O pH foi a única variável que não apresentou interação entre tratamento e período (valor-p= 0,08). Isso significa que a variação de pH entre dois períodos foi a mesma para todos os tratamentos. No 1º dia os valores médios estimados de pH para o congelamento e liofilização foram iguais a 3,72 (valor-p= 0,11), sendo 0,27 menor que a atomização (3,99).

Na interação entre o 1º e o 14º dia houve diferença positiva de 0,04 (valor-p= 0,02)*. Na interação entre o 1º e o 28º dia não houve diferença (valor-p= 0,23)*. A interação do 1º dia com os dias 28º e 42º apresentaram diferença de 0,09, e a partir de então o pH se manteve constante (valor-p= 0,52)*.

O valor de pH para os três tratamentos aumentou ligeiramente do 1º para o 56º dia de armazenamento, sendo que o pH da polpa atomizada foi maior do que o encontrado para as polpas congelada e liofilizada (Figura 9).

Figura 9 - pH de polpas de buriti sob diferentes tratamentos (congelamento, liofilização e atomização) durante o armazenamento. Gráfico de pontos com valores estimados pelo modelo linear.

De acordo com Silva et al. (1994) valores de pH inferiores a 4,5 são considerados desejáveis, visto que limitam a proliferação de microrganismos no produto final, garantindo assim armazenamento seguro. Os valores de pH encontrados para as polpas de buriti congelada, liofilizada e atomizada são considerados baixos, o que caracteriza a polpa como ácida.

Fujita et al. (2014) relataram que a média de pH encontrado nos frutos de buriti *in natura* armazenado sob refrigeração foi próximo a 3,99. Loureiro (2006) encontrou valores médios de 3,56 para buriti em pó obtido por secagem. Gomes (2009) estudando polpa de buriti observou que as emulsões com dextrose equivalente a 10 apresentaram tendência de redução do pH com aumento da concentração de maltodextrina variando de 3,43 a 3,36.

5.2.2.2 Atividade de água (Aa)

As polpas de buriti congelada e atomizada apresentaram valores médios estimados de Aa constantes e iguais a 0,95 (valor-p> 0,12) e 0,32 (valor-p> 0,36), respectivamente, durante todo o armazenamento. Enquanto a polpa de buriti liofilizada obteve valor médio estimado de Aa constante e igual a 0,14 (valor-p= 0,61) até o 14º dia, crescendo linearmente até o 42º dia (0,23), e mantendo-se constante (valor-p= 0,76) até o final do armazenamento (Figura 10).

Figura 10 - Atividade de água de polpas de buriti sob diferentes tratamentos (congelamento, liofilização e atomização) durante o armazenamento. Gráfico de pontos com valores estimados pelo modelo linear.

A atividade de água observada no último dia de armazenamento foi maior para a polpa desidratada por atomização (0,33), quando comparada com a polpa liofilizada (0,23). Este maior conteúdo de água por atomização deve-se às particularidades deste método de secagem. A atividade de água está relacionada diretamente com o processamento, conservação e armazenamento de alimentos (LABUZA, 1985).

Os valores de atividade de água da amostra atomizada foram superiores aos encontrados para a amostra liofilizada. Contudo, tais valores encontram-se abaixo do limite considerado favorável ao desenvolvimento microbiano e, portanto, ambos os tratamentos garantem um produto estável e seguro.

5.2.2.3 Sólidos solúveis (SS)

A polpa de buriti congelada apresentou valores médios estimado de sólidos solúveis constantes (valor- $p > 0,07$) e com valores médios de 9,90 °Brix em todos os períodos. Fujita et al. (2014) avaliando buritis *in natura* armazenados em refrigeração, encontraram valores médios de 13,68 °Brix.

A polpa de buriti liofilizada apresentou valor médio estimado de sólidos solúveis igual a 29,33 °Brix no 1º dia, diferindo significativamente do 14º dia (27,13 °Brix), e a partir do qual manteve-se constante (valor- $p > 0,06$). As reduções observadas ao longo do armazenamento devem-se ao aumento da umidade nas amostras, diluindo assim os sólidos solúveis totais.

A polpa atomizada apresentou valores de sólidos solúveis constantes (valor- $p > 0,36$) e com valores médios estimados de 56,85 °Brix em todos os períodos (Figura 11).

Figura 11 - Sólidos solúveis (°Brix) em polpas de buriti sob diferentes tratamentos (congelamento, liofilização e atomização) durante o armazenamento. Gráfico de pontos com valores estimados pelo modelo linear.

De acordo com Abadio et al. (2004) e Quek et al. (2007) a adição de maltodextrina aumenta o teor de sólidos solúveis presentes na amostra a ser atomizada, reduzindo assim a quantidade de água a ser evaporada, e por conseguinte a umidade dos pós produzidos.

Os teores de sólidos solúveis totais encontrados para as polpas atomizada e liofilizada foram maiores em relação à polpa congelada, o que pode estar relacionado ao fato do processo de secagem eliminar parte da água contida na amostra e, conseqüentemente, concentrar os nutrientes presentes no produto seco. Rocha et al. (2014) encontraram comportamento semelhante ao avaliar suco de caju atomizado.

5.2.2.4 Acidez titulável (AT)

A polpa de buriti congelada apresentou valor médio estimado de acidez titulável igual a 0,79 g ácido cítrico 100 g⁻¹ no 1º dia, mantendo-se constante até o final do armazenamento (valor-p > 0,30)*.

A polpa de buriti liofilizada também apresentou valor médio estimado de acidez titulável igual a 1,72 g ácido cítrico 100 g⁻¹ no 1º dia, diferindo significativamente do 14º dia (2,10 g ácido cítrico 100 g⁻¹), e a partir do qual apresentou valores constantes (valor-p > 0,30)*.

A polpa de buriti atomizada apresentou valor médio estimado de acidez titulável igual a 0,98 g ácido cítrico 100 g⁻¹ no 1º dia, diferindo significativamente do 14º dia (1,15 g ácido cítrico 100 g⁻¹), e a partir do qual apresentou valores constantes (valor-p > 0,19)*.

Figura 12 - Acidez titulável (% ácido cítrico) em polpas de buriti sob diferentes tratamentos (congelamento, liofilização e atomização) durante armazenamento. Gráfico de pontos com valores estimados pelo modelo linear.

Em geral, os valores de acidez titulável encontrados para os três tratamentos estão na faixa de 0,8 a 2,0 g ácido cítrico 100 g⁻¹, o que classifica a polpa como ácida e representa excelente atributo para a indústria de alimentos, uma vez que dificulta a deterioração microbiana.

Fujita et al. (2014) relataram que a média da acidez titulável encontrada em buritis *in natura* armazenados sob refrigeração foi de 0,6 g de ácido 100 g⁻¹ de polpa, enquanto Loureira (2006) encontrou valor médio igual a 1,01 g de ácido 100 g⁻¹ de buriti em pó.

Os valores médios de acidez titulável encontrados para as polpas desidratadas foram maiores que os valores da polpa congelada, o que pode ser explicado pela redução da umidade e concentração do ácido cítrico durante o processo de secagem.

O congelamento apresentou teor de acidez titulável menor que os demais tratamentos, porque este processo diferentemente dos demais não retira a água do alimento, consequentemente, os seus constituintes encontram-se diluídos, como por exemplo, os ácidos orgânicos.

Na atomização, a amostra permanece exposta a altas temperaturas na câmara de secagem, o que proporciona aumento do pH e, conseqüentemente maior oxidação dos ácidos orgânicos, comportamento semelhante ao observado por Oliveira et al. (2006) ao adicionar 15 % de maltodextrina à polpa de pitanga, que reduziu a concentração dos ácidos orgânicos.

Teores próximos foram encontrados por Gomes (2009) em polpa de buriti atomizadas, cujos valores de acidez titulável variaram de 0,9 a 1,5 g de ácido cítrico 100 g⁻¹. O autor constatou também que os maiores valores de acidez titulável foram obtidos nas amostras com menor concentração de maltodextrina, e os menores nas amostras com maior quantidade de maltodextrina, demonstrando assim a influencia da maltodextrina na acidez titulável.

Sabe-se que o ácido ascórbico é termolábil e se degrada em temperaturas superiores a 40 °C (ZHANG; HAMAUZU, 2004), sendo, portanto, mais afetado na atomização do que na liofilização.

A polpa liofilizada no 1º dia apresentou teor médio de pH igual a 3,72 e de acidez titulável igual a 1,72 g ácido cítrico 100 g⁻¹, demonstrando assim que quanto maior a quantidade de ácidos orgânicos menor será o pH. Dessa forma, a polpa liofilizada apresentou maior conteúdo de ácidos orgânicos, sem degradar os nutrientes da polpa e mantendo as suas propriedades nutritivas, o que nos permite inferir que este tratamento pode ser o ideal para a conservação dos alimentos.

5.2.3 Compostos Bioativos

5.2.3.1 Compostos Fenólicos

A polpa congelada diferiu significativamente entre os dias 1º e 14º, apresentando valores médios estimados de compostos fenólicos iguais a 85,91 e 43,51 mg de ác. gálico 100 g⁻¹, respectivamente. Entre os dias 14º e 28º, a polpa permaneceu constante (valor-p= 0,99)*. Entre o 28º e 42º dia, as polpas diferiram significativamente, apresentando valores médios estimados iguais a 43,51 e 66,51 mg de ác. gálico 100 g⁻¹, respectivamente, e a partir desse período os valores mantiveram-se constantes (valor-p= 0,08)*.

A polpa liofilizada diferiu significativamente entre os dias 1º e 14º, apresentando valores médios estimados de compostos fenólicos iguais a 100,39 e

66,51 mg de ác. gálico 100 g⁻¹, respectivamente. Do 14° ao 42° dias, as polpas permaneceram constantes (valor-p> 0,99)*. Foram observadas diferenças significativas entre o 42° e 56° dia, com valores médios estimados iguais a 66,51 e 88,32 mg de ác. gálico 100 g⁻¹, respectivamente.

A polpa atomizada apresentou diferença significativa entre o 1° e 14° dia com valores médios estimados de compostos fenólicos iguais a 85, 91 e 66,51 mg de ác. gálico 100 g⁻¹, e a partir do qual apresentou valores constantes (valor-p > 0,51)* (Figura 13).

Figura 13 - Compostos fenólicos (mg EAG 100 g⁻¹) em polpas de buriti sob diferentes tratamentos (congelamento, liofilização e atomização) durante o armazenamento. Gráfico de pontos com valores estimados pelo modelo linear.

No 1° dia de armazenamento a polpa congelada não diferiu da atomizada (valor-p= 0,68), as quais diferiram significativamente da liofilizada, cujos valores foram de 85,91; 85,91 e 100,39 mg de ác. gálico 100 g⁻¹ de polpa. A polpa congelada apresentou valores mais baixos de compostos fenólicos (43,51 mg de ác. gálico 100 g⁻¹) no 14° e 28° dia, os quais aumentaram a partir do 42° dia, mantendo-se com valores constantes e iguais aos da polpa atomizada (66,51 mg de ác. gálico 100 g⁻¹), observados do 14° ao 56° dia na polpa atomizada.

A polpa liofilizada apresentou o maior valor médio estimado de compostos fenólicos (100,39 mg de ác. gálico 100 g⁻¹) no 1° dia, decrescendo para 66,51 mg de ác. gálico 100 g⁻¹ nos dias 14°, 28° e 42° dia, e no 56° dia elevou-se para 88,32 mg de ác. gálico 100 g⁻¹.

Os alimentos podem passar por mudanças de temperatura durante o processamento, armazenamento, estocagem e preparo doméstico. Segundo Mazza e Miniati (1993), o aumento da temperatura pode causar destruição logarítmica das antocianinas. Goffey et al. (1981), contudo, afirmaram que nem sempre isso acontece, pois para algumas antocianinas o aumento na temperatura pode favorecer a complexação ou as reações de polimerização durante a degradação, responsáveis pela estabilização dos pigmentos.

Durante o armazenamento dos alimentos podem ocorrer modificações químicas, sendo que a velocidade das reações depende da forma como as amostras são acondicionadas e do grupo enzimático presente (SETHU, et al., 1996).

Vásquez-Ocmín et al. (2009) e Koolen et al. (2013) avaliando polpa de buriti procedente da Amazônia peruana e do estado do Amazonas obtiveram respectivamente, valores médios de 185 e 378 mg ác. gálico 100 g⁻¹. Para frutos de buriti *in natura* do Cerrado e da Amazônia foram respectivamente de 435 e 362 mg ác. gálico 100 g⁻¹ (Cândido et al., 2015).

Rocha et al. (2012) avaliaram frutas nativas do Cerrado tais como cagaita, pitanga do cerrado, caju e cambucá obtendo valores de compostos fenólicos iguais a 90; 225; 190 e 159 mg ác gálico 100 g⁻¹, respectivamente.

Kuskoski et al. (2006) avaliando sucos de frutas tropicais tais como polpa de açaí, baguaçu, acerola, manga e jabolão, encontrando teores de poli fenóis totais da ordem de 136,80; 704,80; 580,10; 544,90 e 194,70 mg 100 g⁻¹.

No congelamento formam-se cristais de gelo que podem romper as estruturas celulares colocando em contato enzimas e substratos, antes compartimentalizados. Assim, inicia-se uma série de reações enzimáticas que podem modificar o sabor, a cor, o aroma e a textura dos alimentos (VICENTE et al., 2005).

A avaliação da polpa de araçá congelada (-18 °C) apresentou redução no teor dos compostos fenólicos de 6,22 mg ác. gálico 100 g⁻¹ para zero, após 6 meses de armazenamento (DAMIANI et al., 2013).

Pelos resultados obtidos com a polpa de buriti congelada pode-se sugerir que estas podem ser adicionadas na dieta alimentar, pois são boas fontes de compostos fenólicos, quando comparadas com outras polpas de frutas congeladas e normalmente consumidas, tais como maracujá, abacaxi e cupuaçu (20,0 a 21,7) goiaba (83,0), uva e açaí (117,1 a 136,8) amora preta (241,7) e manga (544,9) mg ác. gálico 100 g⁻¹, (KUSKOSKI et al., 2006; FERREIRA et al., 2010).

O valor médio observado para a polpa liofilizada foi maior do que as demais no 1° e no 56° dia, indicando que esse constituinte foi melhor conservado até o final do período de armazenamento. Cohen et al. (2007, 2009) avaliando teores de polifenóis em polpa de açaí liofilizada provenientes do Pará, encontraram valores médios de 688,92 a 4576,21 mg 100 g⁻¹ e 3964,60 mg 100 g⁻¹ de polpa (base seca).

No produto liofilizado, devido à temperatura baixa e ausência de ar atmosférico, as propriedades químicas e sensoriais praticamente não são alteradas, e quando reconstituído ou reidratado, assemelha-se ao produto natural (GAVA, 2009). Sablani et al. (2011) comparando o processo de liofilização com a secagem convencional usando ar quente, observaram que a liofilização proporciona maior retenção de fitoquímicos, podendo aumentar a concentração dos compostos fenólicos, em especial das antocianinas.

Os valores médios estimados de compostos fenólicos encontrados para polpa atomizada foram iguais ao da polpa liofilizada do 14° ao 42° dia, o que nos permite sugerir seu aproveitamento, visto que tais valores são considerados representativos. Ferrari et al. (2012) avaliando polpa de amora-preta atomizada com maltodextrina, encontraram teores médios de compostos fenólicos totais de 210,71 mg ác.gálico 100 g⁻¹.

Os resultados obtidos apontam algumas variações no teor de compostos fenólicos totais observados nos três tratamentos. Segundo Cândido et al. (2015) tais variações podem ser decorrentes de fatores sazonais, genéticos e agrônômicos. Para Tomás-Barberan e Espín (2001) o teor de compostos fenólicos é afetado por grande variabilidade em diferentes estágios de maturação, e nas condições ambientais, tais como temperatura e precipitação.

Pesquisas indicaram que as perdas durante o armazenamento podem ser atribuídas à oxidação de polifenóis e às reações de polimerização, que podem reduzir o número de grupos hidroxilas livres medidos pelo ensaio de Folin-Ciocalteu (KLOPOTEK; OTTO; BOHM, 2005).

Na pesquisa realizada com extrato de tronco, folhas e frutos de buriti, Koolen et al. (2013) detectaram aumento de compostos fenólicos, o que pode ser devido à presença residual de compostos não-fenólicos, como os carotenoides que não foram totalmente removidos nas extrações. As taxas de fenólicos encontrados para tronco, folha e fruto foram respectivamente de 378,07; 102, 54 e 86, 89 mg ác gálico 100 g⁻¹.

A variação no teor de compostos fenólicos também pode ser justificada pela presença de compostos não fenólicos interferentes reagindo com o Reagente de Folin-Ciocalteu, tais como nitrogênio e tiol encontrados em recipientes (EVERETTE et al., 2010). A interferência na determinação de polifenóis por este método pode ser decorrente também da presença de substâncias redutoras tais como vitamina C, açúcares e aminoácidos (GEORGEA, et al., 2005; INFANTE, 2013; PAZ et al., 2015). Schauss et al. (2006) reportaram a presença de compostos não fenólicos em menor concentração na polpa de buriti do que nas frutas de palmeira.

Para Ignat, Volf e Popa (2011), o processamento das amostras, o método, o solvente de extração e a qualidade do padrão utilizado podem influenciar na determinação de fenólicos totais. Tais fatores podem justificar as diferenças encontradas entre os valores obtidos e os encontrados na literatura (ROCHA et al., 2011).

Lee et al. (2009) e Castelucci (2015) observaram que o incremento dos compostos fenólicos presentes nas frutas irradiadas pode estar relacionado indiretamente aos radicais livres, responsáveis pela quebra das ligações glicosídicas presentes nos compostos fenólicos, o que aumenta o número de monômeros proantocianidinas e de flavonoides.

Os menores valores de fenólicos observados no congelamento podem ser decorrentes de rompimentos nas estruturas celulares induzindo reações enzimáticas e posteriores alterações sensoriais, além da oxidação de polifenóis e das reações de polimerização.

A liofilização não pode ser destacada como melhor processo para conservar a polpa de buriti em função da possível presença de interferentes de vitamina C, açúcares, aminoácidos e resíduos de compostos não fenólicos.

As perdas de compostos fenólicos observadas na atomização podem ser devido ao aumento da temperatura usada no processo de secagem o que ocasiona a degradação dos fenólicos.

Desta forma, constatou-se que as polpas de buriti congelada, liofilizada e atomizada são boas fontes de compostos fenólicos, sendo interessante sua inserção na dieta alimentar, visto os seus benefícios.

5.2.3.2 Carotenoides

A polpa de buriti congelada não diferiu significativamente (valor- $p=0,70$)* entre os dias 1° e 14°, apresentando valor médio estimado de carotenoides igual a 821,68 $\mu\text{g g}^{-1}$. Entre o 14° e o 28° dia, foi observada diferença significativa, com valores médios estimados iguais a 821,68 e 920,00 $\mu\text{g g}^{-1}$, e mantendo-se constante (valor- $p=0,42$)* no 28° e 42° dias. Entre os dias 42° e 56° foram observadas diferenças significativas, com valores médios estimados iguais a 920,00 e 683,02 $\mu\text{g g}^{-1}$. Quanto maior for a quantidade de água, maior será mobilidade molecular dentro do alimento, o que provavelmente facilita as reações físico-químicas de degradação (FENEMA, 2009).

A polpa de buriti liofilizada diferiu significativamente entre os dias 1° e 14°, com valores médios estimados de carotenoides iguais a 546,63 e 752,18 $\mu\text{g g}^{-1}$, mantendo-se constante até o final do armazenamento (valor- $p>0,11$)*.

A polpa de buriti atomizada não diferiu do 1° ao 28° dia (valor- $p>0,74$)*, com valores médios estimados de carotenoides iguais a 231,22 $\mu\text{g g}^{-1}$, os quais diferiram significativamente do 42° dia (141,77 $\mu\text{g g}^{-1}$), que se manteve constante até o 56° (valor- $p=0,97$)* (Figura 14).

Figura 14 - Carotenoides totais ($\mu\text{g g}^{-1}$) em polpas de buriti sob diferentes tratamentos (congelamento, liofilização e atomização) durante o armazenamento. Gráfico de pontos com valores estimados pelo modelo linear.

Os carotenoides são sensíveis à luz, temperatura, acidez, e reações de oxidação decorrentes da presença de insaturações (OLIVEIRA, 2012).

Durante o processamento de frutas e hortaliças os carotenoides são degradados principalmente por reação enzimática oxidativa, por foto e auto oxidação (UENOJO et al., 2007). As principais causas de perda dos carotenoides, e que podem influenciar o processo oxidativo são: oxidação, exposição à luz e ao oxigênio, tipo de matriz alimentícia, presença de enzimas, disponibilidade de água e presença de antioxidantes ou pró- oxidantes (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999).

Frutos de buriti do Cerrado e da Amazônia apresentaram valores de carotenoides, respectivamente, de 31,13 e 52,86 mg 100 g⁻¹ (CÂNDIDO et al. 2015), enquanto que De Rosso e Merchant (2007) encontraram valores iguais a 513,83 ug 100 g⁻¹ para frutos de acerola.

Os maiores valores de carotenoides na polpa congelada e liofilizada foram observados, respectivamente, nos dias 28° a 42°; 14° ao 56° dia. O que pode ser devido às perdas de água não contabilizadas na polpa congelada não processada ou a maior extratibilidade do analito na amostra processada, tornando o carotenoide mais disponível (RODRIGUEZ- AMAYA; KIMURA; GODOY, 2008).

A preservação do teor de carotenoides na liofilização é devido à pressão a vácuo e à evaporação dos microcristais de gelo sem rompimento das estruturas moleculares (BEZERRA, 2014).

A liofilização, realizada em baixa temperatura e ausência de ar atmosférico não altera as propriedades químicas e sensoriais da amostra, proporcionando maior retenção de fitoquímicos, podendo aumentar a concentração dos mesmos (SABLANI et al., 2011).

A desidratação pode ser utilizada como método de conservação ou como método de refinamento de alimentos (corantes naturais, sorvetes, sucos e gelatinas), resultando na oferta de novos produtos no mercado e na maior disponibilidade mesmo em época de entressafra, agregando propriedades funcionais a estes produtos (KHA et al., 2010; TONON et al., 2009; LOPES et al., 2005).

O maior valor de carotenoides na polpa atomizada foi observado do 1° ao 28° dia. Cai e Corke (2000) avaliando amaranto por atomização verificaram maior perda da betacianina com o aumento da temperatura e concluíram que temperaturas superiores a 180°C não são indicadas para a secagem deste pigmento, mesmo que resultem em maiores taxas de secagem e maiores produtividades. Os autores

também observaram que as amostras produzidas em temperaturas menores apresentaram maior retenção de betacianinas após 16 semanas de armazenamento (25°C).

O menor valor de carotenoides na polpa congelada foi observado no 56º dia, o que pode estar relacionado com a formação de cristais de gelo extracelulares ou intracelulares, o que causa danos irreversíveis da parede celular, lamela média, protoplastos e da organização interna das células, alterando o metabolismo (RESENDE, 1995; CHEFTEL et al., 1982), e consequentemente, degradando os pigmentos (BARTOLOME et al., 1996).

Durante o congelamento, as membranas das organelas celulares são danificadas, liberando enzimas que na presença de substratos podem favorecer o início de algumas reações enzimáticas. Sendo assim, a maior degradação dos carotenoides nas polpas congeladas pode ser favorecida por ação enzimática, desencadeada pela formação de cristais de gelo grandes e pontiagudos, e pela ruptura de estruturas celulares. Tais observações são pertinentes, uma vez que as polpas congeladas (-22,1 °C) não sofreram tratamento térmico antes do congelamento (AQUINO; MÓES; CASTRO, 2011).

Polpa de pitanga congelada e armazenada durante 90 dias, apresentou decréscimo de 13,76 % no teor de carotenoides totais nos primeiros 30 dias e após esse período o teor do pigmento manteve-se praticamente inalterado (LOPES et al., 2005).

A degradação de compostos bioativos como carotenoides e vitamina A pode ocorrer durante os tratamentos de desidratação. Assim, a liofilização, mesmo propondo a integridade funcional e sensorial do alimento, pode estar predisposta a sofrer perdas dos carotenoides. Independente da técnica de processamento empregada, a degradação de carotenoides é influenciada pelo tempo e temperatura de processamento, tamanho e desintegração das partículas do alimento. Neste processo pode ocorrer a quebra da estrutura celular, expondo os carotenoides a fatores desfavoráveis. Assim, o aumento da superfície de contato, a diminuição da quantidade de água, bem como a perda da estabilidade estrutural torna o alimento mais exposto à ação de agentes externos, como o oxigênio (RODRIGUEZ-AMAYA, 1993).

O menor valor de carotenoides na polpa atomizada foi observado no 42° e 56° dia, o que pode ser explicado pela alta sensibilidade deste pigmento a temperaturas muito elevadas durante a secagem.

A alta temperatura associada a um curto período de tempo empregada na atomização acarreta perda reduzida de compostos termo sensíveis. Contudo, a temperatura de saída do produto é um fator preponderante a ser considerado na retenção destes compostos (TONON et al., 2009).

Conforme Tonon et al. (2009) avaliando a influência da temperatura do ar de secagem e da concentração do agente carreador em suco de açaí em pó, observaram que a temperatura de saída aumentou com o aumento da temperatura do ar de secagem, evidenciando a provável causa da menor retenção de antocianinas em maiores temperaturas.

Kha et al. (2010) reportaram que o aumento da concentração de maltodextrina de 10 para 30 % proporcionou redução no teor carotenoides de 195 para 61 mg 100 g⁻¹ em *gac fruit* produzida por atomização.

O congelamento apresentou os maiores teores de carotenoides em relação aos demais tratamentos até o 42° dia, que pode ser justificado tanto pela perda de água não contabilizada, por reações enzimáticas e não enzimáticas.

A liofilização foi o tratamento que apresentou maior estabilidade na preservação do teor de carotenoides durante o armazenamento quando comparado com os demais tratamentos. A eficiência da desidratação utilizada no processo de liofilização garante elevado teor de compostos bioativos.

A atomização foi a que apresentou os menores teores de carotenoides em relação aos demais tratamentos, durante todo o armazenamento o que pode ser não apenas em função da maior sensibilidade do pigmento as altas temperaturas utilizadas na secagem (210 °C), mas principalmente à temperatura de saída do produto (93 °C).

6 CONCLUSÕES

Os três tratamentos preservaram os compostos fenólicos, o β -caroteno e os ácidos graxos na polpa do buriti, sendo que, a polpa congelada apresentou o β -caroteno em maior quantidade inicial. Nos estudos de estabilidade dos carotenoides totais não houve diferenças entre o congelado e o liofilizado podendo ser utilizados os dois tratamentos.

A liofilização resultou também maior acidez e menor atividade de água, facilitando a conservação dos nutrientes durante o período de armazenamento.

A atomização é um processo de baixo custo e efetiva na conservação da polpa, porém menos indicada devido ao uso da maltodextrina e de alta temperatura, pois acarreta em degradação dos carotenoides (β -caroteno, α -caroteno e luteína) e compostos fenólicos.

Os tratamentos não interferiram na composição de ácidos graxos oleico e palmítico.

REFERÊNCIAS

- ABADIO, F.D.B.; DOMINGUES, A.M.; BORGES, S.V.; OLIVEIRA, V.M. Physical properties of powdered pineapple (*Ananás comosus*) juice-effect of malt dextrin concentration and atomization speed. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 64, n. 3, p. 285-287, 2004.
- AGOSTINI-COSTA, T.; VIEIRA, R.F. **Frutas nativas do cerrado: qualidade nutricional e sabor peculiar**. 2000. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./biotecnologia/index.html>> . Acesso em: 02 jan. 2015.
- _____. **Frutas nativas do cerrado: qualidade nutricional e sabor peculiar**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2004. 3 p.
- AGOSTINI-COSTA, T.S.; ABREU, L. N.; ROSSETTI, A.G. Efeito do congelamento e do tempo de estocagem da polpa de acerola sobre o teor de carotenoides. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 56-58, abr. 2003.
- AGUIAR, J.P.L.; MARINHO, H.A.; REBELO, Y.S.; SHRIMPTON, R. Aspectos nutritivos de alguns frutos da Amazônia. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 10, p. 755-758, 1980.
- AGUIAR, J.P.L.; YUYAMA, L.K.O.; MAEDA, R.N.; PANTOJA, L. MARINHO, H.A.; YUYAMA, K. Processamento e caracterização físico-química do buriti desidratado. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 6., 2005, Campinas, Resumos... Campinas: SBCTA; UNICAMP, 2005. 1 CD-ROM.
- ALBUQUERQUE, S.R.S.; REGIANE, A.M.; FERREIRA, E.J.L.; SARTORI, A.; SOUZA, T.M.H.; PANTOJA, N.V.; OLIVEIRA, E.S.; MACHADO, D.S. Métodos de amadurecimento artificial do fruto do buriti (*Mauritia flexuosa*). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 30., 2007, Águas de Lindóia, **Resumos...** Águas de Lindóia: SBQ, 2007. 1 CD-ROM.
- ALEXANDER, J.R. Maltodextrins: production, properties and application. In: SCHENCK, E.W.; HEBEDA, R.E. **Starch hydrolysis products**. New York: VHC, 1992. p. 233-275.
- ALISSA, E.M.; FERNS, G.A. Functional foods and nutraceuticals in the primary prevention of cardiovascular diseases. **Journal of Nutrition and Metabolism**, Staffordshire, v. 2012, p. 16, 2012.
- ALMEIDA, M.M.B.; SOUSA, P.H.M.; ARRIAGA, A.M.C.; PRADO, G.M.; MAGALHÃES, C.E.C.; MAIA, G.A.; LEMOS, T.L.G. Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 7, p. 2155-2159, 2011.

ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A.A. Effects of radiation processing on phytochemicals and antioxidants in plant produce. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v. 20, n. 5, p. 201-212, 2009.

AMARO, A.P.; BONILHA, P.R.M.; MONTEIRO, M. Efeito do tratamento térmico nas características físico químicas e microbiológicas da polpa de maracujá. **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 13, p. 151-162, 2002.

ANDRADE, E.C.B.; BARROS, A.M.; TAKASE, I. Avaliação da solubilidade de cobre e zinco em caldos de leguminosas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 3, n. 3, p. 386-388, 2003.

ANJO, D.L.C. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vascular Brasileiro**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 145-154, 2004.

ANSELMO, G.C.; CAVALCANTI MATA, M.E.R.; ARRUDA, P.C.; SOUSA, M.C. Determinação da higroscopicidade do cajá em pó por meio da secagem por atomização. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 58-65, 2006.

AQUINO, A.C.M.S.; MÓES, R.S.; CASTRO, A.A. Estabilidade de ácido ascórbico, carotenoides e antocianinas de frutos de acerola congelados por métodos criogênicos. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 14, n. 2, p. 154-163, abr./jun. 2011.

ASOLINI, F.C.; TEDESCO, A.M.; CARPES, S.T. Atividade antioxidante e antimicrobiana dos compostos fenólicos dos extratos de plantas usadas como chás. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 9, n. 3, p. 209-215, 2006.

ASP, N.G.; CLAES, G.J; HALMER, H.; SILJESTRON, M. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Bethesda, v. 31, n. 3, p. 476-482, 1983.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 18th ed. Gaithersburg, 2005. p. 20 p.

AULTON, M.E. **Pharmaceutics**: the science of dosage form design. 2nd ed. Edinburg: Churchill Livingstone, 2002. 679 p.

AZEREDO, H.M.C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 195 p.

AZEVEDO-MELEIRO, C.H.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Confirmation of the identity of the carotenoids of tropical fruits by HPLC-DAD and HPLC-MS. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 17, n. 3/4, p. 385-396, 2004.

BARRETO, G.P.M., BENASSI, M.T.; MERCADANTE, A.Z. Bioactive compounds from several tropical fruits and correlation by multivariate analysis to free radical scavenger activity. **Journal of Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 20, n. 10, p. 1856-1861, 2009.

BARTOLOME, A.P.; RUPEREZ, P.; FUSTER, C. Freezing rate and frozen storage effects on color and sensory characteristics of pineapple fruit slices. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 61, n. 1, p. 154-160, 1996.

BASTOS, D.H.M.; ROGERO, M.M.; ARÊAS, J.A.G. Effects of dietary bioactive compounds on obesity induced inflammation. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, São Paulo, v. 53, n. 5, p. 646-656, 2009.

BATISTA, J.S.; OLINDA, R.G.; MEDEIROS, V.B.; RODRIGUES, C.M.F.; OLIVEIRA, A.F.; PAIVA, E.S.; FREITAS, C.I.A.; MEDEIROS, A.C. Atividade antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti *Mauritia flexuosa* L. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 1, p. 136-141, 2012.

BEZERRA, T.S. **Caracterização física, química e morfológica de polpa de marolo liofilizada**. 2014. 140 p. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Biochemistry Physiology**, Ottawa, v. 37, p. 911-917, 1959.

BOEKEL, M.A.J.S. van. Formation of flavour compounds in the Maillard reaction. **Biotechnology Advances**, Wageningen, v. 24, p. 230-233, 2006.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Instrução Normativa Nº. 1, de 7 de janeiro de 2000. Ministro de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Aprova o Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 6, 10 jan. 2000, Seção 1, p. 54-58.

_____. Resolução nº 272/05 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Aprova o regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 set. 2005. Seção 1, p. 374.

_____. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 01, de 07 de janeiro de 2000. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para suco de fruta. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 10 jan. 2000. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas de Saúde. Coordenação Geral da Política de Alimentação e Nutrição. **Alimentos regionais brasileiros**. Brasília, 2002. 140 p.

BRITTON, G. Carotenoids. **Methods Plant Biochemistry**, London, v. 7, p. 473-518, 1991.

_____. Structure and properties of carotenoids in relation to function. **FASEB Journal**, Bethesda, v. 9, p. 1551-1558, 1995.

BRUNINI, M.A.; DURIGAN, J.F.; OLIVEIRA, A.L. Avaliação das alterações em polpa de manga 'Tommy-Atkins' congeladas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 651-653, dez. 2002.

CAI, Y.Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried amaranthus betacyanin pigments. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000.

CÂNDIDO, T.L.N.; SILVA, M.R.; AGOSTINI-COSTA, T.S. Bioactive compounds and antioxidant capacity of buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) from the Cerrado and Amazon biomes. **Food Chemistry**, Goiânia, v. 177, p. 313–319, 2015.

CANUTO, G.A.B.; XAVIER, A.A.O.; NEVES, L.C.; BENASSI, M.T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010.

CARDOSO, F.S.N. **Produção de microencapsulados de amido com recobrimento em leite fluidizado**. 2000. 65 p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Engenharia de Alimentos. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

CARNEIRO, T.B. **Potencial funcional e tecnológico da polpa e óleo do buriti (*Mauritia flexuosa* L.) como matéria-prima e como ingrediente em pão de forma**. 2011. 113 p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2011.

CARNEIRO, T.B.; CARNEIRO, J.G.M. Frutos e polpa desidratada buriti (*Mauritia flexuosa* L.): aspectos físicos, químicos e tecnológicos. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 2, p. 105–111, 2011.

CARVALHO, I.T. **Microbiologia dos alimentos**. Recife: EDUFRPE, 2010. 84 p.

CARTER, J.F. Potential of flaxseed and flaxseed oil in baked goods and other products in human nutrition. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 38, n. 10, p. 753-59, 1993.

CASTELUCCI, A.C.L. **Avaliação da estabilidade dos compostos bioativos de polpas de frutas nativas submetidas ao processo de irradiação**. 2015. 133 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

CASTRO, D.S.; SOUSA, E.P.; NUNES, J.S.; SILVA, L.M.M.; MOREIRA, I.S. Caracterização física e físico-química de polpa de buriti (*Mauritia flexuosa*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 9, n. 2, p. 117-120, 2014.

CAVALCANTE, M.L.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Alteration of the carotenoid composition during manufacture and storage of frozen *Eugenia uniflora* fruit. In: WORLD CONGRESS OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY, 9., 1995, Budapeste. Budapeste: Akadémiai Kiadó Budapest, 1995.

CECCHI, H.M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: UNICAMP, 2003. 207 p.

CERQUEIRA, F.M.; MEDEIROS, M.H.G.; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 441-449, 2007.

CHEFTEL, J.C.; CHEFTEL, H.; BESANÇON, E.L. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1982. v. 2, 404 p.

CHIARELLO, R.J.; RIOS, C.E.; PEREIRA, S.E. Avaliação subjetiva global de crianças de 1 a 4 anos de idade durante suplementação diária com fonte alimentar vegetal de Ômega-3. **Revista do Instituto de Ciências da Saúde**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 25-34, jan./mar. 2005.

CHITARRA, M.I.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL; FAEPE, 1990. 203 p.

_____. Qualidade pós-colheita. In: _____. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL; FAEPE, 2005. v. 2, p. 541-753, 2005.

COHEN, K.D.O.; MATTIETTO, R.D.A.; CHISTÉ, R.C.; OLIVEIRA, M.D.S.P.D. **Caracterização físico-química e funcional da polpa extraída de frutos da cultivar de açaizeiro BRS Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 22 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 70).

CONNOR, W.E. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Portland, v. 71, suppl. 1, p. 171-175, Jan. 2000.

CRAFT, N.E.; WISE, S.A.; SOARES, J.H. Individual carotenoid content of SRM 1548 total diet and influence of storage temperature, lyophilization, and irradiation on dietary carotenoids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, College Park, v. 41, p. 208-213, 1993.

CYMERYS, M.; PAULA-FERNADES, N. M.; RIGAMONTE-AZEVEDO, O. C. Buriti – *Mauritia flexuosa* L. F. In: SHANLEY, P.; MEDINA, G. (Ed.). **Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica**. Belém: CIFOR; Imazon, 2005. p. 181-187.

DAI, J., MUMPER, R.J. Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. **Molecules**, Kentucky, v. 15, n. 10, p. 7313-7352, 2010.

DAMIANI, C.; LAGE, M.E.; SILVA, F.A.D.; PEREIRA, D.E.P.; BECKER, F.S. Changes in the physicochemical and microbiological properties of frozen araçá pulp during storage. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 33, n. 1, p. 19-27, 2013.

DARNET, S.H.; SILVA, L.H.M.D.; RODRIGUES, A.M.D.C.; LINS, R.T. Nutritional composition, fatty acid and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*) and patawa (*Oenocarpus bataua*) fruit pulp from the amazon region. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 2, p. 488-491, 2011.

DE CAMPOS, A.M. **Desenvolvimento de extratos secos nebulizados de *Ilex paraguariensis* St. Hill. Aquifoliaceae (erva-mate)**. 149 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

DE ROSSO, V.V.; MERCADANTE, A.Z. The high ascorbic acid content is the main course of the low stability of anthocyanin extracts from acerola. **Food Chemistry**, Barking, v. 103, p. 935-943, 2007.

DEMBITSKY, V.M.; POOVARODOM, S.; LEONTOWICZ, H.; LEONTOWICZ, M.; VEARASILP, S.; TRAKTENBERG, S.; GORINSTEIN, S. The multiple nutrition properties of some exotic fruits: biological activity and active metabolites. **Food Research International**, Essex, v. 44, n. 7, p. 1671-1701, 2011.

DIETARY REFERENCE INTAKES. **Dietary reference intakes for calcium, phosphorous, magnesium, vitamin D, and fluoride**. Washington: Academic Press, 1997. Disponível em: <<http://www.nap.edu>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

DONADIO, L. C.; MÔRO, F.V.; SERVIDONE, A.A. Buriti *Mauritia flexuosa* L. f. Arecaceae. In: _____. **Frutas brasileiras**. 2. ed. Jaboticabal: Novos Tempos, 2004. p. 84-87.

DOS SANTOS LIMA, A.L.; LIMA, K.D.S.C.; COELHO, M.J.; MICHELE, J., SILVA, R.L.D.O.G.; PACHECO, S. Avaliação dos efeitos da radiação gama nos teores de carotenóides, ácido ascórbico e açúcares do fruto buriti do brejo (*Mauritia flexuosa* L.). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 3, p. 649-654, 2009.

DURAN, B.C.A. **Diseno y construcción de un equipo experimental de congelamiento rapido**. 2010. 97 p. Monografia (Graduacion em Ingeniero Civil Mecanico) - Facultad de Ciências Físicas e Matemáticas, Univerdidad de Chile, Santiago de Chile, 2010.

EVERETTE, J.D.; BRYANT, Q.M.; GREEN, A.M.; ABBEY, Y.A.; WANGILA, G.W.; WALKER, R.B. Thorough study of reactivity of various compound classes toward the Folin-Ciocalteou reagent. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 58, p. 8139-8144, 2010.

FALLER, A.L.K.; FIALHO, E. Disponibilidade de polifenóis em frutas e hortaliças consumidas no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 43, n. 2, p. 211-218, 2009.

FELLOWS, P.J. **Food processing technology: principles and practice**. Cambridge: Wood Head, 2000. 575 p.

_____. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática.** Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FENNEMA, O.R. **Fennema's food chemistry** (food science and technology). London: CRC Press, 2006. 875 p.

FRANÇA, L.F.; REBER, G.; MEIRELES, M.A.A.; MACHADO, N.T.; BRUNNER, G. Supercritical extraction of carotenoids and lipids from buriti (*Mauritia flexuosa*), a fruit from the Amazon region. **Journal of Supercritical Fluids**, Hamburg, v. 14, p. 247–256, 1999.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos.** São Paulo: Atheneu, 1996. 175 p.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos.** 9. ed. São Paulo: Atheneu, 2001. 307 p.

FERRARI, C.C.; RIBEIRO, C.P.; AGUIRRE, J.M. Spray drying of blackberry pulp using maltodextrin as carrier agent. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 157-165, 2012.

FERREIRA, D.S.; ROSSO, V.V.; MERCADANTE, A.Z. Compostos bioativos presentes em amora-preta (*Rubus* spp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, p. 664-674, 2010.

FIGUEIREDO, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos.** João Pessoa: Editora Universitária UFPB, 2004. 229 p.

FOLEGATTI, M.I.S.; MATSUURA, F.C.A.U. **Maracujá. Pós-colheita.** Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 51 p. (Frutas do Brasil, 23).

FUJITA, E.; VIEITES, E.R.L.; DAIUTO, É.R.; SMITH, R.E. Refrigerated storage of buriti (*Mauritia flexuosa*) **Advances in Horticultural Science**, Botucatu, v. 28, n. 1, p. 3-8, 2014.

GARCIA-SALAS, P., MORALES-SOTO, A., SEGURA-CARRETERO, A., FERNÁNDEZ-GUTIÉRREZ, A. Phenolic-compound-extraction systems for fruit and vegetable samples. **Molecules**, Granada, v. 15, n. 12, p. 8813-8826, 2010.

GAVA, A.J. **Princípios de tecnologia de alimentos.** São Paulo: Nobel, 1978. 284 p.

GAVA, A.J.; SILVA, C.A.B., FRIAS, J.R.G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações.** 2. ed. São Paulo: Nobel, 2009. 512 p.

GAWLIK-DZIKI, U.; JEZYNA, M.; ŚWIECA, M.; DZIKI, D.; BARANIAK, B.; CZYŻ, J. Effect of bioaccessibility of phenolic compounds on in vitro anticancer activity of broccoli sprouts. **Food Research International**, Lublin, v. 49, n. 1, p. 469-476, 2012.

GENOVESE, M.I.; PINTO, M.; GONÇALVES, A.E.S.S.; LAJOLO, F.M. Bioactive compounds and antioxidant capacity of exotic fruits and commercial frozen pulps from Brazil. **Food Science and Technology**, London, v. 14, p. 207-214, 2008.

GEORGE, J.P.; DATTA, A.K. Development and validation of heat and mass transfer models for freeze-drying of vegetable slices. **Journal of Food Engineering** Kharagpur, v. 52, p. 89-93, 2002.

GEORGEA, S.; BRAT, P.; ALTER, P.; AMIOT, M.J. Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, p. 1370-1373, 2005.

GODOY, H.T.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Buriti (*Mauritia vinifera* Mart), uma fonte riquíssima de pró-vitamina A. **Arquivo de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 38, p. 109-120, 1995.

_____. Carotenoid composition of Brazilian nectarine (*Prunus persica*). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 57, n. 1, p. 73-79, 1998.

GOFFEY, D.G.; CLYDESDALE, F.M.; FRANCIS, F.J.; DAMON JR., R.A. Stability and complexation of cyaniding-3-glucoside and raspberry juice extract in the presence of selected cations. **Journal of Food Protection**, Washington, v. 44, n. 7, p. 516-523, 1981.

GOMES, W.C. **Secagem por aspersão da polpa de buriti**. 2009. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

GONÇALVES, A.E.S.S.; LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I. Chemical composition and antioxidant/ antidiabetic potential of Brazilian native fruits and commercial frozen pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 58, p. 4666-4674, 2010.

GROSS, J. **Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids**. New York: AVI; Van Nostrand Reinhold, 1991. 303 p.

HAENDLER, L. La passiflora: as composition chimique et ses possibilites de transformation. **Fruits**, Paris, v. 20, n. 5 p. 235–245, 1965.

HARBORNE, J.B.; WILLIAMS, C.A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, Oxford, v. 52, p. 481-504, 2000.

_____. Advances in flavonoids research since 1992. **Phytochemistry**, Oxford, v. 55, p. 481-504, 2002.

HORST, M.A.; LAJOLO, F.M. Bioavailability of food bioactive compounds. In: COZZOLINO, S.M.F. **Bioavailability of nutrients**. São Paulo: Manole, 2007. p. 697-731.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R.I. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, p. 1856-1981, 2005.

IBARZ, A.; BARBOSA-CANOVAS, G.V. **Deshidratación In operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos**. Basel: Lancaster, 1999. 855 p.

IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V.I. A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Food Chemistry**, Iasi, v. 126, n. 4, p. 1821-1835, 2011.

INFANTE, J. **Composição fenólica e atividade antioxidante de polpa, casca, semente e folha de espécies frutíferas nativas do Brasil**. 2013. 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estudo nacional de despesa familiar: tabelas de composição de alimentos**. 5. ed. Rio de Janeiro, 1999. 137 p.

_____. **Quantidade e valor dos produtos de extração vegetal e da silvicultura**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2013/default_xls.shtm>. Acesso em: 29 set. 2015.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo, 2005. v. 1, 12 p.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Manual técnico**. Campinas, 1990. 120 p.

JENKINS, D.J.; KENDALL, C.W.; MARCHIE, A.; PARKER, T.L.; CONNELLY, P.W.; QIAN, W.; HAIGHT, J.S.; FAULKNER, D.; VIDGEN, E.; LAPSLEY, K.G.; SPILLER, G.A. Dose response of almonds on coronary heart disease risk factors: blood lipids, oxidized low-density lipoproteins, lipoprotein(a), homocysteine, and pulmonary nitric oxide: a randomized, controlled, crossover trial. **Circulation**, Baltimore, v. 106, p. 1327-1332, 2002.

JULIANO, F.F.; SILVA, P.P.M.; CASEMIRO, R.C.; COSTA, M.H.; SPOTO, M.H.F. Polpa de camu-camu liofilizada e armazenada em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Curitiba, v. 8, p. 1374-1384, 2014.

LABUZA, T.P. Sorption phenomena in foods. **Food Technology**, Chicago, v. 22, n. 3, p. 263-272, 1985.

LAGE, N.N. **Avaliação do potencial antioxidante da farinha de buriti (*Mauritia flexuosa*) in vitro e em ratos diabéticos**. 2014. 71 p. Dissertação (Mestrado em Saúde e Nutrição) - Escola de Nutrição, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.

LEE, M.T.; CHEN, B.H. Separation of lycopene and its cis isomers by liquid chromatography. **Chromatographia**, New York, v. 54, p. 613-617, 2001.

LEE, J.W.; KIM, J.K.; SRINIVASAN, P.; CHOI, J.; KIM, J.H.; HAN, S.B.; KIM, D.J.; BYUN M.W. Effect of gamma irradiation on microbial analysis, antioxidant activity, sugar content and color of ready-to-use tamarind juice during storage. **LWT – Food Science and Technology**, London, v. 42, p. 101-105, 2009.

LIRA, G.M.; MANCINI FILHO, J.; SANTANA, L.S.; TORRES, R.P.; OLIVEIRA, A.C.; OMENA, C.M.B. de; SILVA NETA, M.L. Perfil de ácidos graxos, composição centesimal e valor calórico de moluscos crus e cozidos com leite de coco da cidade de Maceió-AL. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, v. 40, n. 4, p. 529-537, 2004.

LOPES, A.S.; MATTIETTO, R.A.; MENEZES, H.C. Estabilidade da polpa de pitanga sob congelamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 553-559, 2005.

LORENZI, H.; BACHER, L.B.; LACERDA, M.T.C.; SARTORI, S.F. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo “in natura”)**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 672 p.

LOUREIRO, M.N. **Desidratação da polpa de buriti e armazenamento do produto seco**. 2006. 150 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

KARWOWSKI, M.S.M.; MASSON, M.L.; LENZI, M.K.; SCHEER, A.P.; HAMINIUK, C.W.I. Characterization of tropical fruits: rheology, stability and phenolic compounds. **Acta Alimentaria**, Budapest, v. 42, n. 4, p. 586-598, 2013.

KING, C.J. Spray drying of food liquids and volatiles retention. In: **Preconcentration and drying of food materials: Thijssen Memorial Symposium: proc of the International Symposium on Preconcentration and Drying of Foods, Eindhoven, The Netherlands, Nov 5-6, 1987/edited by S. Bruin**. Amsterdam: Elsevier, 1988. p. 147-162.

KLOPOTEK, Y.; OTTO, K.; BOHM, V. Processing strawberries to different products alters contents of vitamin C, total phenolics, total anthocyanins and antioxidant capacity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, p. 5640-5646, 2005.

KOOLEN, H.H.F.; SOARES, E.R.; SILVA, F.M.A.; SOUZA, A.Q.L.; RODRIGUES FILHO, R.E.; SOUZA, A.D.L. Triterpenes and flavonoids from the roots of *Mauritia flexuosa*. **Revista Brasileira de Farmacognia**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 189-192, 2012.

KROKIDA, M.K.; PHILIPPOPOULOS, C. Volatility of apples during air and freeze drying. **Journal of Food Engineering**, Athens, v. 73, n. 2, p. 135-141, 2006.

KUMAR, V.; SINHA, A.K.; MAKKAR, H.P.; DE BOECK, G.; BECKER, K. Dietary roles of non-starch polysaccharides in human nutrition: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, London, v. 52, n. 10, p. 899–935, 2012.

KUSKOSKI, E.M.; ASUERO, A.G.; MORALES, M.T.; FETT, R. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1.283-1.287, 2006.

MACEDO, B.A. Características químicas e físico-químicas de quatro variedades de goiabas adaptadas às condições do Ceará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 17, n. 2, p. 39-44, 1995.

MAHAN, L.K.; ESCOTT-STUMP, S. **KRAUSE**: alimentos, nutrição e dietoterapia. 10. ed. São Paulo: Roca, 2002.

MAIA, G.A.; SOUSA, P.H.M. de; LIMA, A.S. **Processamento de sucos de frutas tropicais**. Fortaleza: Edições UFC, 2007. 320 p.

MANHÃES, L.R.T. **Caracterização da polpa de buriti (*Mauritia flexuosa* Mart): Um potente alimento funcional**. 2007. 78 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MARIATH, J.G.R.; LIMA, M.C.C.; SANTOS, L.M.P. Vitamin A activity of buriti (*Mauritia vinifera* Mart) and its effectiveness in the treatment and prevention of Xerophthalmia. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 49, n. 5, p. 849-853, 1989.

MARTIN, F.W. **Perennial edible fruits of the tropics**. Kansas City: USDA, 1990. 120 p.

MARTINS, S.; MUSSATTO, S.I.; MARTÍNEZ-AVILA, G.; MONTANEZ-SAENZ, J.; AGUILAR, C.N.; TEXEIRA, J.A. Bioactive phenolic compounds: production and extraction by solid-state fermentation: a review. **Biotechnology Advances**, New York, v. 29, n. 3, p. 365-373, 2011.

MASTERS, K. **Spray drying handbook**. 3rd ed. New York: John Wiley, 1979. 687 p.

MATTA, V.M.; FREIRE JUNIOR, M.; CABRAL, L.M.C.; FURTADO, A.A.L. **Polpa de fruta congelada**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2005. 35 p. (Coleção Agroindústria Familiar).

MAZZA, G.; MINIATI, E. Grapes. In: MAZZA, G. **Anthocyanins in fruits, vegetables and grains**. Boca Raton: CRC Press, 1993. p. 149-199,

MEDEIROS, S.A.F.; YAMANISHI, O.K.; PEIXOTO, J.R.; PIRES, M.C.; JUNQUEIRA, N.T.V.; RIBEIRO, J.G.B.L. Caracterização físico-química de progênies de maracujá-roxo e maracujá-azedo cultivados no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, p. 492-499, 2009.

MELO, K.S.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M. Comportamento reológico da polpa de buriti com leite. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Aracaju, v. 8, n. 2, p. 197-206, 2008.

MENEZES, E.M.S. **Efeito da alta pressão hidrostática em polpa de açaí pré-congelada (*Euterpe oleracea*, Mart.)**. 2005. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2005.

MENEZES, E.M.S.; TORRES, A.T.; SRUR, A.U. Valor nutricional da polpa de açaí (*Euterpe oleracea* Mart) liofilizada. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 2, p. 311-316, 2008.

MESQUITA, F.R.; LIMA, M.O.; ARAÚJO, J.M.; RIBEIRO, O.A.S.; CRAVEIRO, R.L. Composição centesimal de frutos típicos da região do vale do Juruá Amazônia ocidental. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 10, n. 19, p. 2849-2857, 2014.

MINOLTA, K. **Comunicação precisa da cor**: controle de qualidade da percepção à instrumentação. Osaka, 1998. 59 p.

MORAES, F.P. **Polpa desidratada de caju amarelo (*Anacardium occidentale* L.) por atomização em *spray dryer*: caracterização físico-química, bioativa e estudo da vida de prateleira do produto**. 2014. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

MORAES, F.P.; COLLA, L.M. Alimentos funcionais e nutraceuticos: definições, Legislação e benefícios à saúde. **Revista Eletrônica de Farmácia**, Passo Fundo, v. 3, n. 2, p. 109-122, 2006.

MONTGOMERY, D.C. **Design and analysis of experiments**. 8th ed. Danvers: John Wiley, 2013. 187p.

MOREIRA, R.S.R.; ARÊAS, J.A.G. Estudo da composição centesimal, perfil de ácidos graxos e teor de carotenoides da farinha da polpa de buriti (*Mauritia Vinifera*, Mart.) seca prensada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16., 1998, Belém. **Anais...** Belém: SBCTA, 1998. 1 CD-ROM.

NAWAR, W.W. Chemistry In: HUI, Y.H. (Org.). **Bailey's industrial oil & fat products**. 5th ed. New York: John Wiley, 1996. v. 1, p. 397-425.

NOGUEIRA, N.D.N.; MACÊDO, A.D.S.; PARENTE, J.V.; COZZOLINO, S.M.F. Nutritional profile of newborns of adolescent mothers supplemented with iron, in different concentrations, zinc and phenolic acid. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 193-200, 2002.

NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM ALIMENTAÇÃO. **Tabela brasileira de composição de alimentos (TACO)**. 2. ed. Campinas: UNICAMP, 2006. 161 p.

OLIVEIRA, F.M.N. **Secagem e armazenamento da polpa de pitanga**. 2006. 197 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

OLIVEIRA, O.W.; PETROVICK, P.R. Secagem por aspersão (*spray-drying*) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v. 20, n. 4, p. 641-650, 2010.

ORDÓÑEZ, A.O. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Artmed 2005. v. 2, 228 p.

PAZ, M.; GULLON, P.; BARROSO, M.F.; CARVALHO, A.P.; DOMINGUES, V.F.; GOMES, A.M.; BECKER, H.; LONGHINOTTI, E.; DELERUE-MATOS, C. Brazilian fruit pulps as functional foods and additives: evaluation of bioactive compounds. **Food Chemistry**, Barking, v. 172, p. 462-468, 2015.

PHANINDRA KUMAR, H.S.; RADHAKRISHNA, K.; NAGARAJU, P.K.; VIJAYA RAO, D. Effect of combination drying on the physico-chemical characteristics of carrot and pumpkin. **Journal of Food Processing Preservation**, Westport, v. 25, p. 447-460, 2001.

PARK, Y.W. Effect of freezing, thawing, drying, and cooking on carotene retention in carrots, broccoli, and spinach. **Journal of Food Science**, New York, v. 52, p. 1022-1025, 1987.

QUEK, S.Y.; CHOK N.K.; SWEDLUND P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. **Chemical Engineering and Processing**, Lausanne, v. 46, p. 386-392, 2007.

RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carne: fundamentos e metodologias**. Viçosa: Editora UFV, 2007. 599 p.

RANNOU, C.; TEXIER, F.; MOREAU, M.; COURCOUX, P.; MEYNIER, A.; PROST, C. Odor quality of spray-dried hens' egg powders: the influence of composition, processing and storage conditions. **Food Chemistry**, Nantes, v. 138, p. 905-914, 2013.

RAUPP, D.S.; GARDINGO, J.S.; SCHEBESKI, L.S.; AMADEU, C.A.; BORSATO, V. Processamento de tomate seco de diferentes cultivares. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 39, n. 2, p. 415-422, 2009.

RESENDE, J.V. **Redução de danos de congelamento em frutos de melão (*Cucumis melo* L. *Inodorus*) utilizando substâncias crio protetoras de concentrações e origens diversas**. 1995. 115 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

RIBEIRO, J.F.; SILVA, J.C.S. Manutenção e recuperação da biodiversidade do bioma cerrado: o uso de plantas nativas. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília. **Anais...** Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1996. p. 10-14.

ROCHA, W.S.; LOPES, R.M.; SILVA, D.B.; VIEIRA, R.F.; SILVA, J.P.; AGOSTINI COSTA, T.S. Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1215-1221, 2011.

ROCHA, É.M.; SOUSA, S.L.; COSTA, J.D.P.D.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M.R.; COSTA, J. Obtention of cashew juice atomized by controlling the drying conditions. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 6, p. 646-651, 2014.

RODRIGUES, A.M.; DARNET, S.; SILVA, L.H.M. Fatty acid profiles and tocopherol contents of buriti (*Mauritia flexuosa*), patawa (*Oenocarpus bataua*), tucuma (*Astrocaryum vulgare*), mari (*Paraqueiba paraensis*) and inaja (*Maximiliana maripa*) fruits. **Journal Brazilian Chemistry Society**, São Paulo, v. 21, n. 10, p. 2000-2004, 2010.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Stability of carotenoids during the storage of foods. In: CHARALAMBOUS, F. (Ed.). **Shelf life studies of foods and beverages: chemical, biological, physical and nutritional aspects**. Amsterdam: Elsevier Science, 1993. p. 591-624.

_____. Assessment of the pro vitamin A contents of foods: the Brazilian experience. **Journal of Food Composition and Analysis**, Rome, v. 9, p. 196-230, 1996.

_____. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: ILSI Press, 1999. 64 p.

_____. **A guide to carotenoids analysis in food**. Washington: International Life Sciences Institute Press, 2001. 64 p.

_____. Brazil: a bounty of carotenoid sources. **Sight and Life**, Washington, v. 4, p. 3-9, 2002.

_____. **Fontes brasileiras de carotenoides: tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos**. Brasília: MMA, SBF, 2008. 100 p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; KIMURA, M.; GODOY, H.T.; AMAYA-FARFAN, J. Updated Brazilian on food carotenoids: factors affecting carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, Rome, v. 21, p. 445-463, 2008.

ROESLER, R.; MALTA, L.G.; CARRASCO, L.C.; HOLANDA, R.B.; SOUSA, C.A.S.; PASTORE, G.M. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 53-60, 2007.

RUFINO, M.D.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; PÉREZ-JIMÉNEZ J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits Brazil. **Food Chemistry**, Barking, v. 121, n. 4, p. 996-1002, 2010.

SABLANI, S.S. Effects of air and freeze drying on phytochemical content. **Drying Technology**, Pullman, v. 29, p. 205-216, 2011.

SAMPAIO, M.B. **Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do buriti**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2011. 80 p.

SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1998.

SANTOS, C.A.; RIBEIRO, R.C.; SILVA, V.C.; SILVA, N.S.; SILVA, B.A.; SILVA, G. F.; BARROS, B.C.V. Elaboração de biscoito de farinha de buriti (*Mauritia flexuosa* L. f) com e sem adição de aveia (*Avena sativa* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 262-273, 2011.

SCALBERT, A.; MANACH, C.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L. Dietary polyphenols and the prevention of diseases. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, St-Genès-Champagne, v. 45, n. 4, p. 287-306, 2005.

SETHU, K.M.P.; PRABHA, T.N.; THARANATHAM, R.N. Post harvest biochemical changes associated with the softening phenomenon in *Capsicum annum* fruits. **Phytochemistry**, Elmsford, v. 42, n.4, p. 961-966, 1996.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Phenolic in food and nutraceuticals**. Boca Raton: CRC Press, 2004. 540 p.

SHILS, M.E.; OLSON, J.A.; SHIKE, M.; ROSS, A.C. **Tratado de nutrição moderna na saúde e na doença**. 9. ed. São Paulo: Manole, 2003. v. 1.

SIES, H.; STAHL, W. Vitamins E and C, β -carotene, and other carotenoids as antioxidants. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 62, n. 6, p. 1315-1321, 1995.

SILVA, F.A.M.; BORGES, M.F.M.; FERREIRA, M.A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, p. 94-103, 1999.

SILVA, P.A. ***Orthopsittaca manilata* (Boddaert, 1783) (Aves: Psittacidae): abundância e atividade alimentar em relação à frutificação de *Mauritia flexuosa* L. f (Arecaceae) numa vereda no Triângulo Mineiro**. 2009. 71 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

SILVA, P.P.M. **Conservação de polpa de juçara (*Euterpe edulis*) submetida à radiação gama, pasteurização, liofilização e atomização**. 2013. 259 p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

SINGLETON, V.L.; ROSSI JUNIOR, J. M.; GALDINO, P. O. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SIZER, F.; WHITNEY, E. **Nutrition: concepts and controversies**. Belmont: Thomson Learning, 2003. 578 p.

SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 71-81, 2002.

SOUSA, C.M.; SILVA, H.R.E.; VIEIRA JR., G.M.; AYRES, M.C.C.; COSTA, C.L.S.; ARAÚJO, D.S.; CAVALCANTE, L.C.D.; BARROS, E.D.S.; ARAÚJO, P.B.M.; BRANDÃO, M.S.; CHAVES, M.H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, Teresina, v. 30, p. 351-355, 2007.

SOUZA, V.R.; PEREIRA, P.A.P.; QUEIROZ, F.; BORGES, S.V.; CARNEIRO, J.D.S. Determination of bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. **Food Chemistry**, Barking, v. 134, n. 1, p. 381–386, 2012.

TAGURI, T.; TAKASHI, T.; KOUNO, I. Antibacterial spectrum of plant polyphenols and extracts depending upon hydroxyphenyl structure. **Biological & Pharmaceutical Bulletin**, Tokyo, v. 29, n. 11, p. 2226-2235, 2006.

TALCOTT, S.T.; PERCIVAL, S.S.; PITTET-MOORE, J.; CELORIA, C. Phytochemical composition and antioxidant stability of fortified yellow passion fruit (*Passiflora edulis*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry** Gainesville, v. 5, n. 1, p. 935-41, 2003.

TAVARES, M.; AUED-PIMENTEL S.; LAMARDO, L.C.A.; CAMPOS, N.C.; JORGE, L.I.F.; GONZALEZ, E. Composição química e estudo anatômico dos frutos de buriti do Município de Buritizal, Estado de São Paulo. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 62, n. 3, p. 227-232, 2003.

TELIS, V.R.N.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N. Collapse and color changes in grapefruit juice powder as affected by water activity, glass transition, and addition of carbohydrate polymers. **Food Biophysics**, New York, v. 4, p. 83-93, 2009.

THAKUR, B.R.; ARYA, S.S. Relative suitability of plastic films for the frozen storage of mango pulp. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 12, n. 3, p. 171-178, 1988.

TOMÁS-BARBERÁN, F.A.; ESPIN, J.C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Murcia, v. 81, n. 9, p. 853-876, 2001.

TONON, R.V.; BRABET, C.; HUBINGER, M.D. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried acai (*Euterpe oleracea*) juice produced with different carrier agents. **Food Research International**, Essex, v. 43, p. 907-914, 2010.

UBOLDI EIROA, M.N. Microorganismos deteriorantes de suco de frutas e medidas de controle. **Boletim SBCTA**, Campinas, v. 23, n. 3/4, p. 141-160, jul./dez. 1989.

UENOJO, M.; MARÓSTICA JÚNIOR, M.R.; PASTORE, G.M. Carotenoides: propriedades, aplicações e biotransformação para formação de compostos de aroma. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 616-622, 2007.

VANNUCCHI, H.; MENEZES, E.W.; CAMPANARA, A.O.; LAJOLO, F.M. Cadernos de nutrição. **Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, Ribeirão Preto, v. 2, p. 101-102, 1990.

VÁSQUEZ-OCMÍN, P.G.; SOTERO, S.V.E.; DEL CASTILLO, T.D.; FREITAS, A.L.; MACO, L.M.M. Diferenciación química de tres morfotipos de *Mauritia flexuosa* L.f. de la Amazonía Peruana. **Revista de la Sociedad Química del Perú**, Lima, v. 75, p. 320-328, 2009.

VICENTE, A.R.; COSTA, M.L.; MARTINEZ, G.A.; CHAVES, A.R.; CIVELLO, P.M. Effect of heat treatments on cell wall degradation and softening in strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Orlando, v. 38, n. 3, p. 213-222, 2005.

WAITZBERG, D. L. **Nutrição oral, enteral e parenteral na prática clínica**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2002.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Disponível em
<<http://www.who.int/nutrition/topics/vad/en/>> Acesso em: 03 nov. 2015.

YEUM, K.J.; BOOTH, S.; SADOWSKI, J.; LIN, C.; TANG, G.; KRINSKY, N.I.; RUSSELL, R.M. Human plasma carotenoid response to the ingestion of controlled diets high in fruits and vegetables. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 64, p. 594-602, 1996.

YUYAMA, L.K.O.; YONEKURA, L.; AGUIAR, J.P.L.; SOUSA, R.F.S. Biodisponibilidade dos carotenoides do buriti (*Mauritia flexuosa* L.) em ratos. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 28, n. 4, p. 409-415, 1998.

YUYAMA, L.K.O., MAEDA, R.N., PANTOJA, L., AGUIAR, J.P.L., MARINHO, H.A. Processamento e avaliação da vida-de-prateleira do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) desidratado e pulverizado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 408-412, 2008.

ZANATTA, C.F.; MITJANS, M.; UGARTONDO, V.; ROCHA-FILHO, P.A.; VINARDELL, M.P. Photoprotective potential of emulsions formulated with Buriti oil (*Mauritia flexuosa*) against UV irradiation on keratinocytes and fibroblasts cell lines. **Food and Chemical Toxicology**, Barcelona, v. 48, p. 70–75, 2010.

ZHANG, D.; HAMAUZU, Y. Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. **Food Chemistry**, London, v. 88, n. 4, p. 503-509, 2004.

ANEXOS

Anexo A - Cromatograma de carotenoides em polpas de buriti congelada (a),
lioofilizada (b) e atomizada (c)

(a)

(b)

(c)

Anexo B – Parecer da Comissão de Ética Ambiental na Pesquisa ESALQ/USP

COMISSÃO DE ÉTICA AMBIENTAL NA PESQUISA – ESALQ/USP

PARECER

Declaro que o Projeto Intitulado: "Estabilidade dos compostos bioativos da polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada", de responsabilidade da Profa. Marta Helena Fillet Spoto (LAN), está de acordo com os Princípios éticos ambientais adotados das leis e decretos complementares (Lei 6.894/80, Lei 7.803/89, Lei 9.985/00, Lei 9.974/00, Decreto 99.556/90, Decreto 4.340/02, Instrução Normativa 169/2008, ABNT/NBR 10004:2004, Resolução ANVISA RDC 306/2004, Resolução 358/05) acrescida dos dispositivos e alterações, bem como os demais decretos e instruções normativas relativas aos assuntos ambientais pertinentes.

Piracicaba, 21 de março de 2011b.

Prof. Dr. Claudio Lima de Aguiar
Presidente – CENP
ESALQ/USP

Este parecer exclui demais aspectos éticos que envolvam a utilização de animais de laboratório ou seres humanos, os quais são de competência das Comissões de Ética em Pesquisa com Animais e de Seres Humanos, respectivamente.

Anexo C – Tabelas de ANOVA, estimativas do modelo de ANOVA, valores estimados pelo modelo linear e a média e desvio-padrão de cada variável

Nas legendas deste Anexo, utilizou-se a seguinte codificação* A, C e L referem-se, respectivamente, aos tratamentos atomização (com adição de maltodextrina), congelamento e liofilização.

Tabela 6 - Tabela de ANOVA para todas as variáveis

		Valor-F	valor-p
Croma	Tratamento	697,79	< 0,001
	Período	522,59	< 0,001
	Tratamento*Período	73,51	< 0,001
Hue	Tratamento	3359,20	< 0,001
	Período	828,06	< 0,001
	Tratamento*Período	43,18	< 0,001
L	Tratamento	698,67	< 0,001
	Período	61,23	< 0,001
	Tratamento*Período	31,11	< 0,001
pH - 1	Tratamento	478,08	< 0,001
	Período	23,77	< 0,001
	Tratamento*Período	2,01	0,079
pH - 2	Tratamento	394,05	< 0,001
	Período	19,59	< 0,001
Aa	Tratamento	15333,83	< 0,001
	Período	16,96	< 0,001
	Tratamento*Período	12,39	< 0,001
TSS	Tratamento	9492,54	< 0,001
	Período	5,42	0,002
	Tratamento*Período	2,97	0,014
AT	Tratamento	3272,36	< 0,001
	Período	34,11	< 0,001
	Tratamento*Período	11,95	< 0,001
Carotenoides	Tratamento	790,10	< 0,001
	Período	13,09	< 0,001
	Tratamento*Período	8,78	< 0,001
Compostos Fenólicos	Tratamento	29,88	< 0,001
	Período	54,55	< 0,001
	Tratamento*Período	3,74	0,004

Tabela 7 - Estimativas do modelo de ANOVA para a variável Croma

	Estimativa	D.P.	valor-t	Pr(> t)
polpa C	34,60	0,89	38,76	< 0,001
polpa A	-9,86	1,26	-7,81	< 0,001
polpa L	6,73	1,26	5,33	< 0,001
periodo2	-1,11	1,26	-0,88	0,386
periodo3	3,52	1,26	2,79	0,009
periodo4	4,50	1,26	3,56	0,001
periodo5	7,06	1,26	5,59	< 0,001
polpa A*periodo2	5,57	1,79	3,12	0,004
polpa L*periodo2	0,45	1,79	0,25	0,801
polpa A*periodo3	29,28	1,79	16,40	< 0,001
polpa L*periodo3	24,81	1,79	13,90	< 0,001
polpa A*periodo4	27,03	1,79	15,14	< 0,001
polpa L*periodo4	22,96	1,79	12,86	< 0,001
polpa A*periodo5	25,59	1,79	14,33	< 0,001
polpa L*periodo5	22,32	1,79	12,51	< 0,001

Tabela 8 - Estimativas do modelo de ANOVA para a variável Hue

	Estimativa	D.P.	Valor-t	Pr(> t)
polpa C	74,16	0,12	619,88	< 0,001
polpa A	4,57	0,17	27,00	< 0,001
polpa L	2,61	0,17	15,43	< 0,001
periodo2	-0,34	0,17	-1,99	0,056
periodo3	1,31	0,17	7,72	< 0,001
periodo4	1,92	0,17	11,35	< 0,001
periodo5	2,63	0,17	15,54	< 0,001
polpa A*periodo2	0,67	0,24	2,79	0,009
polpa L*periodo2	0,52	0,24	2,17	0,038
polpa A*periodo3	2,62	0,24	10,95	< 0,001
polpa L*periodo3	3,35	0,24	14,00	< 0,001
polpa A*periodo4	1,94	0,24	8,11	< 0,001
polpa L*periodo4	3,09	0,24	12,89	< 0,001
polpa A*periodo5	1,69	0,24	7,07	< 0,001
polpa L*periodo5	2,42	0,24	10,10	< 0,001

Tabela 9 - Estimativas do modelo de ANOVA para a variável L*

	Estimativa	D.P.	Valor-t	Pr(> t)
polpa C	41,32	0,51	81,59	< 0,001
polpa A	3,63	0,72	5,07	< 0,001
polpa L	12,24	0,72	17,09	< 0,001
periodo2	-0,21	0,72	-0,29	0,771
periodo3	2,99	0,72	4,17	< 0,001
periodo4	1,67	0,72	2,33	0,027
periodo5	3,88	0,72	5,41	< 0,001
polpa A*periodo2	4,16	1,01	4,11	< 0,001
polpa L*periodo2	1,38	1,01	1,36	0,185
polpa A*periodo3	8,84	1,01	8,73	< 0,001
polpa L*periodo3	-2,74	1,01	-2,71	0,011
polpa A*periodo4	9,37	1,01	9,25	< 0,001
polpa L*periodo4	-0,83	1,01	-0,82	0,420
polpa A*periodo5	7,19	1,01	7,10	< 0,001
polpa L*periodo5	-3,82	1,01	-3,77	< 0,001

Tabela 10 - Estimativas do modelo de ANOVA para a variável pH

	Estimativa	D.P.	Valor-t	Pr(> t)
polpa C	3,74	0,01	310,09	< 0,001
polpa A	0,26	0,01	23,45	< 0,001
polpa L	-0,02	0,01	-1,64	0,109
periodo2	0,04	0,01	2,43	0,020
periodo3	-0,02	0,01	-1,23	0,225
periodo4	0,09	0,01	5,89	< 0,001
periodo5	0,08	0,01	5,24	< 0,001

Tabela 11 - Estimativas do modelo de ANOVA para a variável Aa

	Estimativa	D.P.	Valor-t	Valor-p
polpa C	0,96	0,01	129,70	< 0,001
polpa A	-0,63	0,01	-59,99	< 0,001
polpa L	-0,82	0,01	-78,91	< 0,001
periodo2	-0,02	0,01	-1,58	0,125
periodo3	-0,01	0,01	-1,40	0,170
periodo4	-0,01	0,01	-0,57	0,570
periodo5	0,00	0,01	-0,45	0,658
polpa A*periodo2	-0,01	0,01	-0,93	0,362
polpa L*periodo2	0,02	0,01	1,48	0,150
polpa A*periodo3	0,01	0,01	0,64	0,525
polpa L*periodo3	0,06	0,01	4,30	< 0,001
polpa A*periodo4	-0,01	0,01	-0,63	0,532
polpa L*periodo4	0,10	0,01	6,64	< 0,001
polpa A*periodo5	0,00	0,01	0,20	0,840
polpa L*periodo5	0,10	0,01	6,76	< 0,001

Tabela 12 - Estimativas do modelo de ANOVA para a variável TSS

	Estimativa	D.P.	Valor-t	Valor-p
polpa C	9,83	0,54	18,07	< 0,001
polpa A	46,10	0,77	59,89	< 0,001
polpa L	19,50	0,77	25,33	< 0,001
periodo2	-1,43	0,77	-1,86	0,072
periodo3	0,87	0,77	1,13	0,269
periodo4	0,53	0,77	0,69	0,494
periodo5	0,37	0,77	0,48	0,637
polpa A*periodo2	1,97	1,09	1,81	0,081
polpa L*periodo2	-2,10	1,09	-1,93	0,063
polpa A*periodo3	-0,27	1,09	-0,25	0,808
polpa L*periodo3	-3,13	1,09	-2,88	0,007
polpa A*periodo4	1,07	1,09	0,98	0,335
polpa L*periodo4	-1,27	1,09	-1,16	0,254
polpa A*periodo5	1,50	1,09	1,38	0,178
polpa L*periodo5	-2,63	1,09	-2,42	0,022

Tabela 13 - Estimativas do modelo de ANOVA para a variável AT

	Estimativa	D.P.	Valor-t	Valor-p
polpa C	0,79	0,02	31,78	< 0,001
polpa A	0,19	0,04	5,24	< 0,001
polpa L	0,93	0,04	26,28	< 0,001
periodo2	0,00	0,04	0,02	0,981
periodo3	0,01	0,04	0,36	0,719
periodo4	-0,04	0,04	-1,05	0,301
periodo5	-0,02	0,04	-0,60	0,554
polpa A*periodo2	0,19	0,05	3,78	0,001
polpa L*periodo2	0,41	0,05	8,13	< 0,001
polpa A*periodo3	0,21	0,05	4,10	< 0,001
polpa L*periodo3	0,39	0,05	7,81	< 0,001
polpa A*periodo4	0,18	0,05	3,60	0,001
polpa L*periodo4	0,37	0,05	7,47	< 0,001
polpa A*periodo5	0,16	0,05	3,20	0,003
polpa L*periodo5	0,36	0,05	7,25	< 0,001

Tabela 14 - Estimativas do modelo de ANOVA para a variável Carotenoides

	Estimativa	D.P.	Valor-t	Valor-p
polpa C	829,17	26,93	30,79	< 0,001
polpa A	-572,24	38,09	-15,03	< 0,001
polpa L	-282,53	38,09	-7,42	< 0,001
periodo2	-14,97	38,09	-0,39	0,697
periodo3	106,26	38,09	2,79	0,009
periodo4	75,41	38,09	1,98	0,057
periodo5	-146,15	38,09	-3,84	< 0,001
polpa A*periodo2	-27,01	53,86	-0,50	0,620
polpa L*periodo2	192,05	53,86	3,57	0,001
polpa A*periodo3	-141,40	53,86	-2,63	0,013
polpa L*periodo3	159,98	53,86	2,97	0,006
polpa A*periodo4	-179,62	53,86	-3,34	0,002
polpa L*periodo4	133,67	53,86	2,48	0,019
polpa A*periodo5	20,05	53,86	0,37	0,712
polpa L*periodo5	315,94	53,86	5,87	< 0,001

Tabela 15 - Estimativas do modelo de ANOVA para a variável Compostos Fenólicos

	Estimativa	D.P.	Valor-t	Valor-p
polpa C	84,91	3,37	25,20	< 0,001
polpa A	1,99	4,77	0,42	0,679
polpa L	15,48	4,77	3,25	0,003
periodo2	-39,51	4,77	-8,29	< 0,001
periodo3	-43,30	4,77	-9,09	< 0,001
periodo4	-23,57	4,77	-4,95	< 0,001
periodo5	-10,23	4,77	-2,15	0,040
polpa A*periodo2	14,32	6,74	2,12	0,042
polpa L*periodo2	8,74	6,74	1,30	0,204
polpa A*periodo3	15,62	6,74	2,32	0,027
polpa L*periodo3	10,46	6,74	1,55	0,131
polpa A*periodo4	6,69	6,74	0,99	0,329
polpa L*periodo4	-12,39	6,74	-1,84	0,076
polpa A*periodo5	-6,71	6,74	-1,00	0,327
polpa L*periodo5	-1,84	6,74	-0,27	0,786

Tabela 16 - Média e desvio-padrão de coroma por período e tratamento

Tratamento	Período									
	1		14		28		42		56	
A	24,74	(3,17)	29,20	(1,11)	57,54	(0,27)	56,26	(0,74)	57,38	(0,05)
C	34,60	(1,14)	33,49	(0,95)	38,12	(0,99)	39,09	(3,85)	41,66	(1,85)
L	41,33	(1,03)	40,67	(0,13)	69,66	(1,13)	68,79	(0,09)	70,71	(0,37)

Tabela 17 - Valores estimados pelo modelo linear para a variável coroma para cada tratamento e período

período	C	A	L
1	34,04	24,74	41,00
14	34,04	29,20	41,00
28	39,62	57,06	69,72
42	39,62	57,06	69,72
56	39,62	57,06	69,72

Tabela 18 - Média e desvio-padrão de Hue por período e tratamento

Tratamento	Período									
	1		14		28		42		56	
A	78,73	(0,36)	79,06	(0,19)	82,66	(0,07)	82,59	(0,10)	83,05	(0,13)
C	74,16	(0,27)	73,82	(0,20)	75,47	(0,04)	76,08	(0,34)	76,79	(0,26)
L	76,77	(0,08)	76,95	(0,23)	81,43	(0,19)	81,78	(0,20)	81,82	(0,11)

Tabela 19 - Valores estimados pelo modelo linear para a variável Hue para cada tratamento e período

período	C	A	L
1	73,99	78,89	76,86
14	73,99	78,89	76,86
28	75,47	82,76	81,67
42	76,08	82,76	81,67
56	76,79	82,76	81,67

Tabela 20 - Média e desvio-padrão de L* por período e tratamento

Tratamento	Período									
	1		14		28		42		56	
A	44,96	(2,11)	48,90	(1,15)	56,78	(0,20)	55,99	(0,65)	56,02	(0,28)
C	41,32	(0,56)	41,11	(0,18)	44,31	(0,79)	42,99	(1,26)	45,20	(0,75)
L	53,56	(0,71)	54,73	(0,19)	53,81	(1,19)	54,40	(0,20)	53,62	(0,32)

Tabela 21 - Valores estimados pelo modelo linear para a variável L* para cada tratamento e período

Período	C	A	L
1	41,22	44,96	54,02
14	41,22	48,90	54,02
28	44,17	56,26	54,02
42	44,17	56,26	54,02
56	44,17	56,26	54,02

Tabela 22 - Média e desvio-padrão de pH por período e tratamento

Tratamento	Período				
	1	14	28	42	56
A	4,01 (0,03)	4,02 (0,01)	3,98 (0,02)	4,11 (0,03)	4,08 (0,05)
C	3,73 (0,03)	3,78 (0,02)	3,72 (0,01)	3,81 (0,00)	3,85 (0,02)
L	3,72 (0,02)	3,78 (0,05)	3,73 (0,04)	3,81 (0,01)	3,77 (0,03)

Tabela 23 - Valores estimados pelo modelo linear para a variável pH para cada tratamento e período

período	C	A	L
1	3,72	4,00	3,72
14	3,72	4,04	3,77
28	3,72	4,00	3,72
42	3,81	4,08	3,81
56	3,81	4,08	3,81

Tabela 24 - Média e desvio-padrão de atividade de água (Aa) por período e tratamento

Tratamento	Período				
	1	14	28	42	56
A	0,33 (0,00)	0,30 (0,00)	0,33 (0,01)	0,32 (0,01)	0,33 (0,00)
C	0,96 (0,01)	0,94 (0,00)	0,94 (0,01)	0,95 (0,00)	0,95 (0,00)
L	0,13 (0,03)	0,14 (0,01)	0,18 (0,02)	0,23 (0,02)	0,23 (0,01)

Tabela 25 - Valores estimados pelo modelo linear para a variável Aa para cada tratamento e período

período	C	A	L
1	0,95	0,32	0,14
14	0,95	0,32	0,14
28	0,95	0,32	0,18
42	0,95	0,32	0,23
56	0,95	0,32	0,23

Tabela 26 - Média e desvio-padrão de Sólidos solúveis totais (TSS) (°Brix) por período e tratamento

Tratamento	Período				
	1	14	28	42	56
A	55,93 (0,81)	56,47 (2,19)	56,53 (0,70)	57,53 (1,30)	57,80 (0,53)
C	9,83 (0,59)	8,40 (0,20)	10,70 (0,10)	10,37 (0,80)	10,20 (0,35)
L	29,33 (1,72)	25,80 (0,00)	27,07 (1,03)	28,60 (0,20)	27,07 (0,42)

Tabela 27 - Valores estimados pelo modelo linear para a variável TSS para cada tratamento e período

período	C	A	L
1	9,90	56,85	29,33
14	9,90	56,85	27,13
28	9,90	56,85	27,13
42	9,90	56,85	27,13
56	9,90	56,85	27,13

Tabela 28 - Média e desvio-padrão de Acidez titulável (AT) (ácido cítrico/100g) por período e tratamento

Tratamento	Período				
	1	14	28	42	56
A	0,98 (0,02)	1,17 (0,01)	1,20 (0,01)	1,12 (0,02)	1,12 (0,01)
C	0,79 (0,00)	0,80 (0,02)	0,81 (0,01)	0,76 (0,01)	0,77 (0,01)
L	1,72 (0,16)	2,13 (0,02)	2,13 (0,01)	2,06 (0,01)	2,06 (0,02)

Tabela 29 - Valores estimados pelo modelo linear para a variável AT para cada tratamento e período

período	C	A	L
1	0,79	0,98	1,72
14	0,79	1,15	2,09
28	0,79	1,15	2,09
42	0,79	1,15	2,09
56	0,79	1,15	2,09

Tabela 30 - Média e desvio-padrão de quantidade de carotenoides ($\mu\text{g/g}$) por período e tratamento

Tratamento	Período				
	1	14	28	42	56
A	256,93 (40,71)	214,94 (14,05)	221,78 (33,66)	152,71 (15,86)	130,83 (41,44)
C	829,17 (76,63)	814,2 (42,02)	935,42 (15,70)	904,57 (74,89)	683,02 (40,06)
L	546,63 (46,22)	723,71 (41,08)	812,86 (53,55)	755,71 (22,23)	716,42 (73,46)

Tabela 31 - Valores estimados pelo modelo linear para a variável carotenoides para cada tratamento e período

Período	C	A	L
1	821,68	231,22	546,63
14	821,68	231,22	752,18
28	920,00	231,22	752,18
42	920,00	141,77	752,18
56	683,02	141,77	752,18

Tabela 32 - Média e desvio-padrão de quantidade de compostos fenólicos (mgGAE/100g) por período e tratamento

Tratamento	Período				
	1	14	28	42	56
A	86,90 (6,83)	61,71 (1,16)	59,23 (7,66)	70,03 (5,65)	69,97 (3,42)
C	84,91 (4,70)	45,40 (4,82)	41,62 (3,22)	61,35 (3,46)	74,69 (9,44)
L	100,39 (4,22)	69,63 (8,46)	67,55 (2,43)	64,43 (8,09)	88,32 (6,58)

Tabela 33 - Valores estimados pelo modelo linear para a variável Compostos Fenólicos para cada tratamento e período

Período	C	A	L
1	85,91	85,91	100,39
14	43,51	66,51	66,51
28	43,51	66,51	66,51
42	66,51	66,51	66,51
56	66,51	66,51	88,32