



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA E RECURSOS  
NATURAIS DA AMAZÔNIA  
MESTRADO EM BIOTECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**STHÉFANNY CAROLINE MENDES AZEVEDO**

**ESTUDO DO POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DA POLPA DE TUCUMÃ  
(*Astrocaryum aculeatum*) *IN NATURA* E DA CONSERVAÇÃO DAS SUAS  
PROPRIEDADES NUTRICIONAIS EM EMBALAGENS A VÁCUO**

**MANAUS  
2016**

**SHÉFANNY CAROLINE MENDES AZEVEDO**

**ESTUDO DO POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DA POLPA DE TUCUMÃ  
(*Astrocaryum aculeatum*) *IN NATURA* E DA CONSERVAÇÃO DAS SUAS  
PROPRIEDADES NUTRICIONAIS EM EMBALAGENS A VÁCUO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biotecnologia e Recursos Naturais da Amazônia da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestra em Biotecnologia e Recursos Naturais.

**Orientadora: Profa. Dra. Patrícia Melchionna Albuquerque**  
**Co-orientador: Prof. Dr. Takeshi Matsuura**

**MANAUS**  
**2016**

**SHÉFANNY CAROLINE MENDES AZEVEDO**

**ESTUDO DO POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DA POLPA DE TUCUMÃ  
(*Astrocaryum aculeatum*) IN NATURA E DA CONSERVAÇÃO DAS SUAS  
PROPRIEDADES NUTRICIONAIS EM EMBALAGENS A VÁCUO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biotecnologia e Recursos Naturais da Amazônia da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestra em Biotecnologia e Recursos Naturais.

Data da aprovação: 30 de junho de 2016.

Banca Examinadora:

---

Profa. Dra. Patrícia Melchionna Albuquerque  
Universidade do Estado do Amazonas

---

Profa. Dra. Érica Simplício de Souza  
Universidade do Estado do Amazonas

---

Prof. Dr. Patrick Gomes de Souza  
Universidade Federal do Amazonas

**MANAUS  
2016**

Dedico este trabalho ao meu filho  
Luiz Gustavo, que esteve ao meu  
lado em toda essa caminhada.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por nunca ter deixado faltar saúde, força e amor na minha vida;

Ao meu filho, Luiz Gustavo Azevedo Brilhante, por existir e ser a razão do meu viver;

Ao meu pai, Franklin Queiroz Azevedo, por ter coletado os frutos para que esse trabalho pudesse ser realizado;

À minha mãe, Clélia Brasília Mendes Azevedo, e irmão, Maxwell Franklin Mendes Azevedo, por terem cuidado do meu filho nos momentos que eu precisei;

À minha orientadora, professora Patrícia Melchionna Albuquerque, por todo o auxílio, confiança e palavras de incentivo;

Ao meu co-orientador, professor Takeshi Matsuura, pelos ensinamentos repassados, sempre com boa vontade e paciência;

À aluna Luana Maquiné Vieira, pela ajuda no despulpamento dos frutos, parte tão trabalhosa desse trabalho, bem como pela ótima companhia durante as análises;

Aos professores e amigos Sergio Duvoisin Junior, Geverson Façanha da Silva e Rafael Lopes e Silva, por todo ensinamento, carinho e bom humor;

Ao professor e amigo Cleiton Fantin Rezende, por ter depositado confiança em mim para ministrar a sua disciplina de Genética, como estágio em docência;

Ao colega Remigio Cenepo Escobar, por toda a paciência em repassar seus conhecimentos e pela adorável companhia no laboratório;

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Biotecnologia e Recursos Naturais da Amazônia, pelas excelentes aulas ministradas;

Ao meu chefe imediato, coordenador do curso de Engenharia Química da UEA, professor Clairon Lima Pinheiro, pela compreensão nos momentos em que precisei me ausentar do trabalho para realizar análises do mestrado;

E a todos os amigos que colaboraram com o sucesso dessa fase da minha vida.

Muito obrigada!

## RESUMO

O tucumã, também conhecido como tucumã do Amazonas, comumente encontrado na Região Amazônica, é o fruto oriundo da palmeira *Astrocaryum aculeatum*, e apresenta potencial econômico local. Caracteriza-se como um pouco ácido, com baixos teores de açúcar, alto teor de  $\beta$ -caroteno e alto valor energético. Dada a pequena quantidade de estudos sobre a manutenção das suas características nutricionais e a viabilidade biotecnológica do mesmo, neste trabalho foi realizada a triagem fitoquímica e avaliação de quercetina dos extratos hexânico e metanólico da polpa, avaliando-se a atividade antioxidante do extrato metanólico, bem como a atividade de proteção solar e atividade antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Candida albicans*, dos extratos metanólico e hexânico da polpa. Também foi verificada a conservação das propriedades nutricionais da polpa de tucumã *in natura*, a partir da utilização de embalagem a vácuo, sob temperaturas de congelamento e resfriamento, bem como a conservação do potencial antioxidante do extrato metanólico durante o armazenamento. As embalagens foram armazenadas sob temperatura de congelamento e resfriamento, executando-se, em 0, 10, 30, 60, 90, 120 e 150 dias, análises de umidade, cinzas, pH, acidez, extrato etéreo,  $\beta$ -caroteno, vitamina A, energia, crescimento de coliformes e *Salmonella* e atividade antioxidante pelo método do sequestro do radical DPPH•. Constatou-se a presença de flavonoides, taninos, alcaloides e saponinas no extrato metanólico, alcaloides e esteroides no extrato hexânico, bem como notável atividade antioxidante através do sequestro de radicais DPPH• e sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico. Não foi constatada a presença de quercetina nos extratos metanólico e hexânico da polpa de tucumã. Foi verificado FPS de 5,65 no extrato metanólico e ausência de atividade de proteção solar no extrato hexânico. A polpa de tucumã não apresentou atividade antimicrobiana contra as cepas avaliadas. Na conservação gerada pela embalagem a vácuo associada às temperaturas de congelamento e resfriamento foi constatado que os valores de umidade, cinzas, pH,  $\beta$ -caroteno e vitamina A são conservados pela utilização de embalagem a vácuo, em temperatura de congelamento ou resfriamento, durante 5 meses de armazenamento; a acidez é conservada somente em embalagens a vácuo sob congelamento, por apenas 10 dias; os valores de extrato etéreo são conservados durante 3 meses de congelamento e 1 mês de resfriamento; e a energia contida na polpa é conservada por 2 meses sob congelamento e 10 dias sob resfriamento. Não foi detectada presença de coliformes e *Salmonella* durante 5 meses de armazenamento, em amostras congeladas ou resfriadas; e a atividade antioxidante se manteve conservada durante 2 meses em amostras congeladas e não houve conservação em amostras resfriadas. Com este trabalho foi possível concluir que a polpa de tucumã possui um elevado potencial biotecnológico para as indústrias farmacêutica, cosmética e de alimentos, já que possui significativa atividade antioxidante; a utilização de embalagens a vácuo sob congelamento é mais eficiente na conservação das suas propriedades nutricionais em comparação com a temperatura de resfriamento.

**Palavras-chave:** tucumã, *Astrocaryum aculeatum*, Biotecnologia, Fitoquímica, antioxidante, proteção solar, FPS, antimicrobiana, conservação, vácuo.

## ABSTRACT

The tucumã, also known as tucumã of the Amazonas, commonly found in the Amazon region, is a fruit derived from the *Astrocaryum aculeatum* palm tree, which presents local economic potential. It is characterized as a slightly acid, low sugar, high  $\beta$ -carotene, and high energy fruit. Given the small number of studies regarding the maintenance of its nutritional characteristics and its biotechnological feasibility, in this work it was performed the phytochemical screening and the quercetin analysis in hexanic and methanolic pulp extracts. It was evaluated the antioxidant activity of methanolic extract, as well as the solar protection activity and antimicrobial activity of methanolic and hexanic extracts. It was also verified the conservation of the nutritional properties of tucumã pulp *in natura*, using vacuum packaging, under freezing and cooling temperatures. The conservation of the antioxidant potential of the methanolic extract during storage was also evaluated. The packs containing tucumã pulp were stored under freezing and cooling temperatures. After 0, 10, 30, 60, 90, 120 and 150 days, it was verified the content of moisture, ash, pH, acidity, ethereal extract,  $\beta$ -carotene, vitamin A, energy, microbiological growth (coliforms and *Salmonella*), and antioxidant activity. It was found the presence of flavonoids, tannins, alkaloids and saponins in the methanolic extract; alkaloids and steroids in the hexanic extract, and remarkable antioxidant activity for DPPH • scavenging and  $\beta$ -carotene/linoleic acid system. It was not found the presence of quercetin in the methanolic neither in the hexanic extract of tucumã pulp. It was found a 5.65 SPF in the methanolic extract, and the lack of sun protection activity in the hexanic extract. The tucumã pulp showed no antimicrobial activity against the tested pathogenic strains. Conservation promoted by the vacuum packaging associated with freezing and cooling temperatures showed that the values of moisture, ash, pH,  $\beta$ -carotene and vitamin A are retained by the use of vacuum packaging, in freezing or cooling temperatures for 5 months of storage; acidity is conserved in vacuum packages only in a freezer for 10 days; the ethereal extract values are kept for 3 months in a freezer, and 1 month when cooled; and the energy contained in the pulp is kept for 2 months under freezing, and for 10 days under cooling. It was not detected the presence of coliforms nor *Salmonella* during 5 months of storage in frozen and chilled samples; and the antioxidant activity remained preserved for 2 months for frozen samples, not being preserved in refrigerated samples. It can be concluded with this work that the tucumã pulp has a high biotechnological potential for the pharmaceutical, cosmetics and food industries, as it presents significant antioxidant activity. The use of vacuum packaging under freezing is more efficient for conserving the nutritional properties of tucumã pulp, when compared to the cooling temperature.

**Keywords:** tucumã, *Astrocaryum aculeatum*, Biotechnology, Phytochemistry, antioxidant, sunscreen, SPF, anti-microbial, conservation, vacuum.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distribuição de espécies <i>Astrocaryum</i> por países .....	16
Tabela 2 - Composição físico-química da polpa de tucumã determinada por Yuyama et al. (2008) e Flor et al. (2015).....	20

### CAPÍTULO I

Tabela 1 - Parâmetros para determinação de FPS <i>in vivo</i> .....	41
Tabela 2 - Resultado da triagem fitoquímica dos extratos da polpa de tucumã .....	42

### CAPÍTULO II

Tabela 1 - Variação da caracterização físico-química da polpa de tucumã em amostras congeladas. ....	68
Tabela 2 - Variação da caracterização físico-química da polpa de tucumã em amostras resfriadas .....	69
Tabela 3 - Presença de coliformes e <i>Salmonella</i> em amostras congeladas .....	73
Tabela 4 - Presença de coliformes e <i>Salmonella</i> em amostras resfriadas .....	73

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – <i>Astrocaryum aculeatum</i> .....	17
Figura 2 – Cachos de frutos de <i>Astrocaryum aculeatum</i> .....	18
Figura 3 – Frutos de tucumã maduros .....	19
Figura 4 – Estrutura química dos principais flavonoides .....	22
Figura 5 – Estrutura química dos taninos .....	24
Figura 6 – Estrutura química de alguns alcaloides .....	25
Figura 7 – Estrutura química de alguns carotenoides.....	26
Figura 8 – Estrutura química de um cardenólido.....	27
Figura 9 – Forma radicalar (1) e não radicalar (2) do 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH•) ....	28

### CAPÍTULO I

Figura 1 – Cromatogramas do padrão quercetina.....	45
Figura 2 – Cromatogramas do extrato metanólico da polpa de tucumã e do extrato metanólico com adição do padrão quercetina. ....	45
Figura 3 – Cromatogramas do extrato hexânico da polpa de tucumã e do extrato hexânico com adição do padrão quercetina .....	46
Figura 4 – Curva analítica da quercetina, utilizada para determinação da Concentração Eficiente (CE <sub>50</sub> ) .....	47
Figura 5 – Curva analítica do ácido ascórbico, utilizada para determinação da Concentração Eficiente (CE <sub>50</sub> ) .....	47
Figura 6 – Curva analítica do extrato metanólico da polpa de tucumã, utilizada para determinação da Concentração Eficiente (CE <sub>50</sub> )......	48
Figura 7 - Concentração Eficiente (CE <sub>50</sub> ) em µg/mL do extrato metanólico da polpa de tucumã e antioxidantes padrões.....	48
Figura 8 – Curva analítica da quercetina, utilizada para determinação da Concentração de Proteção (CP <sub>50</sub> )......	50
Figura 9 – Curva analítica do extrato metanólico da polpa de tucumã, utilizada para determinação da Concentração de Proteção (CP <sub>50</sub> )......	50
Figura 10 - Concentração de Proteção (CP <sub>50</sub> ) em µg/mL do extrato metanólico da polpa de tucumã e o antioxidante padrão quercetina. ....	51
Figura 11 - Espectros de absorção dos extratos metanólico e hexânico da polpa de tucumã ..	52

Figura 12 - Resultado do ensaio da atividade antimicrobiana dos extratos da polpa de tucumã contra <i>Staphylococcus aureus</i> (1), <i>Escherichia coli</i> (2), <i>Pseudomonas aeruginosa</i> (3) e <i>Candida albicans</i> (4).....	53
--	----

## **CAPÍTULO II**

Figura 1 - Curva analítica do padrão $\beta$ -caroteno .....	72
Figura 2 - Variação de CE <sub>50</sub> em amostras congeladas.....	75
Figura 3 - Variação de CE <sub>50</sub> em amostras resfriadas.....	75

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIACOES

AA%	Porcentagem do sequestro de radicais livres
APHA	American Public Health Association
APPC	Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
CLAE	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
CE <sub>50</sub>	Concentrao Eficiente a 50%
CP <sub>50</sub>	Concentrao de Proteo a 50%
DNA	cido Desoxirribonucléico
DPPH•	2,2-Difenil-1-picril-hidrazil
ERMO	Espécies Reativas do Metabolismo do Oxignio
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FPS	Fator de Proteo Solar
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power
IAL	Instituto Adolfo Lutz
LIA	gar Lisina Ferro
NMP	Número Mais Provável
ORAC	Oxygen Radical Absorbance Capacity
TSI	Tríplice Aar e Ferro
TTC	Cloreto de 2,3,5-trifeniltetrazlico
UFC	Unidade Formadora de Colnia

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	16
2.1 O GÊNERO <i>Astrocaryum</i> .....	16
2.2A ESPÉCIE <i>Astrocaryum aculeatum</i> . .....	17
<b>2.2.1 Comércio do Fruto</b> .....	19
<b>2.2.2 Composição da Polpa</b> .....	20
2.3 POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DA POLPA DE TUCUMÃ .....	21
<b>2.3.1 Metabolismo Secundário e Benefícios à Saúde</b> .....	21
<b>2.3.2 Atividade Antioxidante</b> .....	27
<b>2.3.3 Proteção Solar</b> .....	29
<b>2.3.4 Atividade Antimicrobiana</b> .....	30
2.4 CONSERVAÇÃO DA POLPA DE TUCUMÃ .....	30
<b>2.4.1 Processamento a Vácuo</b> .....	30
<b>2.4.2 Qualidade Microbiológica</b> .....	31
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	33
3.1 GERAL .....	33
3.2 ESPECÍFICOS .....	33
<b>CAPÍTULO I</b> .....	34
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	36
<b>2 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	37
<b>2.1 Coleta da Matéria-prima</b> .....	37
<b>2.2 Obtenção da Polpa de Tucumã</b> .....	37
<b>2.3 Obtenção dos Extratos da Polpa de Tucumã</b> .....	37
<b>2.4 Triagem Fitoquímica</b> .....	38
<b>2.5 Análise de Quercetina</b> .....	38
<b>2.6 Atividade Antioxidante – Sequestro do DPPH•</b> .....	39
<b>2.7 Atividade Antioxidante – <math>\beta</math>-caroteno/ácido linoléico</b> .....	39
<b>2.8 Fator de Proteção Solar (FPS)</b> .....	41
<b>2.9 Atividade Antimicrobiana</b> .....	41
<b>2.10 Análise Estatística</b> .....	42

<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	42
<b>3.1 Triagem Fitoquímica</b> .....	42
<b>3.2 Análise de Quercetina</b> .....	44
<b>3.3 Atividade Antioxidante – Sequestro do DPPH•</b> .....	46
<b>3.4 Atividade Antioxidante – <math>\beta</math>-caroteno/ácido linoléico</b> .....	49
<b>3.5 Fator de Proteção Solar (FPS)</b> .....	51
<b>3.6 Atividade Antimicrobiana</b> .....	52
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	54
<b>5 REFERÊNCIAS</b> .....	55
<b>CAPÍTULO II</b> .....	59
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	61
<b>2 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	62
<b>2.1 Coleta da Matéria-prima</b> .....	62
<b>2.2 Obtenção da Polpa de Tucumã</b> .....	62
<b>2.3 Armazenamento</b> .....	63
<b>2.4 Caracterização Físico-Química</b> .....	63
2.4.1 <u>Umidade</u> .....	63
2.4.2 <u>Cinzas</u> .....	63
2.4.3 <u>pH</u> .....	64
2.4.4 <u>Acidez</u> .....	64
2.4.5 <u>Extrato Etéreo</u> .....	64
2.4.6 <u><math>\beta</math>-caroteno</u> .....	65
2.4.7 <u>Vitamina A</u> .....	65
2.4.8 <u>Energia</u> .....	65
2.4.9 <u>Presença de Coliformes</u> .....	66
2.4.10 <u>Presença de <i>Salmonella</i></u> .....	66
2.4.11 <u>Atividade Antioxidante</u> .....	67
<b>2.5 Análise Estatística</b> .....	68
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	68
<b>3.1 Caracterização Físico-Química</b> .....	68
<b>3.2 Presença de Coliformes e <i>Salmonella</i></b> .....	73
<b>3.3 Atividade Antioxidante</b> .....	74
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	76

**5 REFERÊNCIAS ..... 77**

**5 CONCLUSÃO GERAL ..... 81**

**6 REFERÊNCIAS ..... 82**

## INTRODUÇÃO

A Amazônia é rica em frutas que possuem potencial econômico local (BRAGA et al., 2010). Entre estas, destaca-se o tucumã, também conhecido como tucumã-do-amazonas, tucumã-açu e jabarana (COSTA; LEEUWEN, 2004), caracterizando-se como um fruto suculento, pouco ácido, com baixos teores de açúcar, alto de teor de  $\beta$ -caroteno e alto valor energético (YUYAMA et al., 2008). O fruto é oriundo da palmeira *Astrocarium aculeatum*, o tucumanzeiro, sendo sua polpa comumente comercializada em feiras regionais e no comércio de alimentos, como ingrediente de sanduíches, tapiocas, pizzas e sorvetes. Também, da polpa e sementes podem ser extraídos óleos comestíveis que podem ser empregados na suplementação alimentar humana ou na produção de ração animal (RAMOS et al., 2009).

Contendo grande quantidade de lipídios, energia e  $\beta$ -caroteno, o tucumã é um fruto de interesse biotecnológico, podendo ser utilizado para a produção de biodiesel (BARROSO et al., 2013) e agroenergia (FAPEAM, 2012), bem como para fins farmacológicos e cosméticos. Neste último, a grande quantidade de  $\beta$ -caroteno relaciona-se com o potencial antioxidante do fruto, e a grande quantidade de lipídios com o potencial fotoprotetor, uma vez que fotoprotetores caracterizam-se pela resistência à água (MILESI; GUTERRES, 2002). Estudos também apontam potencial antimicrobiano da polpa de tucumã (JOBIM et al., 2014).

Na região onde o tucumã é comercializado, é comum encontrar sua polpa armazenada inadequadamente, o que diminui sua vida-de-prateleira, esta que é entendida como o período de tempo mínimo para que um alimento se torne inaceitável nos quesitos nutricional, de segurança e sensorial. Do ponto de vista da indústria alimentar, a vida-de-prateleira de um alimento relaciona-se com a perda da qualidade do mesmo, já para os consumidores, este prazo de validade está mais relacionado com o sabor aceitável do produto (LABUZA; FU, 1993).

Sabe-se que é de fundamental importância para qualidade microbiológica e segurança alimentar, que nos estabelecimentos onde se processam os frutos haja qualidade de água, instrumentos, instalações físicas, processamento, armazenamento, bem como na qualidade no treinamento dos manipuladores (PINHEIRO et al., 2005). Infelizmente esta não é a atual realidade na manipulação da polpa de tucumã na cidade de Manaus. Em 2011, uma pesquisa publicada em jornal local de grande circulação relatou presença de coliformes fecais em todas as amostras de polpa de tucumã coletadas nas feiras na cidade, indicando falta de higiene e manuseio incorreto do produto (SILVA, 2011).

Apesar do problema com a manipulação, a polpa de tucumã é considerada um alimento funcional, tratando-se de um fruto que fornece benefícios para a saúde, além dos nutrientes necessários para o organismo. Um exemplo de substância funcional presente em alimentos é o  $\beta$ -caroteno, precursor da vitamina A, um antioxidante natural envolvido na prevenção de doenças cardíacas (SANDERS, 1998), presente em grande concentração na polpa do tucumã. A deficiência de vitamina A foi relatada como um problema de saúde pública nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Pernambuco, Paraíba, Ceará, Bahia e Amazonas (RAMALHO et al., 2002; BRASIL, 2013), podendo o tucumã, ser uma alternativa no combate a tal problema. Adicionalmente, o tucumã também pode servir como fonte de energia no combate a carências nutricionais (YUYAMA et al., 2008).

Pelo fato de o tucumã ser um fruto sazonal, em determinados períodos do ano a sua demanda é maior que a oferta, e, não havendo padronização de um método de conservação em longo prazo, em certos períodos torna-se difícil e custosa sua comercialização, influenciando, além de consumidores isolados, os empreendedores do comércio de alimentos regionais do Estado.

Com o exposto, entende-se que é necessário um estudo aprofundado a respeito das propriedades biotecnológicas da polpa de tucumã, bem como ser desenvolvido um método de conservação, a fim de que a grande quantidade de tucumã colhida na época de safra não venha a ser descartada devido a sua deterioração, havendo a preservação das ótimas qualidades nutricionais que este alimento funcional possui.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O GÊNERO *Astrocaryum*

As palmeiras (Arecaceae) têm grande importância nos trópicos, por serem plantas abundantes nessas regiões, fornecendo produtos que colaboraram com a subsistência de povos indígenas e, atualmente, possuem importância no mercado mundial, como por exemplo, para produção de biodiesel, cosméticos e na alimentação (CLEMENT et al., 2005).

O gênero *Astrocaryum* é composto por 40 espécies de palmeiras, comumente encontradas em ecossistemas tropicais da América do Sul e em florestas da América Central, distribuídas em 12 países e bem representadas no Peru, Colômbia, Guianas e Brasil, tendo este último 26 espécies (Tabela 1). São plantas com tamanhos diferentes, variando desde enormes palmeiras no dossel da floresta a pequenas palmeiras na vegetação semi-árida (KAHN, 2008).

Tabela 1. Distribuição de espécies de *Astrocaryum* por países.

<b>País</b>	<b>Espécies</b>
Brasil (26 espécies)	<i>Astrocaryum acaule</i> , <i>A. aculeatum</i> , <i>A. aculeatissimum</i> , <i>A. arenarium</i> , <i>A. campestre</i> , <i>A. chambira</i> , <i>A. echinatum</i> , <i>A. faranae</i> , <i>A. farinosum</i> , <i>A. ferrugineum</i> , <i>A. giganteum</i> , <i>A. gynacanthum</i> , <i>A. huaimi</i> , <i>A. jauari</i> , <i>A. javarense</i> , <i>A. kewense</i> , <i>A. minus</i> , <i>A. murumuru</i> , <i>A. paramaca</i> , <i>A. pygmaeum</i> , <i>A. rodriguesii</i> , <i>A. sociale</i> , <i>A. sciophilum</i> , <i>A. ulei</i> , <i>A. vulgare</i> , <i>A. weddellii</i> .
Peru (14 espécies)	<i>Astrocaryum carnosum</i> , <i>A. chambira</i> , <i>A. chonta</i> , <i>A. faranae</i> , <i>A. gratum</i> , <i>A. gynacanthum</i> , <i>A. huaimi</i> , <i>A. huicungo</i> , <i>A. jauari</i> , <i>A. javarense</i> , <i>A. macrocalyx</i> , <i>A. perangustatum</i> , <i>A. scopatum</i> , <i>A. urostachys</i> .
Colômbia (11 espécies)	<i>Astrocaryum acaule</i> , <i>A. ciliatum</i> , <i>A. chambira</i> , <i>A. cuatrecasanum</i> , <i>A. ferrugineum</i> , <i>A. gynacanthum</i> , <i>A. malybo</i> , <i>A. macrocalyx</i> , <i>A. standleyanum</i> , <i>A. triandrum</i> , <i>A. urostachys</i> .
Guiana (9 espécies)	<i>Astrocaryum aculeatum</i> , <i>A. farinosum</i> , <i>A. gynacanthum</i> , <i>A. jauari</i> , <i>A. murumuru</i> , <i>A. paramaca</i> , <i>A. rodriguesii</i> , <i>A. sciophilum</i> , <i>A. vulgare</i> .
Suriname (9 espécies)	<i>Astrocaryum aculeatum</i> , <i>A. farinosum</i> , <i>A. gynacanthum</i> , <i>A. jauari</i> , <i>A. murumuru</i> , <i>A. paramaca</i> , <i>A. rodriguesii</i> , <i>A. sciophilum</i> , <i>A. vulgare</i> .
Venezuela (6 espécies)	<i>Astrocaryum acaule</i> , <i>A. aculeatum</i> , <i>A. chambira</i> , <i>A. gynacanthum</i> , <i>A. jauari</i> , <i>A. murumuru</i> .
Equador (4 espécies)	<i>Astrocaryum chambira</i> , <i>A. jauari</i> , <i>A. standleyanum</i> , <i>A. urostachys</i> .

Fonte: Adaptada de Kahn (2008).

Alguns trabalhos relatam o uso de espécies de *Astrocaryum* em diferentes aplicações. A farinha do resíduo da espécie *Astrocaryum vulgare* pode servir como componente de rações de galinhas poedeiras comerciais (MILLER et al., 2013). Os frutos da espécie *Astrocaryum jauari* também servem como fonte de alimento para uma variedade de peixes da Região Amazônica, como pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) (PIEIDADE, 2006). Estudos de Rocha e Potiguara (2007), apontaram que as características das fibras de *Astrocaryum murumuru* são favoráveis ao seu potencial econômico na indústria de papel. O óleo extraído de palmeiras do gênero *Astrocaryum* também é alvo de pesquisas na área de cosméticos (CLEMENT et al., 2005). Ainda, tais óleos podem servir como fonte de energia alternativa, devido o seu elevado valor calórico (LIRA et al., 2013).

## 2.2A ESPÉCIE *Astrocaryum aculeatum*

A espécie *Astrocaryum aculeatum* G. Mey, *Astrocaryum aculeatum* Meyer ou *Astrocaryum tucuma* Martinus, está distribuída na região central da bacia amazônica, nos seguintes países: Bolívia, Guiana, Suriname, Trinidad, Venezuela e Brasil, sendo, neste último, encontrada nos estados de Amazonas, Acre, Pará, Rondônia e Roraima (KAHN, 2008).

Trata-se de uma palmeira grande, com estipe solitário (Figura 1), abundante na região de Manaus, crescente em solo de terra firme (MOUSSA; KAHN, 1997). A altura do monocaule espinhoso mede, em média, 20 m e o diâmetro 30 cm. As folhas variam de 6 a 15 e são espinhosas, com flores pistiladas e frutos subglobosos a ovoides, com tamanho de 4-5 por 6-7 cm (HENDERSON; SCARIOT, 1993).

Figura 1 – *Astrocaryum aculeatum*.



Fonte: própria, 2016.

Seu período de floração vai de julho a janeiro e o de frutificação (época de safra) de fevereiro a agosto, com máxima em abril. Ainda, há considerável frutificação entre outubro e novembro (entressafra), mas sempre são encontradas plantas produzindo frutos fora de período. Cada árvore produz uma média de quatro cachos por ano (Figura 2), com 240 frutos por cacho (MOUSSA; KAHN, 1997). Os frutos pesam, em média, 45 gramas, com cerca de 25% de polpa e 50% de matéria seca (FAO, 1986).

Figura 2 – Cachos de frutos de *Astrocaryum aculeatum*.



Fonte: própria, 2016.

A frutificação é tardia, estando a planta, em média, com 7 anos e 6 a 9 m de altura. Na natureza, seu fruto é consumido por diversos animais, sendo a cutia (*Dasyprocta aguti*) a principal dispersora da espécie, uma vez que enterra algumas sementes de tucumã para consumir posteriormente, entre as quais muitas germinam e dão origem a novos tucumanzeiros (COSTA; LEEUWEN, 2004). A retirada dos cachos das árvores para utilização humana geralmente é feita utilizando uma foice acoplada em cabo de madeira (RAMOS et al., 2009).

O crescimento lento e a frutificação tardia implicam na dificuldade no cultivo, sendo as coletas feitas a partir de árvores silvestres, as quais comumente são deixadas no terreno devastado pelo homem (FAO, 1986). Pela escassez de material para plantio, a queima controlada também é utilizada por alguns agricultores para induzir a germinação de sementes de tucumã enterradas por cutias, no solo (SCHROTH et al., 2004).

### 2.2.1 Comércio do Fruto

O fruto é comercializado *in natura* em dúzia ou cento, ou processado pelos próprios comerciantes locais, sendo sua polpa vendida por peso. De abril de 2011 a maio de 2012, o valor médio do saco de tucumã vendido nas feiras da cidade de Manaus, no atacado, foi de 80,00 reais, e no varejo o valor médio da dúzia foi de 3,00 reais e 30,00 reais o quilo da polpa, sendo os principais fornecedores do fruto os municípios de Itacoatiara/AM, Autazes/AM, Rio Preto da Eva/AM, Terra Santa /PA, Barreirinha/AM e Careiro Castanho/AM (DIDONET; FERRAZ, 2014).

Os frutos coletados verdes maturam entre seis a sete dias (Figura 3) e são transportados para a cidade de Manaus através de transporte aquático ou terrestre (MOUSSA; KAHN, 1997). Após o amadurecimento, os frutos devem ser consumidos dentro de quatro dias, pois secam e apodrecem após esse período (FAO, 1986).

Figura 3 – Frutos de tucumã maduros.



Fonte: própria, 2015.

Na época da entressafra, quando a demanda do fruto disponível no mercado é menor, o preço do produto aumenta mais de 50% no comércio da cidade de Manaus, tendendo a elevar-se cada vez mais pelo fato de a oferta restrita ao estoque natural não suprir a demanda. Paralelamente, existem consumidores que alegam não consumir o fruto na época da entressafra em virtude do seu sabor não ser tão apetitoso quando ao da safra (COSTA; LEEUWEN, 2004; DIDONET; FERRAZ, 2014).

A polpa do tucumã é consumida *in natura*, no café da manhã, acompanhada de farinha de mandioca ou com pão, em forma de sanduíche de tucumã (MOUSSA; KAHN, 1997). Ainda, a polpa pode ser consumida em forma de sucos e sorvete (KAHN, 2008). O comércio de tucumã-do-amazonas tem demanda crescente junto com estabelecimentos que têm produtos alimentícios tradicionais da região como principal atrativo (CLEMENT et al., 2005).

Ao se obter a polpa de tucumã, a mesma deve ser consumida em um dia sob temperatura ambiente ou em uma semana sob refrigeração (SCHROTH et al., 2004). Porém, a realidade no comércio da polpa do fruto é bem diferente do que é recomendado por estudos científicos. Na cidade de Manaus já se pôde verificar polpa de tucumã, utilizada como recheio de pães, sendo armazenada em embalagens sem tampa, junto com outros alimentos, suscetível à contaminação (SILVA, 2011).

### 2.2.2 Composição da Polpa

O tucumã apresenta baixa acidez e níveis de carboidrato, e alto teor de lipídios, o que implica no sabor suavemente adocicado do fruto. A quantidade de proteínas contida na polpa de tucumã é relativamente baixa, pelo fato de se tratar de um fruto oleaginoso. Os lipídios têm grande importância no fornecimento de energia, contribuindo com 80% das calorias, enquanto que os carboidratos contribuem com 12% e as proteínas com 4%. Ainda, os lipídios também contêm e facilitam a absorção de carotenóides, responsáveis pela cor amarelada do fruto e ingestão de pró-vitamina A (FLOR et al., 2015).

Estudos de Yuyama et al. (2008) e Flor et al. (2015) demonstraram que a caracterização físico-química da polpa de tucumã segue o descrito na Tabela 2.

Tabela 2. Composição físico-química da polpa de tucumã determinada por Yuyama et al. (2008) e Flor et al. (2015).

Componente	Quantidade	
	Yuyama et al. (2008)	Flor et al. (2015).
Umidade	48,46 ± 0,48 %	40,7 ± 5,1 g 100g <sup>-1</sup>
pH	5,89 ± 0,10	6,1
Acidez	0,32 % ± 0,00	0,6 ± 0,1 %
Açúcares totais	1,99 ± 0,03 %	-
Proteínas	3,51 %	3,7 ± 0,1 g 100g <sup>-1</sup>
Lipídios	32,29 ± 0,33 %	37,4 ± 2,7 g 100g <sup>-1</sup>
Carboidratos	14,48 ± 0,40 %	12,1 g 100g <sup>-1</sup>

Energia	362,57 ± 1,41 kcal.100 g <sup>-1</sup>	399,7 kcal/g
Cinzas	1,26 ± 0,09 %	1,9 ± 0,2 g 100g <sup>-1</sup>
β-caroteno	10286,38 ± 717,84 μg.100 g <sup>-1</sup>	-
Vitamina A	857,20 ± 59,82 84 μg.100 g <sup>-1</sup>	-
Carotenoides totais	-	7,4 ± 1,2 mg 100g <sup>-1</sup>

Fonte: Adaptada de Yuyama et al. (2008) e Flor et al. (2015).

A FAO, em 1986, descreveu a polpa de tucumã como tendo 3,5 mg de caroteno para cada 100 g de polpa, inferindo que em frutos com cor laranja mais forte, o teor de caroteno tende a ser maior. De Rosso e Mercadante (2007) verificaram a presença de mais de dez tipos de carotenoides diferentes em frutos de tucumã, com concentração total de 62,65 μg/g. Tais estudos utilizaram amostras coletadas de locais distintos dentro da Região Amazônica, sendo possível observar diferenças na caracterização físico-química das polpas de tucumã relatadas pelos mesmos, principalmente na quantidade de carotenoides.

A polpa de tucumã também apresenta outros metabólitos secundários como alcaloides, e compostos fenólicos como flavonoides e taninos, sendo constatada a presença de ácido gálico, ácido clorogênico, ácido cafeico, rutina e quercetina. Os flavonoides são encontrados em maior quantidade, seguidos de taninos e alcaloides (SAGRILLO et al., 2015).

## 2.3 POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DA POLPA DE TUCUMÃ

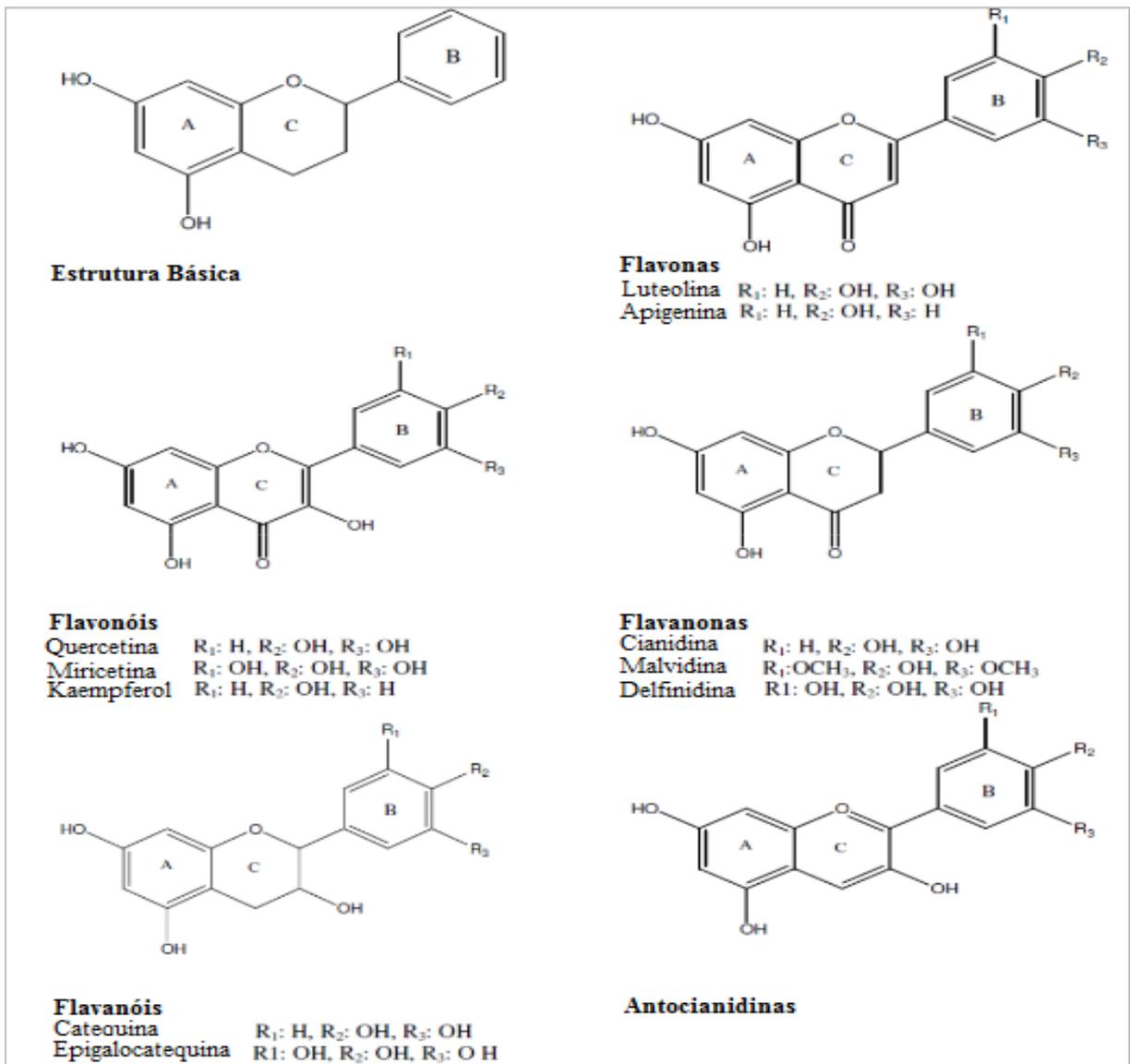
### 2.3.1 Metabolismo Secundário e Benefícios à Saúde

Enquanto os metabólitos primários são produzidos pelas plantas para função estrutural e de armazenamento de energia (VIZZOTTO et al., 2010), os metabólitos secundários atuam como atrativos de polinizadores (MONTEIRO et al., 2005), na defesa contra microrganismos, insetos e herbívoros, entre outras funções, podendo ser divididos em diversas categorias (COWAN, 1999), como flavonoides, taninos, alcaloides, terpenoides e esteroides.

Os flavonoides são compostos fenólicos comumente encontrados em frutas, vegetais, chá, vinho, mel e muitos outros produtos alimentícios de consumo regular na dieta humana. Podem atuar sobre os sistemas biológicos como antioxidantes, antimicrobianos, anti-inflamatórios, antialérgicos, antiulcerogênicos, antiplaquetários, antitumorais, vasodilatadores (LOPES, 2000), na prevenção do câncer (YAO et al., 2004), entre outros. São substâncias solúveis em água e polifenólicos, contendo 15 átomos de carbono dispostos em três anéis

benzênicos unidos. Dividem-se em cinco subgrupos principais: flavonas, flavonóis, flavanonas, flavanóis e antocianidinas (TANWAR; MODGIL 2012) (Figura 4).

Figura 4. Estrutura Química dos Principais Flavonoides.



Fonte: Adaptada de Tanwar e Modgil (2012).

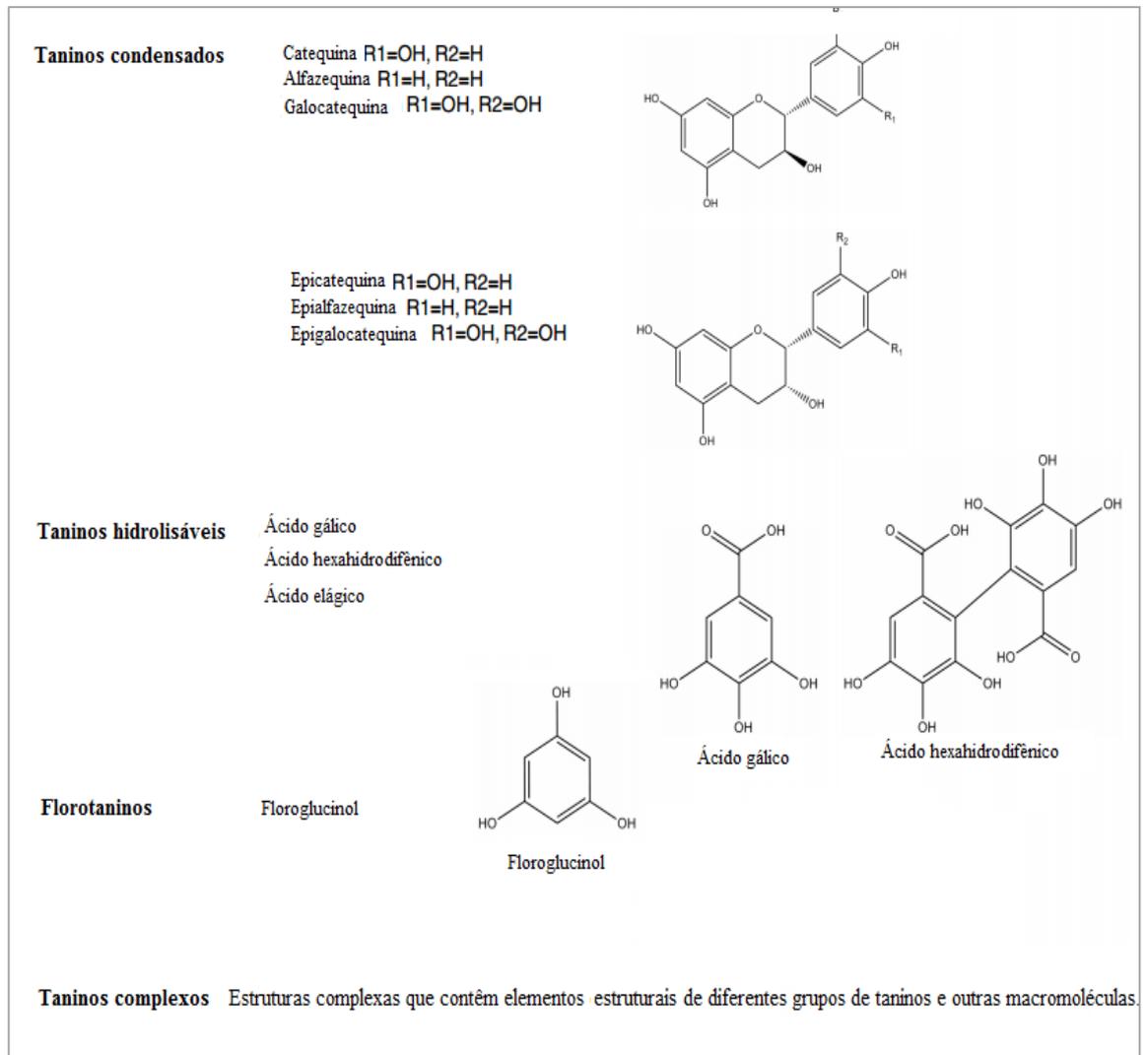
A quantidade e posição de hidroxilas presentes na molécula de compostos fenólicos é um fator relevante para a atividade antioxidante de tais metabólitos. A presença de anel aromático, com alguns hidrogênios substituídos por hidroxilas, é responsável por doar hidrogênio e elétrons para o radical livre, permanecendo estável, visto que o anel aromático é capaz de estabilizar o elétron desemparelhado (FREIRE et al., 2013).

A correlação entre compostos fenólicos e atividade antioxidante em plantas e frutos é comprovada através de estudos das mais diversas espécies. Na análise da atividade antioxidante de erva-cidreira (*Magnolia officinalis*) frente ao radical livre DPPH•, os extratos que continham maior quantidade de compostos fenólicos e flavonoides, apresentaram maior atividade antioxidante (POURMORAD et al, 2006). No estudo de uvas, Abe et al. (2007) observaram que quanto mais intensa a coloração do fruto, mais compostos fenólicos e mais atividade antioxidante o mesmo possui. Na polpa de tucumã já foi observada a presença de flavonoides como rutina e quercetina (SAGRILLO et al., 2015).

Taninos também são compostos fenólicos, largamente encontrados no reino vegetal, com alta capacidade de precipitação de proteínas. Através da estrutura química, os taninos podem ser divididos em quatro grupos principais: taninos condensados, taninos hidrolisáveis, florotaninos e taninos complexos (Figura5) (SERRANO et al., 2009).

Muitas pesquisas já foram realizadas a respeito das propriedades dos taninos, porém a correlação entre tais propriedades e o aproveitamento de plantas medicinais ainda é escassa, podendo-se citar a correlação entre os teores de taninos e atividade biológica, como a atividade antimicrobiana (MONTEIRO et al, 2005). Sabe-se que a polpa de tucumã apresenta baixos teores de taninos como ácido gálico, ácido cafeico e ácido clorogênico (SAGRILLO et al., 2015).

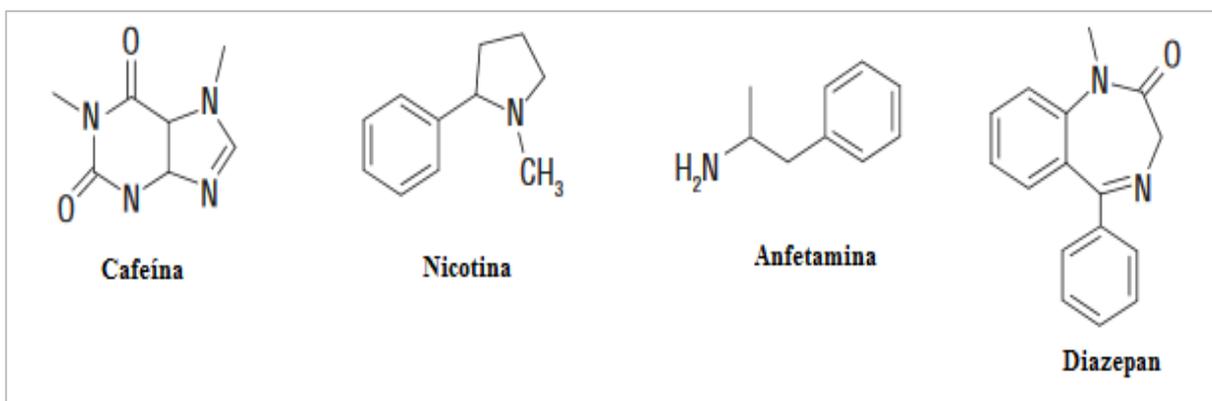
Figura 5. Estrutura Química dos Taninos.



Fonte: Adaptada de Serrano et al. (2009).

Os alcaloides são um grupo de aminas biologicamente ativas, sendo um grupo de metabólitos secundários comumente sintetizados por plantas, levemente básicos. Por serem tóxicas, oferecem à planta proteção contra animais, atuando também na proteção contra raios ultravioleta, regulação do crescimento, do metabolismo interno e da reprodução. Sua utilização biotecnológica principal se dá a partir da produção de analgésicos, como a morfina. Exemplos de alcaloides naturais são a cafeína e a nicotina, e de alcaloides sintéticos a anfetamina e diazepam (Figura 4) (SOUTO; DUARTE, 2006). Sagrillo et al. (2015) verificaram a presença de alcaloides na polpa de tucumã.

Figura 6 – Estrutura química de alguns alcaloides.



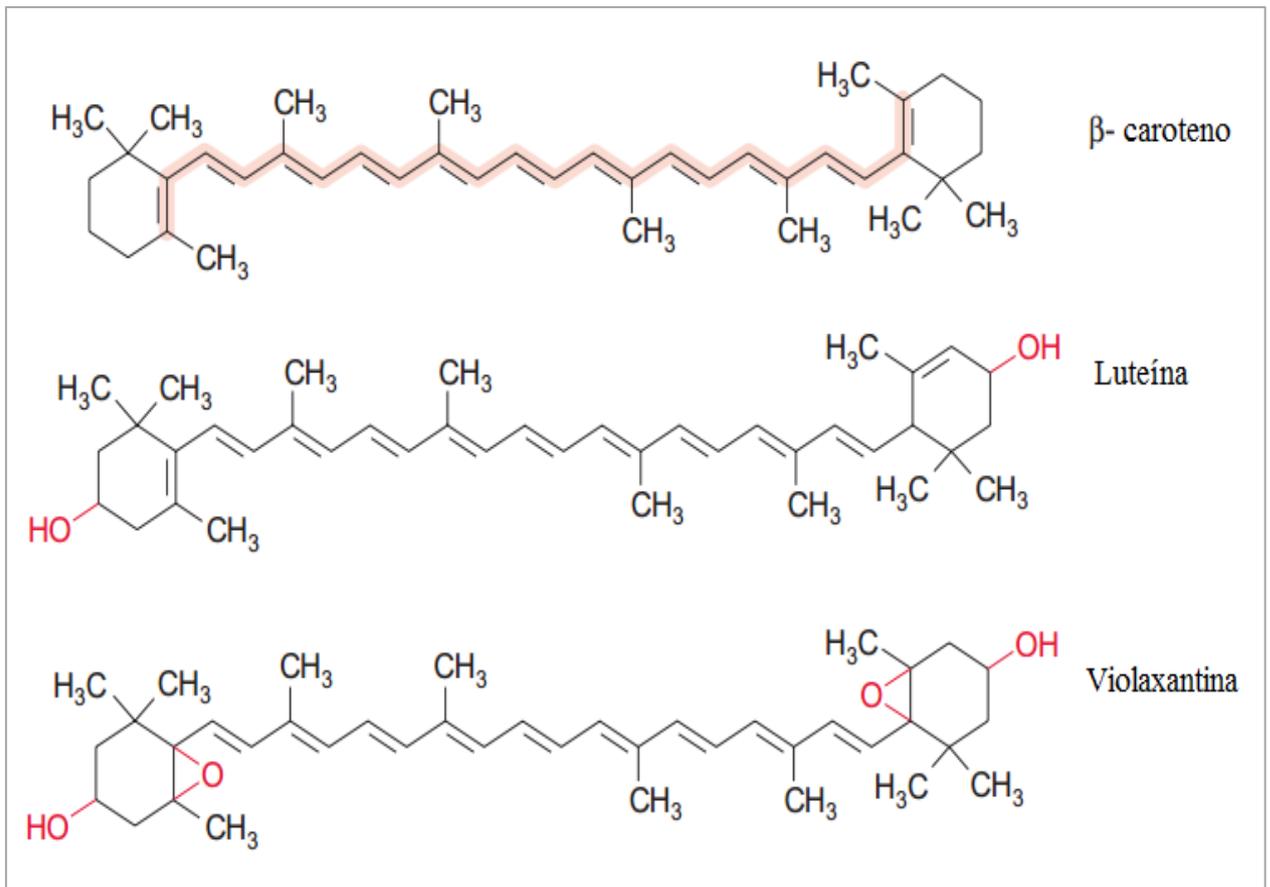
Fonte: Adaptada de Souto e Duarte (2006).

Os terpenoides constituem o maior grupo de metabólitos secundários. Têm a característica de serem insolúveis em água, possuindo potencial terapêutico bastante utilizado pela medicina popular (PASSOS et al., 2009). Mais de 40.000 terpenoides diferentes são conhecidos e novos compostos são constantemente identificados. Tais substâncias funcionam como componentes de membrana, pigmentos fotossintéticos, operadoras de transporte de elétrons, entre outras funções. Têm importância comercial, na indústria de alimentos, bebidas, bem como na de cosméticos e farmacêutica (HELDT, 2005).

Os carotenoides presentes nos alimentos são tetraterpenoides, com a característica principal de conter um sistema extenso de duplas ligações conjugadas (Figura 7), as quais são responsáveis pelas suas características e funções. Os animais são incapazes de biossintetizar carotenoides, sendo as plantas as fontes destes nutrientes benéficos à saúde em diversos aspectos, como ação antioxidante, contra doenças crônicas, inibição de proliferação celular e comunicação intercelular (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008). É verificado potencial terapêutico de terpenoides, havendo a necessidade de estudos aprofundados a respeito da relação estrutura-atividade, visando a modulação das suas propriedades biológicas, a fim de possibilitar a formulação produtos farmacológicos eficazes (PASSOS et al., 2009).

A polpa de tucumã apresenta diversos carotenoides como all-trans- $\beta$ -caroteno, all-trans- $\alpha$ -carotene, all-trans- $\beta$ -criptoxantina, 13-cis- $\beta$ -caroteno, all-trans- $\alpha$ -criptoxantina, zeaxantina, all-trans-luteína, cis- $\gamma$ -caroteno, 15-cis- $\beta$ -caroteno, 5,8-epóxi- $\beta$ -carotene, cis- $\beta$ -zeacaroteno 2, cis- $\beta$ -zeacarotene 1, all-trans- $\delta$ -caroteno, all-trans- $\beta$ -zeacaroteno, all-trans- $\gamma$ -caroteno, all-trans-neoxantina, cis-violaxantina, cis-neoxantina, all-trans-zeaxantina, all-trans- $\zeta$ -caroteno e cis-luteína (DE ROSSO; MERCADANTE, 2007).

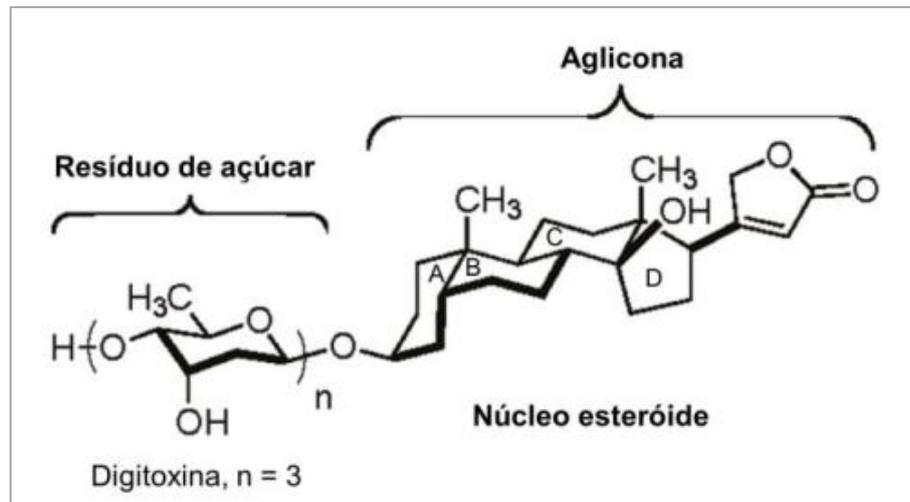
Figura 7. Estrutura química de alguns carotenoides.



Fonte: Adaptada de Heldt (2005)

Saponinas são metabólitos secundários atuantes em plantas como toxinas contra herbívoros e fungos, com propriedades similares às de um detergente. A unidade glucosilo das saponinas consiste em um oligossacarídeo ramificado construído a partir de glucose, galactose, xilose, e outras hexoses. As saponinas são tóxicas, tendo capacidade de dissolver membranas plasmáticas de fungos e causar hemólise em células animais. Tais metabólitos podem ser utilizados na indústria farmacêutica como, por exemplo, os cardenolídeos (Figura 8), que em doses baixas, são amplamente utilizados como medicamento contra doenças cardíacas (HELDT, 2005).

Figura 8. Estrutura química de um cardenolídeo.



Fonte: Adaptada de Heldt (2005)

### 2.3.2 Atividade Antioxidante

Radicais livres são moléculas reativas ou espécies químicas capazes de existência livre, que conduzem a vários efeitos nocivos, podendo atacar lipídios, proteínas, carboidratos e o ácido desoxirribonucléico (DNA) em células e tecidos (SINGH et al., 2004). Também conhecidas como Espécies Reativas do Metabolismo do Oxigênio (ERMO), provocam ou resultam de reações de óxido-redução, ou seja, ou cedem o seu elétron solitário, oxidando-se, ou recebem outro, reduzindo-se (FERREIRA; MATSUBARA, 1997).

Substâncias responsáveis pela defesa contra reações de óxido-redução são conhecidas como antioxidantes, podendo ser divididos em duas classes: antioxidantes com atividade enzimática e antioxidantes sem atividade enzimática. Os com atividade enzimática são capazes de bloquear a iniciação da oxidação, sendo enzimas que removem as espécies reativas do oxigênio. Os sem atividade enzimática são moléculas que interagem com as espécies radicais e são consumidas durante a reação, sendo estes os antioxidantes naturais e/ou sintéticos como os compostos fenólicos (MOREIRA; MANCINI-FILHO, 2004).

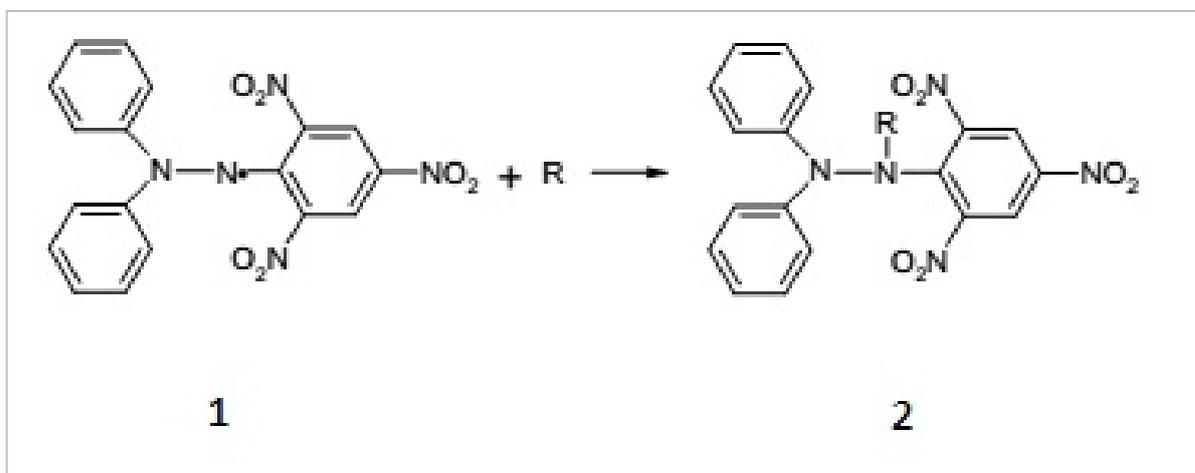
A função de proteção do organismo fornecida pelos carotenoides se dá em virtude destes compostos serem tetraterpenoides, contendo um sistema extenso de duplas ligações conjugadas. Os carotenóides agem beneficemente por serem precursores de vitamina A ou através de sua propriedade antioxidante (RAO; AGARWAL, 1999), agindo como supressores de radicais livres através da doação de elétrons ou átomos de hidrogênio, sofrendo oxidação, podendo também atuar através da formação de adutos de radicais que podem sofrer deterioração

bimolecular, reduzindo, assim, danos oxidativos (RICE-EVANS et al., 1996; LUZIA; JORGE, 2014).

Várias metodologias são utilizadas para quantificar a atividade antioxidante *in vitro*, destacando-se os métodos: capacidade de redução de metal (ferric reducing antioxidant power - FRAP), capacidade de remoção de radical orgânico (ABTS), remoção de radical peroxil (oxygen radical absorbance capacity – ORAC), peroxidação do 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH•) (SUCUPIRA et al., 2012) e sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico.

A análise da atividade antioxidante utilizando o radical livre DPPH• (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) se baseia na capacidade de uma substância antioxidante doar um elétron para este radical livre, o qual se reduz e perde sua coloração púrpura natural (DUARTE-ALMEIDA et al., 2006; PONTIS et al., 2014), conforme descrito na Figura 9. É comum a utilização do flavonoide quercetina como padrão em análises de atividade antioxidante, visto que a seu potencial antioxidante é bastante conhecido, atribuído a benefícios na saúde em sistema cardiovascular, renal, hepático e contra o câncer (BEHLING et al., 2004).

Figura 9. Forma radicalar (1) e não radicalar (2) do 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH•).



Fonte: Adaptada de Rufino et al. (2006)

O sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico avalia a atividade antioxidante através da análise espectrofotométrica da descoloração ou oxidação do  $\beta$ -caroteno induzida pelos produtos de degradação oxidativa do ácido linoleico (MATTOS, et al. 2009). Na peroxidação lipídica, os radicais de ácidos graxos podem reagir com o oxigênio, formando peroxi-radical de ácido graxo, e este pode propagar a peroxidação de outras moléculas de ácidos graxos através da retirada de átomos de hidrogênio para formar hidroperóxidos e novos radicais de ácidos graxos em cadeia (VANNUCCHI et al., 1998).

Silva et al. (2015), no estudo da atividade antioxidante de palmeiras amazônicas, verificaram que o tucumã do Pará (*Astrocaryum vulgare* Mart.) e bacaba (*Oenocarpus bacaba*) possuem alta capacidade antioxidante através da técnica do  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico, sugerindo o potencial uso de frutas nativas da Amazônia como alimento funcional. Sagrillo et al. (2015) e Lima et al. (2014) também verificaram a presença de atividade antioxidante no tucumã do Amazonas (*Astrocaryum aculeatum*), através da técnica do sequestro do DPPH•.

### 2.3.3 Proteção Solar

A radiação ultravioleta (UV), presente na luz solar, tem grande capacidade de estimular o aparecimento de neoplasias em humanos e animais (SVOBODOVA et al., 2006). No Brasil, o câncer de pele é a neoplasia mais frequente, correspondendo a 25% de todos os tumores malignos registrados no Brasil, com estimativa de 175.760 novos casos para o ano de 2016 (INCA, 2015).

A ação profilática contra a irradiação solar é uma prática importante na redução da incidência de câncer de pele, bem como contra envelhecimento precoce (BALOGH et al., 2011), uma vez que os raios UV também causam envelhecimento da pele, com o surgimento de rugas e perda de elasticidade (WHO, 2003). Tal profilaxia pode ser feita com a utilização de protetores solares, produtos que contêm substâncias químicas e/ou físicas que atuam na proteção da pele contra as radiações solares, sendo o fator de proteção solar (FPS), o fator indicativo da proteção oferecida pelo produto (BRASIL, 2010).

Conforme disposto no Regulamento Técnico Mercosul sobre Protetores Solares em Cosméticos, o valor mínimo de FPS para rotulagem de protetores solares é no mínimo 6, com efeito de baixa proteção solar, recomendado para pele pouco sensível à queimadura solar (BRASIL, 2012).

Por possuírem baixa toxicidade e causarem menores danos ao meio ambiente, em comparação com protetores químicos, o desenvolvimento de fotoprotetores naturais é alvo de muitas pesquisas (POLONINI et al., 2011). Neste sentido, metabólitos secundários se destacam na absorção espectral da radiação solar ultravioleta (ROSA et al., 2008). Os flavonoides, além da ação antioxidante, também fornecem proteção à pele a partir da absorção da radiação ultravioleta (SVOBODOVA, 2003), assim como os carotenoides (SIES; STAHL, 2004), os quais já foram encontrados em frutos de tucumã (DE ROSSO; MERCADANTE, 2007; (SAGRILLO et al., 2015).

### 2.3.4 Atividade Antimicrobiana

Resistência microbiana é um tema de importância na atualidade, caracterizando-se por cepas de microrganismos capazes de se multiplicar na presença de antimicrobianos com doses maiores do que as convencionalmente administradas, sendo o aumento dessa resistência ocasionado pela introdução de agentes antimicrobianos na prática clínica de forma desmedida e irracional (WANNMACHER, 2004).

Neste sentido, plantas são alvo de diversas pesquisas, já tendo sido encontrados milhares de metabólitos secundários com efeitos inibitórios sobre todos os tipos de microrganismos *in vitro*, como compostos fenólicos diversos, conforme relatado por Pettit et al. (2003), na avaliação da atividade antimicrobiana de flavonoides presentes em árvores de jutaí-mirim (*Hymenae palustres*). Em outro estudo, Silva (2012) verificou a atividade antifúngica, contra *Candida albicans*, de óleos essenciais de folhas e galhos de *Aniba canelilla*, bem como contra *Didymella bryoniae*, um fitopatógeno da melancia. Batista (2014) observou atividade antimicrobiana do óleo essencial de *Aniba parviflora* contra *Staphylococcus aureus*. Ainda, Jobim et al. (2014) observaram que o extrato etanólico de *Astrocaryum aculeatum* possui atividade antimicrobiana contra *Enterococcus faecalis*, *Bacillus cereus* e *Listeria monocytogenes*, bem como atividade antifúngica contra *Candida albicans*, sendo visível a importância de pesquisas a respeito de substâncias que apresentem atividade antimicrobiana e baixa toxicidade, sendo alternativa viável para solução do problema o estudo de substâncias presentes em espécies nativas do Brasil (COSTA et al., 2008).

## 2.4 CONSERVAÇÃO DA POLPA DE TUCUMÃ

### 2.4.1 Processamento a vácuo

Frutos minimamente processados são aqueles que sofrem alteração fisiológica, mas permanecem no seu estado fresco (CENCI et al., 2011). Entre os procedimentos empregados neste tipo de processamento estão limpeza, divisão em porções, remoção de frações, descascamento, compressão, engarrafamento, empacotamento simples, empacotamento a vácuo, empacotamento com gás, secagem, refrigeração, congelamento, entre outros (KOPF, 2008; MONTEIRO et al., 2010).

Para ser considerado de qualidade, um alimento minimamente processado deve possuir características sensoriais, nutricionais e de segurança, relacionados ao sistema de produção,

convenientes. O emprego de vácuo em embalagens promove a supressão do oxigênio, que tende a aumentar a vida útil dos alimentos, uma vez que retarda a respiração, o amadurecimento, o envelhecimento, a perda da umidade, a modificação da textura, o escurecimento enzimático e o desenvolvimento de microrganismos (CENCI et al., 2011).

São comumente encontrados no mercado de alimentos, diversos tipos de carnes embaladas a vácuo. Hernández-Macedo et al. (2011) relataram a eficiência da embalagem a vácuo em prolongar a vida-de-prateleira de carne fresca, em virtude da redução da oxidação e do crescimento de microrganismos aeróbicos. Fernandes et al., em 2012, indicaram que a vida-de-prateleira do lombo ovino embalado a vácuo, armazenado sob temperatura de 4° C dura em média 14 dias. Estudos de Prentice e Sainz (2005) demonstraram a eficiência da utilização de embalagem a vácuo e refrigeração na conservação de carpas da espécie *Ctenopharyngodon idella*, comparando-se com a não utilização do vácuo. O pescado a vácuo e congelado em temperatura de 2° C permaneceu estável e próprio para o consumo por 60 dias, enquanto o pescado sem armazenamento a vácuo se tornou impróprio para consumo a partir do 2° dia de armazenamento.

A utilização de embalagem a vácuo também se mostrou eficiente na conservação de massas frescas de lasanha, sem aditivos, controlando o crescimento de fungos filamentosos, leveduras, *Staphylococcus* spp., coliformes totais e *Escherichia. coli*, sob temperatura de 10 ± 2° C, por até 30 dias de armazenamento (CRUZ et al., 2006) e na conservação de ovos de casca branca, preservando a qualidade do albúmen, avaliada em unidade Haugh, a qualidade da gema, avaliada através do índice gema, e a manutenção de peso dos ovos, avaliada em porcentagem (SCATOLINI-SILVA et al., 2013).

Na conservação de grãos, estudos de Lima (2013) mostraram que a embalagem a vácuo retardou o escurecimento de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) por oito meses, em temperatura ambiente. Ainda, na conservação de goiaba fresca, Sahoo et al. (2015) verificaram que a embalagem a vácuo se mostra eficiente e preserva por 24 dias as características de textura, cor e concentração de ácido ascórbico, aumentando o tempo de comercialização da fruta.

#### **2.4.2 Qualidade Microbiológica**

A microbiota de frutos minimamente processados decorre da combinação de fatores como as características físico-químicas do fruto, sua origem, as etapas de processamento, a execução de boas práticas de manipulação, entre outros fatores que influenciam na qualidade final do produto (PINHEIRO et al., 2005).

A legislação brasileira prevê os padrões microbiológicos sanitários para polpas de frutas, concentradas ou não, com ou sem tratamento térmico, refrigeradas ou congeladas, tendo como tolerância  $10^5$  NMP.g<sup>-1</sup> de coliformes, a 45°C, e ausência de *Salmonella* sp. em 25 g, sendo uma condição sanitária satisfatória aquela onde os resultados se encontram abaixo ou iguais àqueles pré-estabelecidos (BRASIL, 2001).

Por serem possíveis fontes de disseminação de doenças, aos alimentos foi atribuído, pelas comunidades norte-americanas responsáveis pela investigação de laticínios e restaurantes, um sistema denominado Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC), que têm a função de analisar e prevenir contaminações através da identificação do momento em que os alimentos possuem maior probabilidade de serem contaminados por microrganismos patogênicos, monitorando, também, a temperatura de armazenamento adequada para o controle microbiológico (MENG; DOYLE, 2002; TORTORA et al., 2005;).

Outro conjunto de normas que visam a qualidade microbiológica de alimentos são as boas práticas de fabricação, que incluem boas práticas de manipulação, transporte de matéria-prima, ingredientes, embalagens, utensílios, equipamentos, estritamente relacionados com a higiene, indispensáveis para a garantia de segurança alimentar (CENCI et al., 2011).

Levando em consideração os problemas encontrados na manipulação do tucumã, bem como a necessidade da conservação das suas propriedades nutricionais e características de interesse biotecnológico, dá-se importância ao desenvolvimento de um método eficiente que mantenham conservadas tais características ímpares da polpa de tucumã, bem como ofereça segurança microbiológica aos consumidores. Desta forma, o processamento a vácuo surge como uma alternativa viável para tal fim, uma vez que já foi constatada sua eficiência na conservação de vários tipos de alimentos, como descrito anteriormente.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 GERAL

Estudar o potencial biotecnológico da polpa de tucumã *in natura* e a preservação de suas propriedades nutricionais em embalagens a vácuo.

#### 3.2 ESPECÍFICOS

- Obter extratos metanólico e hexânico da polpa de tucumã *in natura*;
- Caracterizar fitoquimicamente os extratos metanólico e hexânico da polpa de tucumã *in natura*;
- Avaliar a atividade antioxidante *in vitro* do extrato metanólico da polpa de tucumã *in natura*;
- Avaliar o fator de proteção solar e atividade antimicrobiana *in vitro* dos extratos hexânico e metanólico da polpa de tucumã *in natura*;
- Avaliar os valores de umidade, pH, acidez, lipídios, energia, cinzas,  $\beta$ -caroteno e vitamina A da polpa de tucumã *in natura*, armazenada em embalagens a vácuo;
- Avaliar a atividade antioxidante do extrato metanólico da polpa de tucumã *in natura*, armazenada em embalagens a vácuo;
- Avaliar o crescimento microbiológico na polpa de tucumã *in natura*, armazenada em embalagens a vácuo;
- Comparar temperaturas de armazenamento (congelamento e refrigeração) para conservação da polpa de tucumã em embalagens a vácuo.

## CAPÍTULO I

**ESTUDO DO POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DA  
POLPA DE TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum*) *in  
natura*, COLETADO EM UMA COMUNIDADE NO  
MUNICÍPIO DE RIO PRETO DA EVA, AMAZONAS,  
BRASIL.**

**ESTUDO DO POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DA POLPA DE TUCUMÃ  
(*Astrocaryum aculeatum*) IN NATURA COLETADO EM UMA COMUNIDADE NO  
MUNICÍPIO DE RIO PRETO DA EVA, AMAZONAS, BRASIL.**

Azevedo, S. C. M.<sup>1</sup>; Matsuura, T.<sup>2</sup>; Albuquerque, P. M.<sup>1</sup>;

<sup>1</sup>*Escola Superior de Ciências da Saúde, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Brasil;* <sup>2</sup>*Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil.*

## **RESUMO**

O tucumã, também conhecido como tucumã do Amazonas, comumente encontrado na Região Amazônica, é o fruto oriundo da palmeira *Astrocaryum aculeatum*, possuindo potencial econômico local. Caracteriza-se como um fruto pouco ácido, com baixos teores de açúcar, alto teor de  $\beta$ -caroteno e alto valor energético. Tais características fazem com que o tucumã seja um fruto de interesse biotecnológico. Dada a pequena quantidade de estudos sobre a espécie, no que diz respeito às suas características nutricionais e sua viabilidade biotecnológica, buscou-se avaliar a atividade antioxidante, o fator de proteção solar e a atividade antimicrobiana. Também foi realizada a caracterização fitoquímica de extratos da polpa do tucumã e análise de quercetina. Constatou-se a presença de flavonoides, taninos, alcaloides e saponinas no extrato metanólico, alcaloides e esteroides no extrato hexânico, bem como notável atividade antioxidante através do sequestro de radicais DPPH• e proteção contra peroxidação pelo sistema  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico. Foi verificado FPS de 5,65 no extrato metanólico e ausência de atividade de proteção solar no extrato hexânico. Os extratos metanólico e hexânico da polpa de tucumã não apresentaram atividade antimicrobiana contra as cepas patogênicas testadas. Foi possível verificar que a polpa do tucumã coletado em uma comunidade no município de Rio Preto da Eva-AM, possui potencial biotecnológico interessante para a indústria de cosméticos, alimentícia e farmacêutica, tendo como principal característica a atividade antioxidante fornecida pela presença de diversos metabólitos secundários com esta função.

**Palavras-chave:** tucumã, *Astrocaryum aculeatum*, fitoquímica, antioxidante, proteção solar.

## **ABSTRACT**

The tucumã, also known as tucumã from the Amazonas, commonly found in Amazon region, is the fruit derived from *Astrocaryum aculeatum* palm tree, which presents local economic potential. It is characterized as a slightly acid fruit with low sugar, high  $\beta$ -carotene and high energy content. These characteristics make the tucumã a biotechnological interesting fruit. Given the small number of studies on the species regarding its nutritional characteristics and their biotechnological feasibility, we sought to evaluate the antioxidant activity, the sun protection factor and antimicrobial activity of tucumã pulp. The characterization of phytochemical tucumã pulp extracts and quercetin analysis was also performed. It was found the presence of flavonoids, tannins, alkaloids and saponins in methanolic extract, alkaloids and steroids in the hexanic extract, as well as remarkable antioxidant activity for DPPH• radical scavenging, and protection against peroxidation by  $\beta$ -carotene/linoleic acid system in the methanolic extract. It was found a 5.65 SPF in methanolic extract, and the lack of sun protection activity in the hexanic extract. The methanolic and hexanic extracts of tucumã pulp showed no antimicrobial activity against the tested pathogenic strains. It could be verified that the tucumã

pulp has interesting biotechnological potential to cosmetics, food and pharmaceutical industries, with antioxidant activity provided by the presence of several secondary metabolites with this function.

**Keywords:** tucumã, *Astrocaryum aculeatum*, phytochemical, antioxidant, sun protection.

## 1 INTRODUÇÃO

A Amazônia é rica em frutos que possuem potencial econômico local (BRAGA et al., 2010). Entre estas, destaca-se o tucumã, também conhecido como tucumã-do-amazonas, tucumã-açu e jabarana (COSTA; LEEUWEN, 2004). O fruto é oriundo da palmeira *Astrocaryum aculeatum*, o tucumanzeiro, distribuído na região central da bacia amazônica, nos países: Bolívia, Guiana, Suriname, Trinidad, Venezuela e Brasil, sendo, neste último, encontrada nos estados de Amazonas, Acre, Pará, Rondônia e Roraima (KAHN, 2008). Sua polpa é comumente comercializada em feiras regionais e no comércio de alimentos, como ingrediente de sanduíches, tapiocas, pizzas e sorvetes. Também, da polpa e sementes podem ser extraídos óleos comestíveis que podem ser empregados na suplementação alimentar humana ou na produção de ração animal (RAMOS et al., 2009).

Caracteriza-se como um fruto pouco ácido, com baixos teores de açúcar, alto de teor de  $\beta$ -caroteno e alto valor energético (YUYAMA et al., 2008). Contendo baixa acidez, baixos níveis de carboidratos, e alto teor de lipídios, seu sabor é levemente adocicado. A quantidade de proteínas contida na polpa de tucumã é relativamente baixa, pelo fato de se tratar de um fruto oleaginoso. Os lipídios têm grande importância no fornecimento de energia, contribuindo com 80% das calorias, enquanto que os carboidratos contribuem com 12% e as proteínas com 4%. Ainda, os lipídios contêm e facilitam a absorção de carotenóides, responsáveis pela cor amarelada do fruto e ingestão de provitamina A (FLOR et al., 2015). A polpa de tucumã também apresenta metabólitos secundários como alcaloides, e compostos fenólicos como flavonoides e taninos, sendo constatada a presença de ácido gálico, ácido clorogênico, ácido cafeico, rutina e quercetina. Os flavonoides são encontrados em maior quantidade, seguidos de taninos e alcaloides (SAGRILLO et al., 2015).

Contendo grande quantidade de lipídios, energia e  $\beta$ -caroteno, o tucumã é um fruto de interesse biotecnológico, podendo ser utilizado para a produção de biodiesel (BARROSO et al., 2013) e agroenergia (FAPEAM, 2012), bem como para fins farmacológicos e cosméticos. Neste último, a grande quantidade de  $\beta$ -caroteno relaciona-se com o potencial antioxidante do fruto, e a grande quantidade de lipídios com o potencial fotoprotetor, uma vez que fotoprotetores

caracterizam-se pela resistência à água (MILESI; GUTERRES, 2002). Estudos de Jobim et al. (2014) também apontam potencial antimicrobiano da polpa de tucumã.

Levando em consideração que o fruto possui comprovado potencial econômico na Região Amazônica, bem como ótimas características nutricionais, este trabalho avaliou o potencial biotecnológico da polpa de tucumã coletada de uma comunidade do município de Rio Preto da Eva, Amazonas, Brasil, a fim de contribuir para o conhecimento do fruto desta região e seu potencial de aplicações.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Coleta da Matéria-Prima**

Frutos de tucumã foram coletados durante a época de safra (abril de 2015), em um sítio situado no município de Rio Preto da Eva/AM (2°37'31.8"S 59°44'52.6"O), conforme proposto por Ramos et al. (2009) e Brasil (2001); e transportados em sacos de polietileno ao laboratório de Química Aplicada à Tecnologia da Escola Superior de Tecnologia da UEA.

### **2.2 Obtenção da Polpa de Tucumã**

A polpa foi obtida executando-se a metodologia proposta por Flor et al. (2015), procedendo com a eliminação de frutos danificados, lavando-os com água, detergente e escova, imergindo-os em solução de hipoclorito de sódio a 0,01% por 15 minutos, enxaguando-os em água corrente potável, descascando e despolpando-os com faca de aço inoxidável pré-higienizada.

### **2.3 Obtenção dos Extratos da Polpa de Tucumã**

O extrato hexânico foi obtido utilizando 500 g de polpa de tucumã para 3 litros de hexano. Inicialmente a polpa foi triturada com almofariz e pistilo e a ela foi adicionado 1 litro de hexano, permanecendo sob refrigeração e ao abrigo da luz por um dia, sendo posteriormente submetida a 20 minutos de banho de ultrassom. A solução foi filtrada, o filtrado armazenado, e à polpa contida no filtro foi adicionado mais 1 litro de solvente, repetindo o procedimento até a utilização dos três litros de hexano. Por fim, o solvente foi evaporado em rotaevaporador e o extrato armazenado sob refrigeração. Da mesma maneira procedeu-se para a obtenção do extrato metanólico (FILHO; YUNES, 1998).

## 2.4 Triagem Fitoquímica

O ensaio para avaliação qualitativa das classes químicas dos extratos metanólico e hexânico da polpa de tucumã verificou a presença de alcaloides, flavonoides, taninos, esteroides e saponinas, conforme a metodologia de Matos (2009). Soluções com concentração de 2 mg/mL foram preparadas a partir dos extratos, com etanol. Os ensaios foram realizados em duplicata.

O teste para flavonoides se deu adicionando-se a 2 mL da solução do extrato, 0,5 cm de magnésio em fita e 2 mL de ácido clorídrico concentrado, sendo observada a presença de flavonoides através do aparecimento da cor avermelhada. A presença de taninos nos extratos foi observada adicionando a 2 mL de extrato, em tubo de ensaio, 3 gotas de cloreto férrico, avaliando a mudança de cor entre azul (taninos hidrolisáveis) e verde (taninos condensados). O teste para presença de alcaloides foi realizado, utilizando 2 mL da solução do extrato, em tubo de ensaio, adicionando 3 gotas do reagente de Drangendoff e observação da formação de precipitado floculoso. A presença de esteroides foi verificada através da reação de Lieberman-Burchard, misturando 2 mL de clorofórmio a 2 mL da solução do extrato, filtrando a solução em funil com algodão coberto com sulfato de sódio anidro, adicionando ao filtrado 1 mL de anidrido acético, prosseguindo com a adição de três gotas de ácido sulfúrico concentrado. O desenvolvimento de coloração azul seguida de verde indicou presença de esteroides. Para detecção de saponinas foi utilizado 2 mL da solução do extrato, adicionando-se 2 mL de clorofórmio e 5 mL de água destilada, observando formação de espuma após agitação.

## 2.5 Análise de Quercetina

A análise para verificar a presença de quercetina nos extratos metanólico e hexânico da polpa de tucumã foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência - CLAE, obedecendo a metodologia descrita por Phani et al. (2010), utilizando cromatógrafo Shimadzu® Nexera XR LC-20 AD, equipado com coluna Shimadzu® XR-ODS II, com partícula de 2,2 µm e poro de 8 nm. A fase móvel utilizada foi acetonitrila, utilizando-se os extratos hexânico e metanólico da polpa de tucumã, e solução padrão de quercetina, na concentração de 0,5 mg/mL. A fase móvel foi filtrada através de um filtro de membrana de 0,45 µm e o comprimento de onda utilizado para leitura foi de 262 nm.

Inicialmente, 0,5 µL da solução padrão de quercetina foi injetado no cromatógrafo, seguida da injeção de 1 µL de solução padrão. Os cromatogramas foram comparados para verificar o pico gerado em comparação com o tempo de retenção e intensidade do sinal.

As análises dos extratos foram realizadas injetando, inicialmente, 0,5 µL da solução, seguida da injeção de 0,2 µL, 1,2 µL e 2,2 µL de solução padrão de quercetina, a fim de se

comparar os cromatogramas gerados, identificar a presença de quercetina, bem como realizar sua quantificação.

## 2.6 Atividade Antioxidante – Sequestro do DPPH•

Foi realizada a técnica do sequestro do radical DPPH•, proposta por Brand-Williams et al. (1995). Para obtenção das amostras foram pesados 7,91 g de polpa de tucumã, os quais foram macerados com almofariz e pistilo e solubilizados em 50 mL de metanol P.A. (proporção de 1:5 m/v), em triplicata. Após seis dias, o extrato foi filtrado e a concentração foi determinada adicionando 5 mL da solução metanólica obtida a uma placa de petri previamente tarada, evaporando o metanol em estufa a 40° C, até peso constante.

A solução de DPPH• foi preparada na concentração de 0,06 mmol/L, com metanol P.A., no mesmo dia do ensaio da atividade antioxidante, protegida da exposição direta da luz (SILVA, 2012).

O ensaio foi realizado através de espectrofotometria em microplaca, diluindo o filtrado com metanol, em progressão geométrica, na razão de 0,5, até a obtenção de diluição de 512 vezes, com volume de 40 µL em cada diluição, e adição de 250 µL da solução de DPPH•. Para o controle, foram adicionados 40 µL de metanol e 250 µL da solução de DPPH• e para o branco 40 µL de cada diluição e 250 µL da solução de metanol, como descrito por Duarte-Almeida et al. (2006). A microplaca foi protegida da exposição direta da luz e após 25 minutos as leituras de absorbância foram realizadas em espectrofotômetro de microplaca (Molecular Devices, modelo Spectramax Plus), a 517 nm.

Ácido ascórbico e quercetina foram utilizados como padrões, nas concentrações: 20, 16, 12, 8, 4, e 0 µg/mL.

A porcentagem do sequestro de radicais DPPH• foi medida através da Equação 1, utilizando os valores dos decaimentos de absorbância da amostra ( $Ab_{S_{amostra}}$ ) e do controle ( $Ab_{S_{controle}}$ ):

$$AA\% = \frac{(Ab_{S_{controle}} - Ab_{S_{amostra}})}{Ab_{S_{controle}}} \times 100 \quad (1)$$

Foi possível ser determinada, a partir da geração de um gráfico de regressão linear, a concentração de amostra de extrato da polpa de tucumã necessária para sequestro de 50% dos radicais DPPH•, determinando-se assim a Concentração Eficiente – CE<sub>50</sub> (BRAND-WILLIAMS et al., 1995), possibilitando a comparação dos resultados com as análises dos antioxidantes ácido ascórbico e quercetina.

## 2.7 Atividade Antioxidante – $\beta$ -caroteno/Ácido Linoléico

A atividade antioxidante, verificada através da proteção contra a ocorrência de reações de peroxidação foi realizada utilizando o sistema  $\beta$ -caroteno-ácido linoleico, conforme metodologia proposta por Rufino et al. (2006).

Para obtenção das amostras foram pesados 7,91 g de polpa, os quais foram macerados com almofariz e pistilo e solubilizados em 50 mL de metanol P.A. (proporção de 1:5 m/v), em triplicata. Após seis dias, o extrato foi filtrado e a concentração foi determinada adicionando 5 mL da solução metanólica obtida a uma placa de petri previamente tarada, evaporando o metanol em estufa a 40° C, até peso constante. A partir da solução metanólica foram realizadas diluições, com metanol, em progressão geométrica, na razão de 0,5, até a obtenção de diluição de 512 vezes.

A solução de  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico foi obtida adicionando 1 mg de  $\beta$ -caroteno a 1 mL de clorofórmio P.A., prosseguindo com a adição de 400  $\mu$ L de Tweem 80, 50  $\mu$ L de ácido linoléico e 100 mL de água oxigenada. Após evaporação total do clorofórmio, a absorbância da solução foi monitorada através de espectrofotômetro (IK Vis Spectro Photo Meter), a 480 nm, adicionando água oxigenada até a obtenção de absorbância entre 0,7 e 0,9, utilizando água oxigenada como branco.

O ensaio foi realizado através da utilização de 100  $\mu$ L das soluções dos extratos, com adição de 1900  $\mu$ L da solução de  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico e posterior homogeneização. A absorbância da solução obtida foi lida a 480 nm, sendo posteriormente colocada em banho-maria a 50 °C. A absorbância foi lida a cada 30 minutos, até o total de 120 minutos, substituindo a solução do extrato pelo metanol, como branco. O padrão quercetina foi preparado nas concentrações de 200, 175, 150 e 125, 100 e 50  $\mu$ g/mL.

A porcentagem de proteção do extrato contra a oxidação lipídica foi medida através da Equação 2, utilizando os valores das absorbâncias da amostra e do controle, onde:  $Abs_{amostra} = Abs_{amostra}$  após 0 minutos –  $Abs_{amostra}$  após 120 minutos e  $Abs_{controle} = Abs_{controle}$  após 0 minutos –  $Abs_{controle}$  após 120 minutos.

$$AA\% = 100 - \frac{Abs_{amostra} \times 100}{Abs_{controle}} \quad (2)$$

Foi possível ser determinada, a partir da geração de um gráfico de regressão linear, a concentração de amostra de extrato da polpa de tucumã que apresenta proteção contra 50% de oxidação lipídica (Concentração de Proteção - CP<sub>50</sub>), possibilitando a comparação dos resultados com as análises do antioxidante padrão quercetina.

## 2.8 Fator de Proteção Solar (FPS)

Conforme proposto por Mansur et al. (1986), os extratos hexânico e metanólico foram solubilizados em isopropanol P.A, na concentração de 1% m/m, e submetidos à análise espectrofotométrica com comprimentos de onda de 290, 295, 300, 305, 310, 315 e 320 nm, sendo o cálculo do FPS obtido através da Equação 3, onde FC = fator de correção, EE ( $\lambda$ ) = efeito eritemogênico da radiação de comprimento de onda  $\lambda$ , I ( $\lambda$ ) = intensidade do Sol no comprimento de onda  $\lambda$  e Abs ( $\lambda$ ) = absorvância da solução no comprimento de onda  $\lambda$ , utilizando os parâmetros *in vivo* apresentados na Tabela 1.

$$\text{FPS} = \text{FC} \times \sum \text{EE}(\lambda) \times \text{I}(\lambda) \times \text{Abs}(\lambda) \quad (3)$$

Tabela 1 – Parâmetros para determinação de FPS *in vivo*.

$\lambda$ (nm)	EE ( $\lambda$ ) x I ( $\lambda$ ) valores relativos
290	0,0150
295	0,0817
300	0,2874
305	0,3278
310	0,0839
315	0,0180

Fonte: Adaptada de Mansur et al. (1986).

## 2.9 Atividade Antimicrobiana

Os extratos hexânico e metanólico da polpa de tucumã foram testados contra cepas padrões das bactérias *Staphylococcus aureus* (ATCC6538), *Escherichia coli* (ATCC 35218) e *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 9027), através da redução da resazurina; e contra o fungo *Candida albicans* (ATCC 12031), através da redução do cloreto de 2,3,5-trifeniltetrazólico (TTC), pela técnica de diluição em microplaca (NCCLS, 2007).

Os extratos foram preparados na concentração inicial de 40 mg/mL, solubilizados em Tween a 1%. As bactérias e o fungo foram preparados na concentração de  $1,5 \times 10^4$  unidades formadoras de colônia (UFC)/mL, em caldo Mueller Hinton e caldo batata dextrose, respectivamente, ambos os caldos duplamente concentrados. Os corantes resazurina e TTC foram preparados nas concentrações de 0,01% e 1%, respectivamente, e autoclavados por 10 minutos a 121° C, sendo armazenados em refrigerador, em frascos âmbar.

O ensaio foi realizado utilizando uma microplaca estéril para cada microrganismo. Inicialmente, 100  $\mu$ L de inóculo foram colocados em poços da placa, sendo inserido em uma

coluna o controle de esterilidade, contendo somente meio de cultura. Em outra coluna foram inseridos 100 µL do solvente Tween a 1%, havendo a homogeneização e descarte de 100 µL da mistura de cada poço, sendo este o controle negativo do ensaio. Os extratos hexânico e metanólico foram testados em triplicata, com a adição de 100 µL de cada extrato e sucessivas diluições. Para o controle positivo foram utilizados os antibióticos amoxicilina para *S. aureus*, gentamicina para *E. coli* e *P. aeruginosa* e o antifúngico cetoconazol para *C. albicans*. Todas as placas foram incubadas a 36 °C, por 24 horas.

Após incubação, 20 µL de resazurina foram inseridos em todos os poços das placas de ensaio antibacteriano, bem como 20 µL de TTC foram inseridos em todos os poços da placa de ensaio antifúngico. As placas foram incubadas a 36 °C, por uma hora, para posterior verificação da redução dos corantes.

### 2.10 Análise Estatística

Os resultados da atividade antioxidante da polpa de tucumã foram submetidos à análise de variância ANOVA, para amostras homogêneas, e ao teste de Tukey, para distinguir as diferenças, levando em consideração o intervalo de confiança de 95%. O *software* utilizado foi o BioEstat 5.0.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Triagem Fitoquímica

No extrato metanólico da polpa de tucumã foram detectados flavonoides, taninos, alcaloides e saponinas. Já no extrato hexânico foram detectados alcaloides e esteroides (Tabela 2).

Tabela 2 – Resultado da triagem fitoquímica dos extratos da polpa de tucumã.

<b>Componentes</b>	<b>Extrato Metanólico</b>	<b>Extrato Hexânico</b>
Flavonoides	+	-
Taninos	+	-
Alcaloides	+	+
Saponinas	+	-
Esteroides	-	+

Resultado positivo (+) e negativo (-).

Tais resultados correlacionam-se aos descritos por Sagrillo et al. (2015), onde através da obtenção de extrato etanólico da polpa de tucumã coletado em uma floresta nativa na cidade de Manaus/AM, verificaram a presença de flavonoides como rutina e quercetina, e taninos como ácido gálico, ácido cafeico e ácido clorogênico. Santos et al. (2015) também constataram a presença dos flavonoides antocianina e flavonol em frutos de bacaba (*Oenocarpus bacaba*), buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) e tucumã do Pará (*Astrocaryum vulgare* Mart.), relacionando tais resultados com a intensidade da cor do fruto e atividade antioxidante.

Os compostos fenólicos em sua grande maioria são ésteres ou esterosídeos, característica que induz sua solubilização em solventes polares como metanol e etanol (PELLEGRINI et al., 2007). A polaridade do metanol, no entanto, é superior à do etanol, em virtude da sua cadeia hidrocarbônica ser menor que a do etanol, sendo, portanto, mais eficiente na extração de compostos antioxidantes com maior polaridade, conforme observado por Freire et al. (2013). Com isso, a presença de flavonoides e taninos no extrato metanólico, bem como a ausência destes compostos no extrato hexânico, de característica apolar, eram resultados previstos neste trabalho.

A quantidade e posição de hidroxilas presentes na molécula de compostos fenólicos é um fator relevante para a atividade antioxidante de tais metabólitos. A presença de anel aromático, com alguns hidrogênios substituídos por hidroxilas, é responsável por doar hidrogênio e elétrons para o radical livre, permanecendo estável, visto que o anel aromático é capaz de estabilizar o elétron desemparelhado (FREIRE et al., 2013).

A correlação entre compostos fenólicos e atividade antioxidante em plantas e frutos é comprovada através de estudos das mais diversas espécies. Na análise da atividade antioxidante de erva-cidreira (*Magnolia officinalis*) frente ao radical livre DPPH•, os extratos que continham maior quantidade de compostos fenólicos e flavonoides, apresentaram maior atividade antioxidante (POURMORAD et al, 2006). No estudo de uvas, Abe et al. (2007) observaram que quanto mais intensa a coloração do fruto, mais compostos fenólicos e mais atividade antioxidante o mesmo possui. Conforme proposto por Monteiro et al. (2005), a respeito do teor de taninos em plantas medicinais, devem ser realizadas análises mais específicas quanto à influência da sazonalidade e do local de coleta, o efeito da poluição atmosférica, efeito da restrição de nutrientes no solo, alternativas para obtenção de taninos de espécies arbóreas e comparação dos teores de taninos entre partes da mesma planta.

A detecção de alcaloides nos extratos metanólico e hexânico deve-se ao fato destes serem aminas, cuja natureza é polar, porém são ligeiramente solúveis em solventes apolares (SOUTO; DUARTE, 2006). Os alcaloides são um grupo de aminas biologicamente ativas,

sendo um grupo de metabólitos secundários comumente sintetizados por plantas, levemente básicos. Por serem tóxicos, oferecem à planta proteção contra animais, atuando também na proteção contra raios ultravioleta, regulação do crescimento, do metabolismo interno e da reprodução. Sua utilização biotecnológica principal se dá a partir da produção de analgésicos, como a morfina. Exemplos de alcaloides naturais são a cafeína e a nicotina, e de alcaloides sintéticos a anfetamina e diazepam (SOUTO; DUARTE, 2006). Sagrillo et al. (2015) também encontraram alcaloides nos extratos etanólicos da polpa e casca de tucumã coletado em uma floresta nativa na cidade de Manaus/AM.

Saponinas atuam em plantas como toxinas contra herbívoros e fungos, com propriedades similares às de um detergente. A unidade glucosilo das saponinas consiste em um oligossacarídeo ramificado construído a partir de glucose, galactose, xilose, e outras hexoses. As saponinas são tóxicas, tendo capacidade de dissolver membranas plasmáticas de fungos e causar hemólise em células animais. Tais metabólitos podem ser utilizados na indústria farmacêutica como, por exemplo, os cardenolídeos que em doses baixas, são amplamente utilizados como medicamento contra doenças cardíacas (HELDT, 2005). Não há relatos sobre a presença de saponinas em polpa de tucumã na literatura, tendo sido observada pela primeira vez neste trabalho.

### **3.2 Análise de Quercetina**

A partir da comparação entre os cromatogramas do padrão quercetina (Figura 1) e os cromatogramas dos extratos metanólico e hexânico da polpa de tucumã (Figuras 2 e 3), foi possível verificar que a polpa de tucumã em estudo não apresentou quantidade suficiente de quercetina a ser quantificada.

Figura 1. Cromatogramas do padrão quercetina.

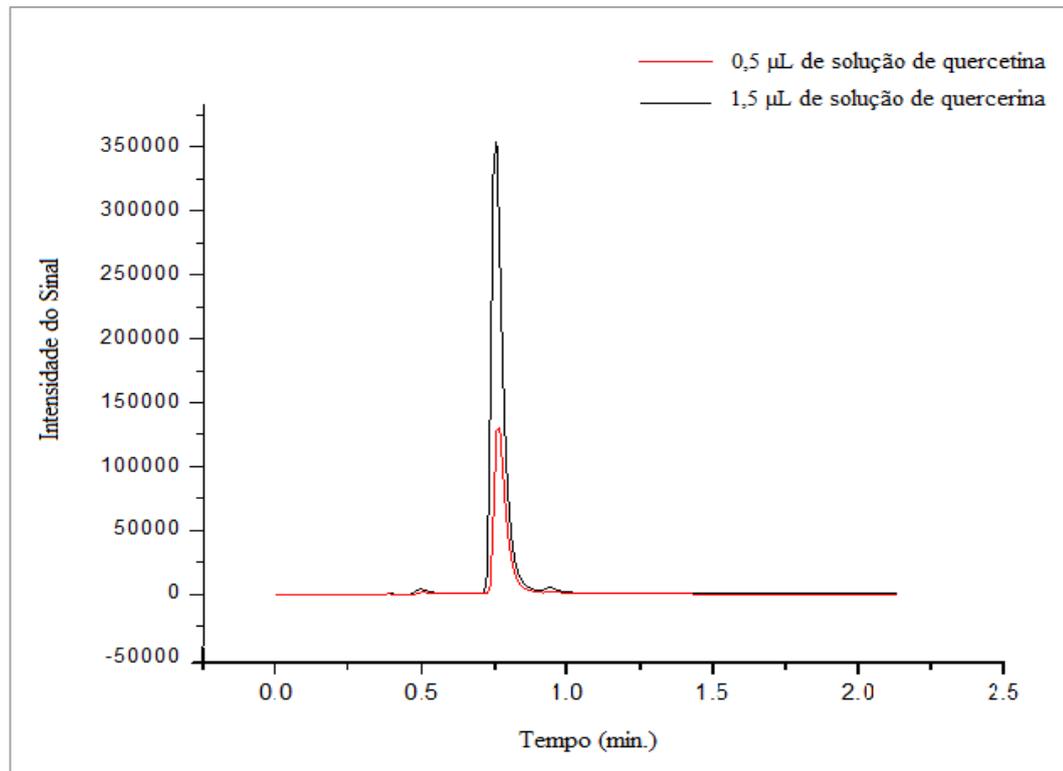


Figura 2. Cromatogramas do extrato metanólico da polpa de tucumã e do extrato metanólico com adição do padrão quercetina.

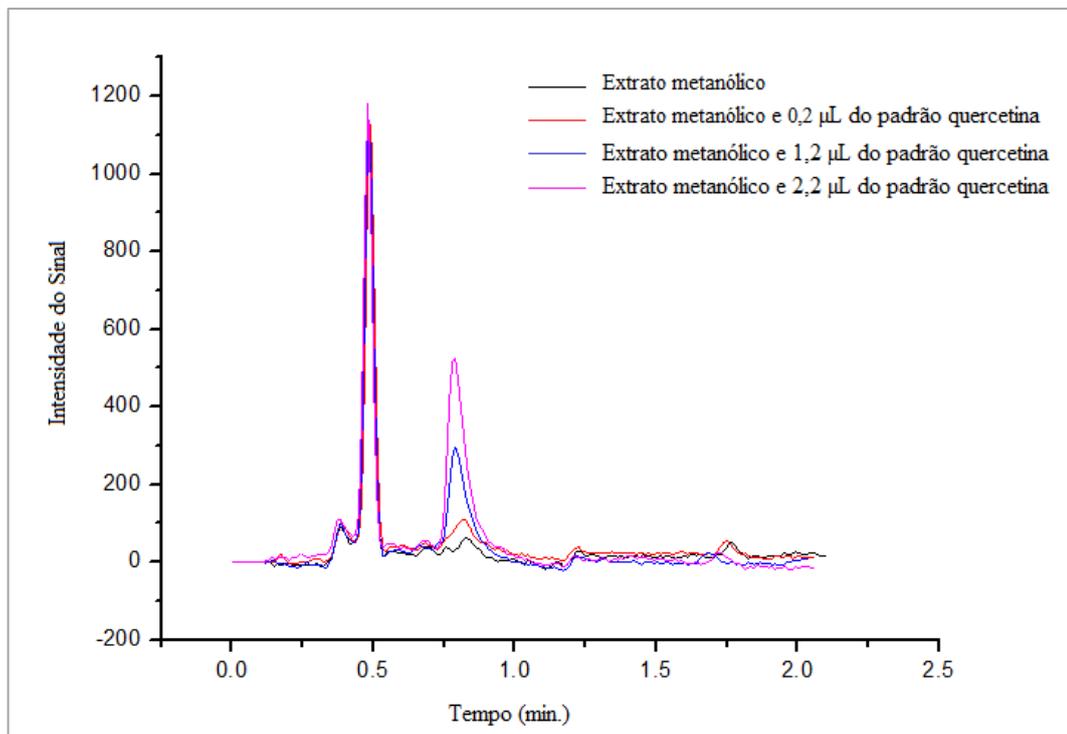
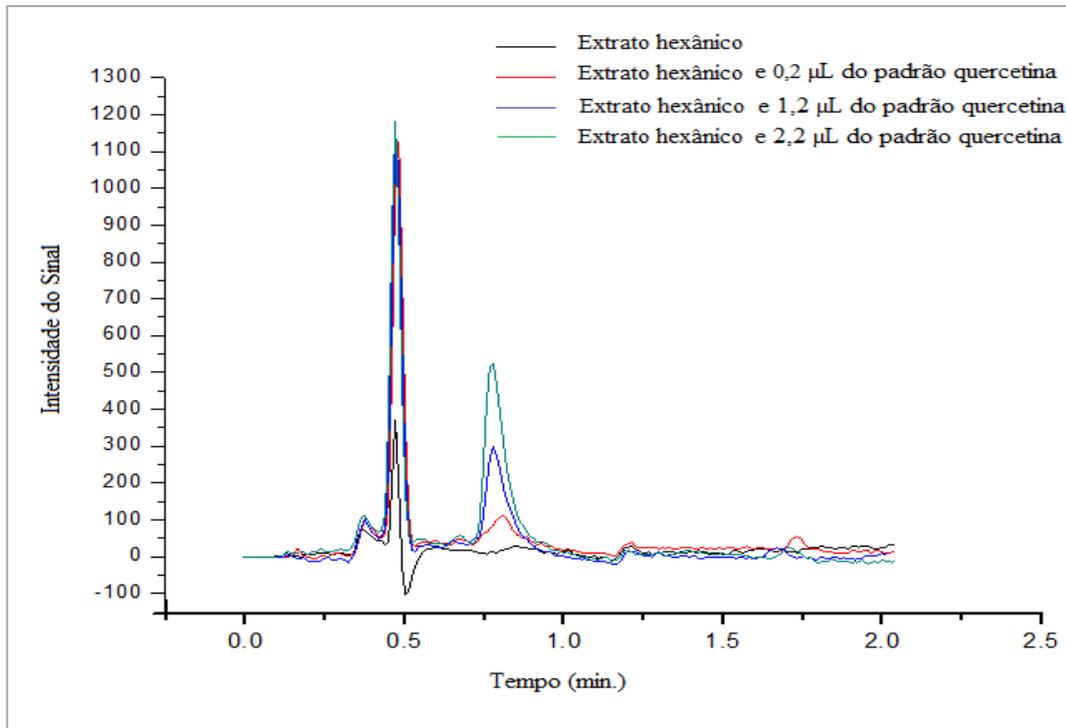


Figura 3. Cromatogramas do extrato hexânico da polpa de tucumã e do extrato hexânico com adição do padrão quercetina.



Tais resultados diferem do que foi observado por Sagrillo et al. (2015), onde foi possível observar 4,97 mg/100 g de quercetina nos extratos etanólicos da polpa e da casca de tucumã. O resultado negativo para quercetina no presente estudo, em comparação com os resultados de Sagrillo et al. (2015), evidencia a diferença na composição de frutos de tucumã coletados em locais, períodos e tempo de maturação de frutos diferentes, conforme relatado por Monteiro et al. (2005).

### 3.3 Atividade Antioxidante – Sequestro do DPPH•

As Figuras 4, 5 e 6 representam as curvas analíticas da atividade antioxidante para diferentes concentrações de quercetina, ácido ascórbico e extrato metanólico da polpa de tucumã, respectivamente. A partir destas curvas foram determinados os valores de  $CE_{50} = 17,83 \mu\text{g/mL}$  para a quercetina,  $19,37 \mu\text{g/mL}$  para o ácido ascórbico e  $154,34 \mu\text{g/mL}$  para o extrato metanólico da polpa de tucumã.

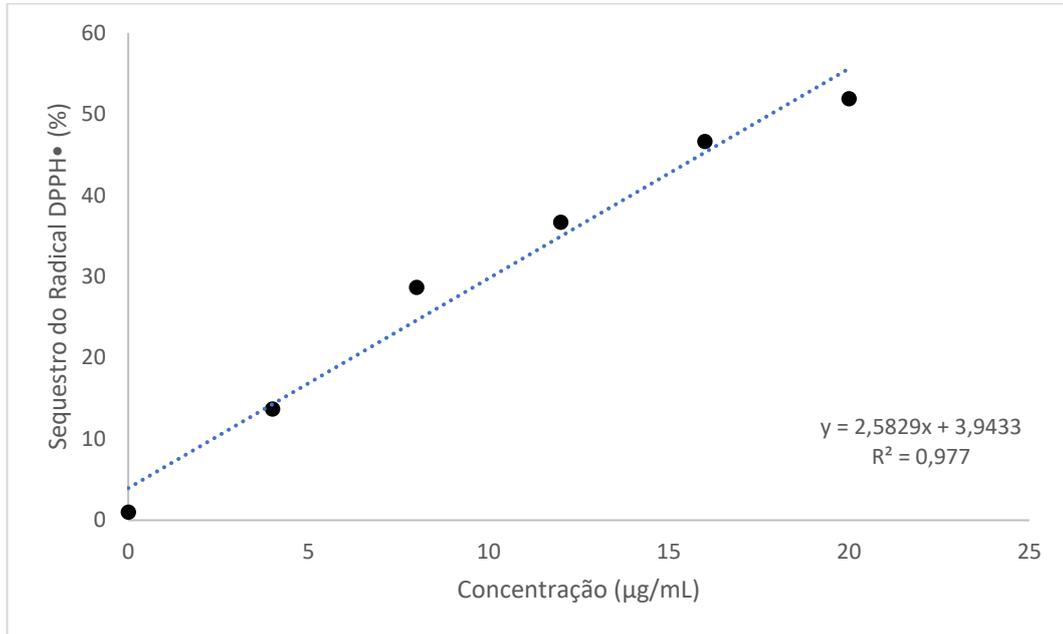
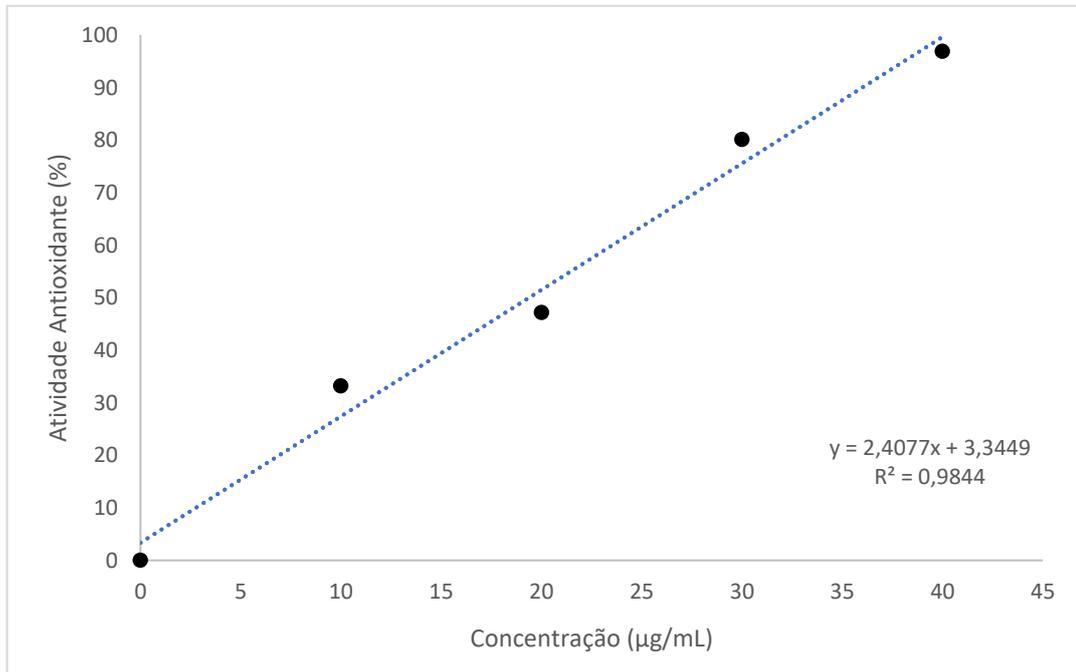
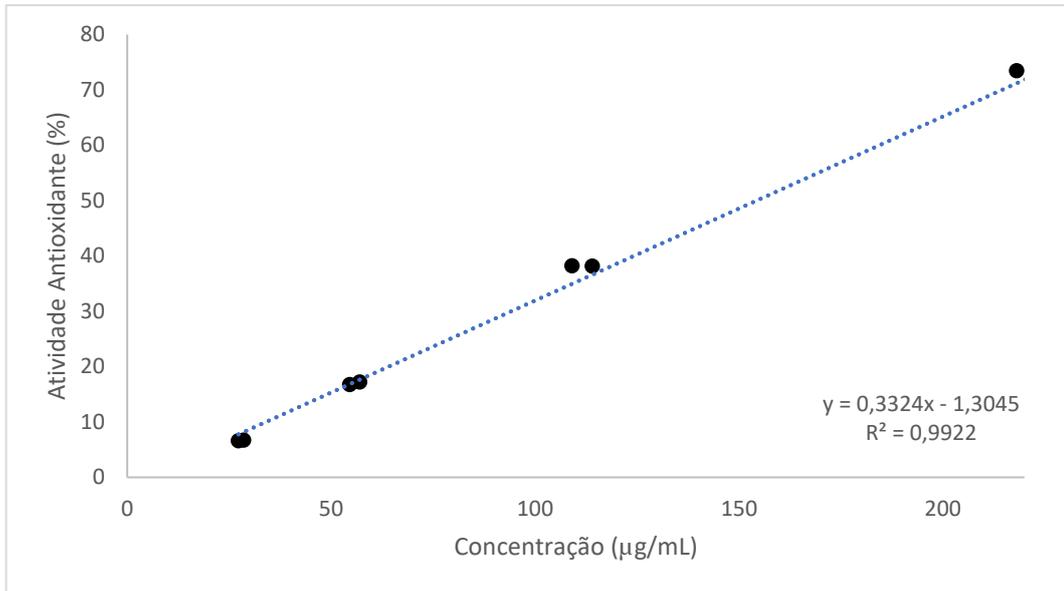
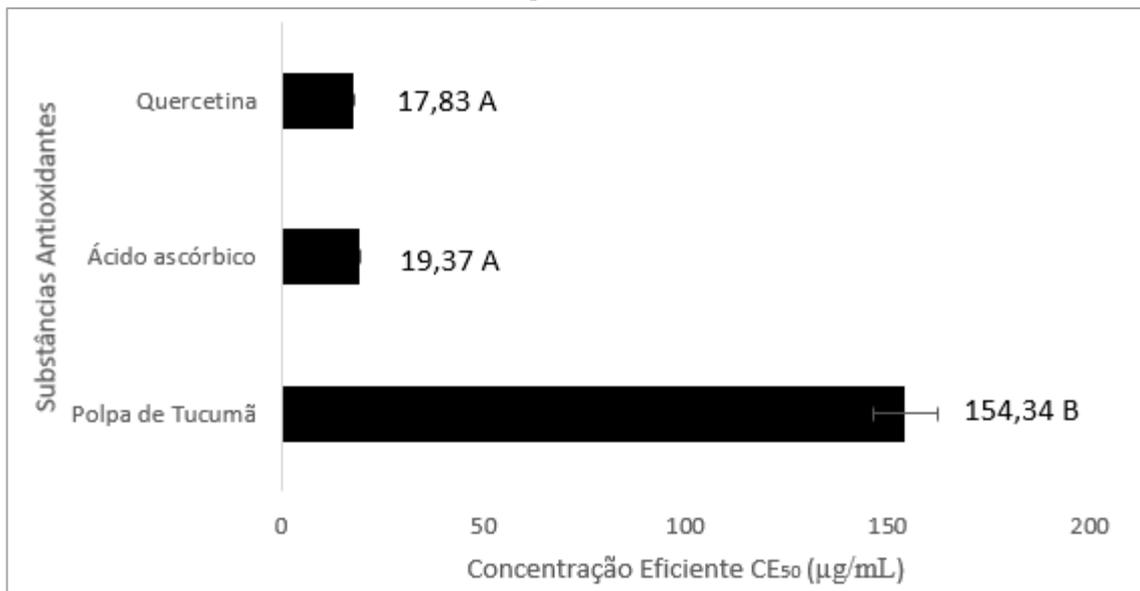
Figura 4. Curva analítica da quercetina, utilizada para determinação da Concentração Eficiente ( $CE_{50}$ ).Figura 5. Curva analítica do ácido ascórbico, utilizada para determinação da Concentração Eficiente ( $CE_{50}$ ).

Figura 6. Curva analítica do extrato metanólico da polpa de tucumã, utilizada para determinação da Concentração Eficiente ( $CE_{50}$ ).



A partir dos resultados obtidos após as análises dos antioxidantes padrões e do extrato metanólico da polpa de tucumã, pôde-se verificar que o extrato da polpa de tucumã apresenta atividade antioxidante 8,65 vezes menos eficiente ( $CE_{50} = 154,34 \mu\text{g/mL}$ ) que o padrão quercetina ( $CE_{50} = 17,83 \mu\text{g/mL}$ ) e 7,96 vezes menos eficiente que o padrão ácido ascórbico ( $CE_{50} = 19,37 \mu\text{g/mL}$ ), conforme representado na Figura 7.

Figura 7. Concentração Eficiente ( $CE_{50}$ ) em  $\mu\text{g/mL}$  do extrato metanólico da polpa de tucumã e antioxidantes padrões.



Letras iguais indicam igualdade estatística e letras diferentes indicam diferença estatística (A-B), com  $p < 0,5$ .

Tais resultados se mostraram inferiores aos resultados obtidos por Sagrillo et al. (2015), onde a atividade antioxidante do extrato etanólico da polpa do tucumã coletado em uma floresta nativa da cidade de Manaus/AM, apresentou concentração apenas 2,29 vezes menos eficiente que o ácido ascórbico. Porém, se mostraram superiores aos resultados de Lima et al. (2014), onde o óleo da polpa de tucumã apresentou concentração 10,21 vezes menos eficiente que a quercetina.

Mesmo tendo sido utilizada a mesma técnica para determinação da atividade antioxidante, as diferenças das metodologias aplicadas, dos solventes utilizados para extração, bem como dos locais e períodos de coleta, podem ter influência na discrepância nos valores encontrados, uma vez que a atividade antioxidante está relacionada à concentração de flavonoides e esta varia de acordo com fatores genéticos, ambientais e tecnologias empregadas (MANACH et al. 2004). Adicionalmente, conforme relatado por Borges (2013), o período de colheita, a região de cultivo e o período de maturação também forneceram diferenças na atividade antioxidante de frutos de juçara (*Euterpe edulis* M.), o que reitera a teoria supracitada a respeito da discrepância entre os estudos da atividade antioxidante da espécie *Astrocaryum aculeatum* coletada de locais e em períodos diferentes.

A capacidade antioxidante do extrato metanólico da polpa de tucumã, verificada no presente trabalho, se mostrou mais eficiente que a dos extratos etanólicos de polpas de cupuaçu, pintanga e cacau, descritas por Calado et al. (2015); que a dos extratos acetônico-metanólicos de polpas de acerola (*Malpighia emarginata*), caju (*Anacardium occidentale*), goiaba (*Psidium guajava*) e morango (*Fragaria* sp.) analisadas por Freire et al. (2013); e que a do extrato alcoólico da polpa de pequi (LIMA, 2008), mostrando, portanto, excelentes resultados na captura de radicais livres.

Ainda, é possível inferir que, devido a polpa do tucumã coletado no município de Rio Preto da Eva/AM não ter apresentado o flavonoide quercetina, a atividade antioxidante observada se dá pela presença de outros compostos fenólicos.

### **3.4 Atividade Antioxidante - Sistema $\beta$ -caroteno /Ácido Linoleico**

As Figuras 8 e 9 representam as curvas analíticas da atividade antioxidante para diferentes concentrações de quercetina e extrato de polpa de tucumã, respectivamente. A partir destas curvas, por meio da regressão linear, foram determinados os valores  $CP_{50} = 116,94\mu\text{g/mL}$  para a quercetina e  $CP_{50} = 466,08 \mu\text{g/mL}$  para o extrato da polpa de tucumã.

Figura 8. Curva analítica da quercetina, utilizada para determinação da Concentração de Proteção ( $CP_{50}$ ).

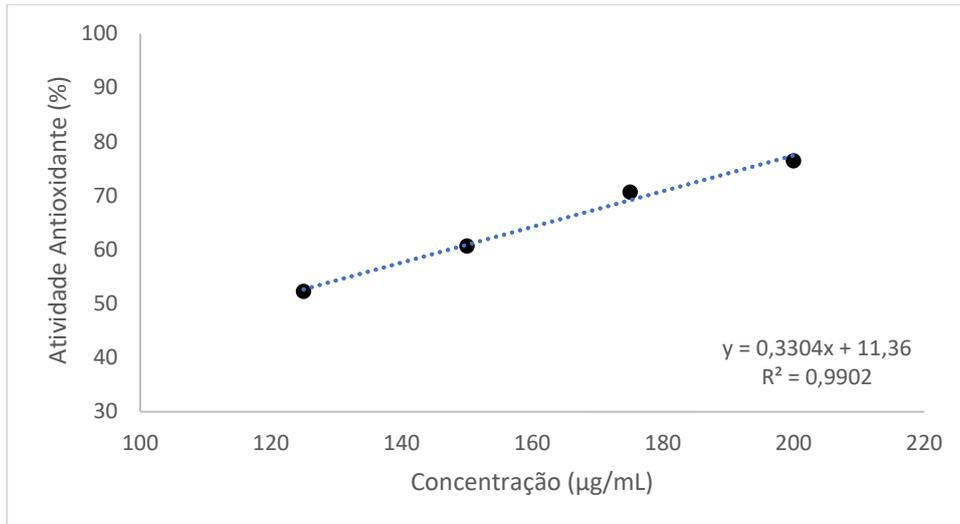
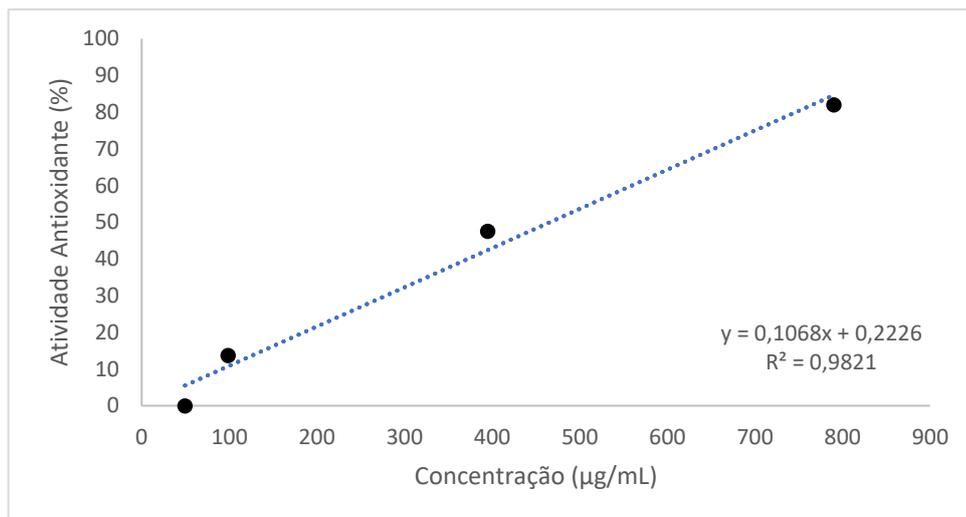
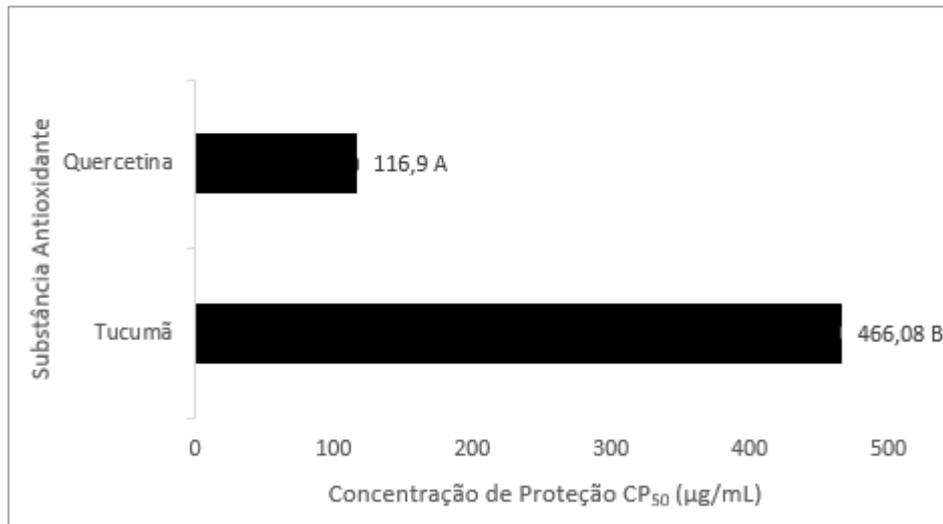


Figura 9. Curva analítica do extrato metanólico da polpa de tucumã, utilizada para determinação da Concentração de Proteção ( $CP_{50}$ ).



A partir dos resultados obtidos após as análises dos antioxidantes padrões e do extrato metanólico da polpa de tucumã, pôde-se verificar que o extrato da polpa de tucumã apresenta atividade antioxidante 3,98 vezes menos eficiente ( $CP_{50} = 466,08,34 \mu\text{g/mL}$ ) que o padrão quercetina ( $CP_{50} = 116,9 \mu\text{g/mL}$ ), conforme representado na Figura 10.

Figura 10. Concentração de Proteção (CP<sub>50</sub>) em µg/mL do extrato metanólico da polpa de tucumã e o antioxidante padrão quercetina.



Letras iguais indicam igualdade estatística e letras diferentes indicam diferença estatística (A-B),  $p < 0,5$ .

A ação protetora contra oxidação do  $\beta$ -caroteno se mostrou mais eficiente que a ação de sequestro de radicais DPPH, demonstrando que o extrato metanólico da polpa de tucumã é mais eficiente na proteção contra oxidação do que no sequestro de radicais livres.

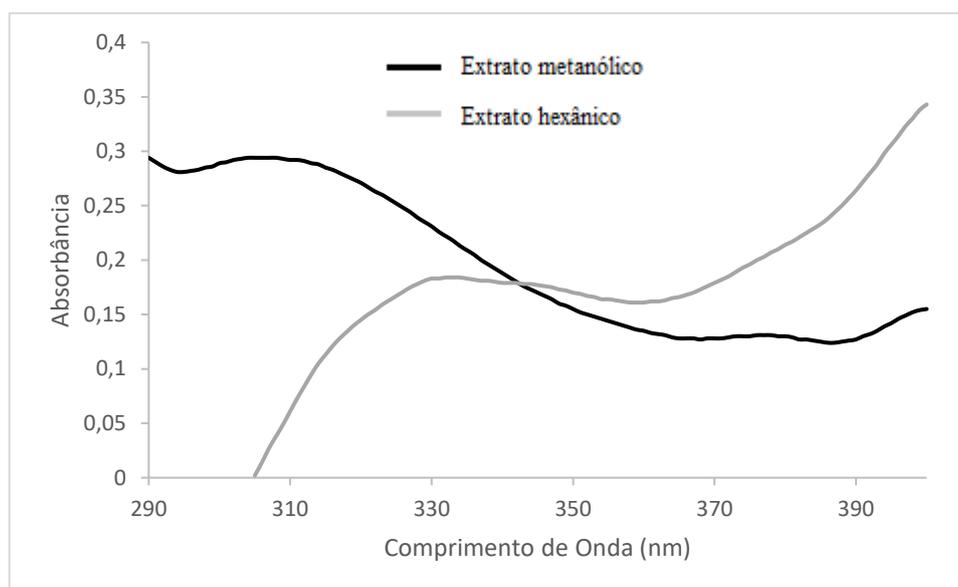
Santos et al. (2015), no estudo da atividade antioxidante de palmeiras amazônicas, verificaram que o tucumã do Pará e bacaba possuem alta capacidade antioxidante através da técnica do  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico, sugerindo o potencial do uso de frutas nativas da Amazônia como alimento.

Essa característica é importante, pois faz com que a polpa de tucumã seja um fruto menos suscetível a degradação lipídica, uma vez que sua atividade antioxidante fornece proteção contra tal tipo de degradação comum em alimentos.

### 3.5 Fator de Proteção Solar (FPS)

O extrato metanólico da polpa de tucumã apresentou FPS igual a  $5,65 \pm 0,06$  e o extrato hexânico não apresentou atividade de proteção solar. Os espectros de absorção dos extratos estão representados na Figura 11.

Figura 11. Espectros de absorção dos extratos metanólico e hexânico da polpa de tucumã.



Estudos de Rosa et al. (2008) encontraram valores baixos de FPS em extratos vegetais de *Achillea millefolium* L., bem como Pinto et al. (2013) verificaram que extratos de *Ginkgo biloba*, *Hamamelis virginiana*, *Matricaria chamomilla*, própolis e *Pereskia aculeata* apresentaram FPS inferior a 1.

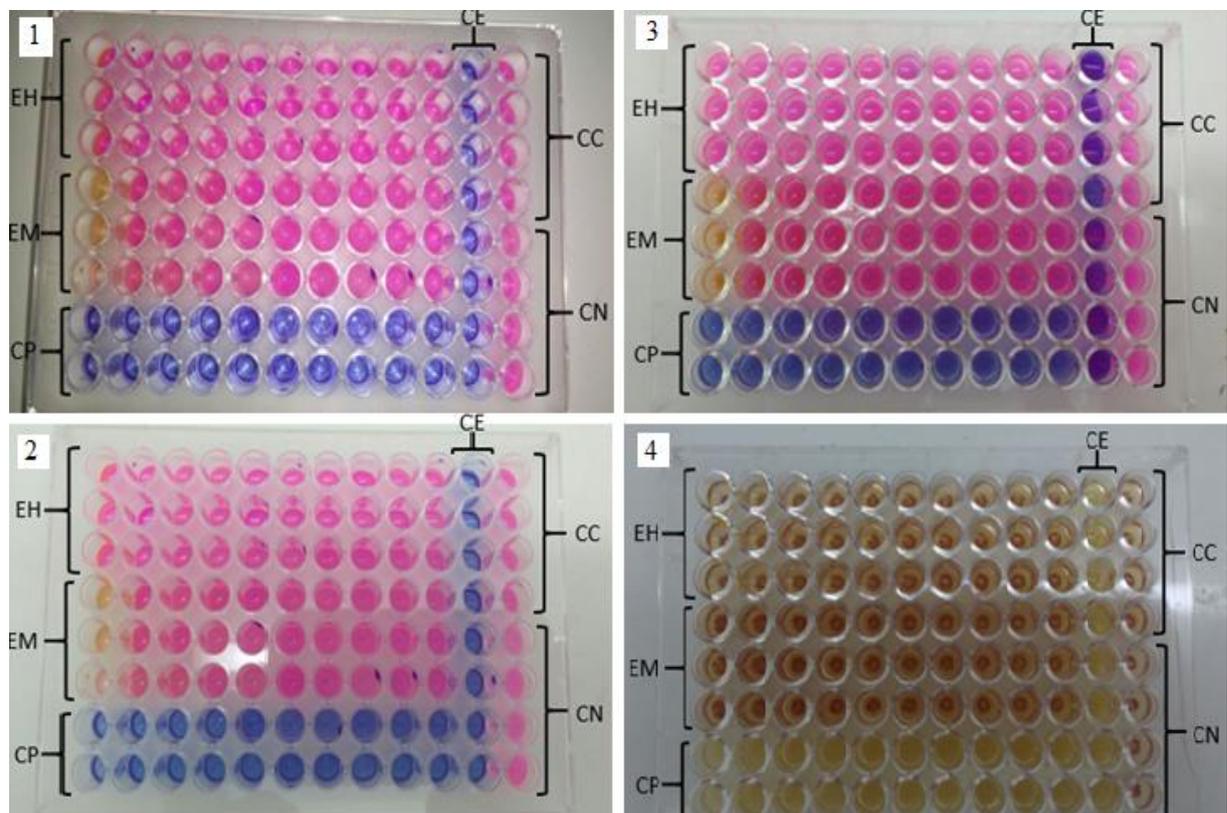
Conforme disposto no Regulamento Técnico Mercosul sobre Protetores Solares em Cosméticos, o valor mínimo de FPS para rotulagem de protetores solares é no mínimo 6, com efeito de baixa proteção solar (BRASIL, 2012). Apesar dos extratos da polpa de tucumã apresentarem metabólitos secundários com atividade fotoprotetora, como flavonoides e carotenoides (ROSA et al., 2008; SVOBODOVA, 2006; SIES; STAHL, 2004), o fator de proteção encontrado neste estudo foi inferior ao mínimo exigido. Desta forma, não se torna viável a utilização dos extratos metanólico e hexânico da polpa de tucumã como fotoprotetores isolados, podendo o extrato metanólico ser aproveitado para formulação de fotoprotetores como coadjuvante de filtros sintéticos. Tal atividade fotoprotetora pode ser associada à já comprovada atividade antioxidante da polpa de tucumã, tornando-se viável a utilização dos extratos da polpa de tucumã pela indústria cosmética, como, por exemplo, na formulação de fotoprotetores com FPS baixo, utilizado por pessoas com a pele mais escura, ou, ainda, em formulações que tenham atividade antioxidante e fotoprotetora associadas.

### 3.6 Atividade Antimicrobiana

Não foi constatada atividade antimicrobiana dos extratos hexânico e metanólico da polpa de tucumã contra *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Pseudomonas aeruginosa*, a

partir da observância da redução da resazurina nos poços onde as diluições dos extratos foram inseridas, bem como nos controles de crescimento e controle negativo; e a não redução da resazurina no controle de esterilidade e controle positivo. Também não foi constatada atividade antimicrobiana dos extratos hexânico e metanólico da polpa de tucumã contra *Candida albicans*, a partir da observância da redução do TTC nos poços onde as diluições dos extratos foram inseridas, bem como nos controles de crescimento e controle negativo; e a não redução do TTC no controle de esterilidade e controle positivo (Figura 12).

Figura 12. Resultado do ensaio da atividade antimicrobiana dos extratos da polpa de tucumã contra *Staphylococcus aureus* (1), *Escherichia coli* (2), *Pseudomonas aeruginosa* (3) e *Candida albicans* (4).



EH = extrato hexânico, EM= extrato metanólico, CP = controle positivo, CE= controle de esterilidade, CC = controle de crescimento e CN = controle negativo.

A ausência de atividade antibacteriana verificada neste estudo, está de acordo com os resultados do estudo realizado por Jobim et al. (2014), onde não foi verificada atividade antimicrobiana do extrato etanólico da polpa de tucumã contra *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Paenibacillus larvae*, e *Salmonella choleraesuis*. Porém, estes autores observaram atividade antimicrobiana contra *Candida albicans*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes* e *Enterococcus faecalis*. No entanto, a concentração inibitória

mínima de 46,5 mg/mL verificada contra *C. albicans* foi superior à maior concentração (20 mg/mL) de extrato utilizada no presente estudo. Outros fatores a serem levados em consideração, em comparação com o estudo supracitado, são a utilização de solventes diferentes para extração e utilização de outras cepas de *C. albicans*. Ainda, a diferença do local e período de coleta podem ter influenciado a composição química dos frutos estudados, com produção de metabólitos secundários diferindo na estrutura e quantidade, conforme relatado por Monteiro et al. (2005).

#### 4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo indicam potencial biotecnológico presente na polpa de tucumã e, através da análise dos extratos metanólico e hexânico, pôde-se concluir que:

- A polpa de tucumã contém as principais classes de metabólitos secundários: flavonoides, taninos, alcaloides, saponinas e esteroides. Há presença de flavonoides, taninos e saponinas no extrato metanólico, bem como ausência destes metabólitos secundários no extrato hexânico da polpa de tucumã; os alcaloides estão presentes nos extratos metanólico e hexânico da polpa de tucumã; há presença de esteroides no extrato hexânico, bem como ausência deste metabólito secundário no extrato metanólico da polpa de tucumã;

- O extrato metanólico da polpa de tucumã, contendo flavonoides, taninos, alcaloides e saponinas, possui potencial antioxidante no sequestro de radicais livres, bem como na proteção contra peroxidação, podendo ser utilizado em estudos para formulação de fitoterápicos, cosméticos e alimentos com atividade antioxidante;

- Os extratos metanólico e hexânico da polpa de tucumã não apresentaram valores de quercetina suficientes para detecção e quantificação por CLAE, mostrando que há variação na composição química de frutos de *Astrocaryum aculeatum* coletados de diferentes regiões e épocas do ano, uma vez que já foi relatada a presença de tal flavonoide na polpa do fruto;

- Os extratos metanólico e hexânico da polpa de tucumã apresentaram FPS inferior ao mínimo exigido pela regulamentação vigente, no entanto o extrato metanólico se mostrou mais eficiente que o extrato hexânico, podendo haver relação com a presença de compostos fenólicos com atividade de proteção solar neste extrato. Com baixo fator de proteção solar, o extrato metanólico da polpa de tucumã pode ser utilizado em associação a outros protetores sintéticos mais eficientes, devendo haver o desenvolvimento de estudos específicos a respeito;

- A ausência de atividade antimicrobiana dos extratos metanólico e hexânico contra *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Candida albicans* demonstra que tais extratos não possuam substâncias específicas para a inibição do crescimento

de tais microrganismos, ou estas se apresentavam em quantidades insuficientes para inibição, visto que local e período de coleta, bem como o tempo de maturação dos frutos influenciam na composição química da polpa;

•A polpa de tucumã apresenta potencial biotecnológico do interesse de indústrias farmacêuticas, cosméticas e de alimentos, destacando-se sua alta capacidade antioxidante e presença de metabólitos secundários diversos, os quais devem ser isolados e analisadas suas propriedades específicas, a fim de que seja determinada a correta e eficiente utilização dos extratos.

## 5 REFERÊNCIAS

ABE, L. T.; DA MOTA, R. V.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca* L. e *Vitis vinífera* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 394-400, 2007.

BARROSO, L. M.; SOUZA, P. J F.; BATISTA, R. F.; MARTINS, V. L.; GUIMARÃES, A. C. Produção e caracterização do biodiesel produzido a partir do óleo de tucumã. **6º Simpósio Nacional de Biocombustíveis**. Canoas, 2013. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/biocom/2013/trabalhos/1778-14993.html>>. Acesso em: 23 abr. de 2016.

BORGES, G. S. C. **Determinação de compostos bioativos e avaliação da atividade antioxidante das diferentes frações dos frutos de juçara (*Euterpe edulis* Mart.) cultivados no estado de Santa Catarina**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

BRAGA, A. C. C.; SILVA, A. E.; PELAIS, A. C. A.; BICHARA, C. M. G.; POMPEU, D. R. Atividade Antioxidante e quantificação de compostos bioativos dos frutos de abricó (*Mammea americana*). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, p. 31-36, 2010.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 28, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001**. Brasília, DF, 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução - RDC Nº 30 de 1º de junho de 2012**. Brasília, DF, 2012.

CALADO, J. C. P.; ALBERTÃO, P. A.; OLIVEIRA, E. A.; LETRA, M. H. S.; SAWAYA, A. C. H.; MARUCCI, M. C. Flavonoid Contents and Antioxidant Activity in Fruit, Vegetables and Other Types of Food. **Agricultural Sciences**, v. 6, p. 426-435, 2015.

COSTA, J. R.; LEEUWEN, J. A. **Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica**. São Paulo: Petrópolis Press, p. 193-200, 2004.

DUARTE-ALMEIDA, J. M.; SANTOS, R. J.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico e método de sequestro de radicais DPPH•. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452, 2006.

FAPEAM – FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA NO ESTADO DO AMAZONAS. **Tucumã é alvo de interesse em alimento, cosmético e energia**. Manaus, AM, 2012. Disponível em: <<http://www.fapeam.am.gov.br/tucuma-e-alvo-de-interesse-para-alimento-cosmetico-e-energia/>>. Acesso em: 12 jan. de 2016.

FILHO, V. C.; YUNES, R. A. Estratégias para a obtenção de compostos farmacologicamente ativos a partir de plantas medicinais. Conceitos sobre modificação estrutural para otimização da atividade. **Química nova**, v. 21, n. 1, 1998.

FLOR, N. S.; ANDRADE, J. S.; FERREIRA, S. A. N. Nutritional value and sensorial attributes of tucum paste. **British Journal of Applied Science & Technology**, v. 5, p. 371-379, 2015.

FREIRE, J. M.; ABREU, C. M. P.; ROCHA, D. A.; CORRÊA, A. D.; MARQUES, N. R. Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. **Ciência Rural**, v. 43, n. 12, 2013.

HELDT, H. W. **Plant biochemistry**. 3 ed. Amsterdam: Elsevier, 2005. 630 p.

JOBIM, M. L.; SANTOS, R. C.; AIVES, C. F. S.; OLIVEIRA, R. M., MOSTARDEIRO, C. P.; SAGRILLO, M. R.; SOUZA FILHO, O. C.; GARCIA, L. F. M.; MANICA-CATTANI, M. F.; RIBEIRO, E. E.; CRUZ, I. B. M. Antimicrobial activity of Amazon *Astrocaryum aculeatum* extracts and its association to oxidative metabolism. **Microbiological Research**, v. 169, p. 314-323, 2014.

KAHN, F. The genus *Astrocaryum* (Arecaceae). Las palmeras en América del Sur. **Revista Peruana de Biología**, v. 15, p. 031-048, 2008.

LIMA, A. **Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante in vitro e in vivo, e identificação dos compostos fenólicos presentes no pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.)**. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Ciência dos Alimentos, São Paulo, 2008.

LIMA, E. de Q.; MARINHO, O. R.; PEREIRA, A. de L.; RIBEIRO, E. M.; MARTINS, V. L.; GUIMARÃES, A. C.; LYRA, W. da S. Atividade antioxidante de óleos de plantas amazônicas utilizando o método de sequestro de radicais livres DPPH. **37ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**, Natal, 2014.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C. JUMENEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 79, p. 727-747, 2004.

MANSUR, J.; BREDE, M.; MANSUR, M.; AZULAY, R. S. Determinação do fator de proteção solar por espectrofotometria. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 61, n. 3, p. 121-124, 1986.

MATOS, F. J. de A. **Introdução à Fitoquímica Experimental**. 3 ed. Edições UFC: Fortaleza, 2009. 150 p.

MILESI, S. S.; GUTERRES, S. S. Fatores determinantes na eficácia de fotoprotetores. **Caderno de Farmácia**, v. 18, n. 2, p. 81-87, 2002.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L.; AMORIM, A. L. C. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, n. 5, p. 892-896, 2005.

NCCLS – National Committee for Clinical Laboratory Standards. **Metodologia dos testes de sensibilidade a agentes antimicrobianos por diluição para bactéria de crescimento aeróbico**. Norma Aprovada – 6 ed, M7-A6, v.3, n. 2007.

PELEGRINI, N.; COLOMBI, B.; SALVATORE, S.; BRENNIA, O. V.; GALAVERNA, G.; DEL RIO, D.; BIANCHI, M.; BENNETT, R. N.; BRIGHENTI, F. Evaluation of antioxidant capacity of some fruit and vegetable foods: efficiency of extraction of a sequence of solvents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, p. 103–111, 2007.

PHANI, R. S.; VINAYKUMAR, K.; UMAMAHESWARA, R.; SINDHUJA, G. Quantitative analysis of quercetin in natural sources by RP-HPLC. **International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences**, v. 1, n. 1, 2010.

PINTO, J. E. S.; MICKOS, T. B.; SILVA, K. F.; SARTOR, C. F. P. FELIPE, D. F. Estudo da atividade fotoprotetora de diferentes extratos vegetais e desenvolvimento de formulação de filtro solar. **VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar**, Maringá, 2013. Disponível em <[http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2013/oit\\_mostra/Jessica\\_Evelyn\\_Santiago\\_Pinto.pdf](http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2013/oit_mostra/Jessica_Evelyn_Santiago_Pinto.pdf)>.

POURMORAD, F.; HOSSEINIMEHR, S. J.; SHAHABIMAJD, N. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected iranian medicinal plants. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, n. 1, p.1142-1145, 2006.

RAMOS, S. L. F.; MACÊDO, J. L. V; LOPES, S. S.; RAMOS, L. F. F. Técnicas para facilitar a germinação de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer). **Comunicado Técnico Embrapa**, Manaus, 2009.

ROSA, M. B.; OLIVEIRA, T. G.; CARVALHO, C. A.; SILVA, F. D.; CARVALHO, L. M.; NASCIMENTO, P. C.; PERES, R. L., Estudo espectrofotométrico da atividade foto-protetora de extratos aquosos de *Achillea millefolium*, *Brassica oleracea* Var. capitata, *Cyperus rotundus*, *Plectranthus barbatus*, *Porophyllum ruderale* (Jacq.) cass e *Sonchus oleraceus*. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 5, n. 1, p. 101-110, 2008.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Comunicado Técnico Embrapa**, Fortaleza, 2006.

SAGRILLO, M. R.; GARCIA, L. F. M.; FILHO, O. C. de S.; DUARTE, M. M. M. F.; RIBEIRO, E. E.; CADONÁ, F. C.; CRUZ, I. B. M. Tucumã fruit extracts (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) decrease cytotoxic effects of hydrogen peroxide on human lymphocytes. **Food Chemistry**, v. 173, p. 741–748, 2015.

SANTOS, M. F. G.; MAMDE, R. V. S.; RUFINO, M. S. M. R.; BRITO, E. S. ALVES, R. E. Amazonian native palm fruits as sources of antioxidant bioactive compounds. **Antioxidants**, v.4, p. 591-602, 2015.

SIES, H.; STAHL, H. Nutritional protection against skin damage from sunlight. **Annual Review of Nutrition**, v. 24, p. 173–200, 2004.

SILVA, G. F. **Estudo do potencial biotecnológico de *Aniba canelilla* (H. B. K.) Mez para obtenção de cosméticos**. Dissertação de mestrado, Universidade do Estado do Amazonas, Mestrado em Biotecnologia e Recursos Naturais da Amazônia, 2012.

SOUTO, C. R. O.; DUARTE, H. C. **Química da vida**. Natal: EDUFRN, 2006.

SVOBODOVA, A.; WALTEROVA, D. VOSTALOVA, J. Ultraviolet light induced alteration to the skin. **Biomedical Papers**, v. 150, n. 1, p. 25–38, 2006.

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.

## CAPÍTULO II

**ESTUDO DA CONSERVAÇÃO DAS  
PROPRIEDADES NUTRICIONAIS DA POLPA DE  
TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum*) *in natura*, EM  
EMBALAGENS A VÁCUO**

## ESTUDO DA CONSERVAÇÃO DAS PROPRIEDADES NUTRICIONAIS DA POLPA DE TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum*) *in natura*, EM EMBALAGENS A VÁCUO

Azevedo, S. C. M.<sup>1</sup>; Matsuura, Takeshi<sup>2</sup>; Albuquerque, P. M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Escola Superior de Ciências da Saúde, Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Brasil;* <sup>2</sup>*Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil.*

### RESUMO

O tucumã, também conhecido como tucumã do Amazonas, comumente encontrado na Região Amazônica, é o fruto oriundo da palmeira *Astrocaryum aculeatum*, possuindo potencial econômico local. Caracteriza-se como um fruto pouco ácido, com baixos teores de açúcar, alto teor de  $\beta$ -caroteno e alto valor energético. Nesse sentido, este trabalho buscou estudar a conservação das propriedades nutricionais da polpa de tucumã *in natura*, a partir da utilização de embalagem a vácuo, bem como verificar seu potencial antioxidante durante o armazenamento. As embalagens foram armazenadas sob temperatura de congelamento e resfriamento, executando, em 0, 10, 30, 60, 90, 120 e 150 dias, análises de umidade, cinzas, pH, acidez, extrato etéreo,  $\beta$ -caroteno, vitamina A, energia, crescimento microbiológico e atividade antioxidante pelo método do sequestro do radical DPPH•. Foi constatado que os valores de umidade, cinzas, pH,  $\beta$ -caroteno e vitamina A são conservados pela utilização de embalagem a vácuo, em temperatura de congelamento ou resfriamento, durante 5 meses de armazenamento; a acidez é conservada somente em embalagens a vácuo sob congelamento, por apenas 10 dias; os valores de extrato etéreo são conservados durante 3 meses de congelamento e 1 mês de resfriamento; e a energia contida na polpa é conservada por 2 meses sob congelamento e 10 dias sob resfriamento. Não foi detectada presença de coliformes e *Salmonella* durante 5 meses de armazenamento a vácuo, em amostras congeladas e resfriadas; e a atividade antioxidante se manteve conservada durante 2 meses em amostras congeladas e não foi conservada em amostras resfriadas. Portanto, a partir deste estudo foi possível verificar que a utilização de embalagens a vácuo, associada ao congelamento, fornece a conservação da maioria das principais características nutricionais da polpa de tucumã *in natura*, por 30 dias de armazenamento.

**Palavras-chave:** tucumã, *Astrocaryum aculeatum*, vácuo, congelamento, resfriamento, caracterização físico-química, atividade antioxidante, microbiota.

### ABSTRACT

The tucumã, also known as tucumã from the Amazonas, commonly found in the Amazon region, is a fruit derived from the palm tree *Astrocaryum aculeatum*, which presents local economic potential. It is characterized as a slightly acid, low sugar, high  $\beta$ -carotene and high in energy fruit. In this sense, this work studied the conservation of nutritional properties of tucumã pulp *in natura*, using vacuum packaging. The antioxidant potential during storage was also evaluated. The packs were stored under freezing and cooling temperature. After 0, 10, 30, 60, 90, 120 and 150 days it was verified the content of moisture, ash, pH, acidity, ethereal extract,  $\beta$ -carotene, vitamin A, energy, microbiological growth (coliforms and *Salmonella*), and antioxidant activity by the method of DPPH• radical scavenging. It was found that the values of moisture, ash, pH,  $\beta$ -carotene and vitamin A are retained by the use of vacuum packaging,

in freezing or cooling temperatures for 5 months of storage; acidity is conserved in vacuum packages only in a freezer for 10 days; the ethereal extract values are kept for 3 months in a freezer and for 1 month when cooling; and the energy contained in the pulp is kept for 2 months under freezing and for 10 days under cooling. It was not detected the presence of coliforms and *Salmonella* during 5 months of storage for frozen and chilled samples; and the antioxidant activity remained preserved for 2 months in frozen samples and was not kept in refrigerated samples. Therefore, from this study we found that the use of vacuum packaging, associated with freezing, provide the conservation of the main nutritional properties of tucumã pulp *in natura*, for 30 days of storage.

**Keywords:** tucumã, *Astrocaryum aculeatum*, conservation, vacuum, freezing, cooling, physical-chemical, antioxidant activity, microbial.

## 1 INTRODUÇÃO

A Amazônia é rica em frutas que possuem potencial econômico local (BRAGA et al., 2010). Entre estas, destaca-se o tucumã, também conhecido como tucumã-do-amazonas, tucumã-açu e jabarana (COSTA; LEEUWEN, 2004), caracterizado como um fruto suculento, pouco ácido, com baixos teores de açúcar, alto de teor de  $\beta$ -caroteno, alto valor energético (YUYAMA et al., 2008). O fruto é oriundo da palmeira *Astrocaryum aculeatum* G. Mey, *Astrocaryum aculeatum* Meyer ou *Astrocaryum tucuma* Martinus, que está distribuída na região central da bacia amazônica, sendo, no Brasil, encontrada nos estados de Amazonas, Acre, Pará, Rondônia e Roraima (KAHN, 2008).

O tucumã é comercializado, *in natura*, em dúzia ou cento. É processado pelos próprios comerciantes locais, sendo sua polpa vendida por peso. De abril de 2011 a maio de 2012, o valor médio da saca de tucumã vendida nas feiras da cidade de Manaus, no atacado, foi de 80,00 reais, e no varejo o valor médio da dúzia foi de 3,00 reais e 30,00 reais o quilo da polpa, sendo os principais fornecedores do fruto os municípios de Itacoatiara/AM, Autazes/AM, Rio Preto da Eva/AM, Terra Santa /PA, Barreirinha/AM e Careiro Castanho/AM (DIDONET; FERRAZ, 2014). Comumente, a polpa do tucumã é consumida *in natura*, acompanhada de farinha de mandioca, em sanduíche de tucumã e em forma de sucos e sorvete (MOUSSA; KAHN, 1997; KAHN, 2008), sendo o comércio do fruto diretamente proporcional ao surgimento estabelecimentos que têm produtos alimentícios tradicionais da região como principal atrativo (CLEMENT et al., 2005).

Ao se obter a polpa de tucumã, a mesma deve ser consumida em um dia sob temperatura ambiente ou em uma semana sob refrigeração (SCHROTH et al., 2004). Porém, a realidade no comércio da polpa do fruto é bem diferente do recomendado por estudos científicos. Na cidade de Manaus já se pôde verificar polpa de tucumã utilizada como recheio de pães sendo

armazenada em embalagens sem tampa, junto com outros alimentos, suscetível à contaminação (SILVA, 2011).

A legislação brasileira prevê os padrões microbiológicos sanitários para polpas de frutas, concentradas ou não, com ou sem tratamento térmico, refrigeradas ou congeladas, tendo como tolerância  $10^5$  NMP.g<sup>-1</sup> coliformes a 45°C e ausência de *Salmonella* sp. em 25g, sendo uma condição sanitária satisfatória aquela onde os resultados se encontram abaixo ou iguais àqueles pré-estabelecidos (BRASIL, 2001).

A utilização de embalagem a vácuo se mostra eficiente na conservação de carnes, massas, ovos e grãos (HERNÁNDEZ-MACEDO et al., 2011; PRENTICE e SAINZ, 2005; CRUZ et al., 2006; SCATOLINI-SILVA et al., 2013; LIMA, 2013). O emprego de vácuo em embalagens promove a supressão do oxigênio, que tende a aumentar a vida útil dos alimentos, uma vez que retarda a respiração, o amadurecimento, o envelhecimento, a perda da umidade, a modificação da textura, o escurecimento enzimático e o desenvolvimento de microrganismos (CENCI et al., 2011).

Levando em consideração que o fruto possui comprovado potencial econômico, bem como ótimas características nutricionais, neste trabalho foi avaliada a conservação das propriedades nutricionais, atividade antioxidante e crescimento microbiano, em embalagens a vácuo, sob congelamento e resfriamento.

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Coleta da Matéria-Prima**

Frutos de tucumã foram coletados durante a época de safra (abril de 2015), em um sítio situado no município de Rio Preto da Eva/AM (2°37'31.8"S 59°44'52.6"O), conforme proposto por Ramos et al. (2009) e Brasil (2001), e transportados em sacos de polietileno ao laboratório de Química Aplicada à Tecnologia da Escola Superior de Tecnologia da UEA.

### **2.2 Obtenção da Polpa de Tucumã**

A polpa foi obtida executando-se a metodologia proposta por Flor et al. (2015), procedendo com a eliminação de frutos danificados, lavando-os com água, detergente e escova, imergindo-os em solução de hipoclorito de sódio a 0,01% por 15 minutos, enxaguando-os em água corrente potável, descascando e despolpando-os com faca de aço inoxidável pré-higienizada.

## 2.3 Armazenamento

Com a polpa total obtida, procedeu-se com a mistura da mesma a fim de se obter uma amostra mais homogênea possível. Posteriormente, houve a segregação da polpa, produzindo-se 14 embalagens a vácuo contendo polpa de tucumã, todas pesando 200 g. Destas, 7 embalagens foram armazenadas sob resfriamento (5 °C) e 7 sob congelamento (-18 °C). Todas as embalagens foram identificadas com a data de armazenamento e a ordem das análises a serem realizadas.

Imediatamente e após 10, 30, 60, 90, 120 e 150 dias, foram realizadas as análises de umidade, cinzas, pH, lipídios e β-caroteno, conforme a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008); vitamina A, conforme descrito por Kumar e Vallikannan (2010); acidez, por titulação potenciométrica; energia, por calorimetria (BRASIL, 1984); presença de coliformes a 45° C e presença de *Salmonella* ssp. foi realizada através da técnica de membrana filtrante (CETESB, 1993; 2007) e análise da atividade antioxidante, através da técnica de sequestro do DPPH•, desenvolvida por Brand-Williams et al., (1995), modificada por Duarte-Almeida et al. (2006) e Silva (2012).

## 2.4 Caracterização Físico-Química

### 2.4.1 Umidade

Foram pesados 5 g da amostra em cápsula de porcelana, previamente tarada. Procedeu-se com o aquecimento durante 3 horas e resfriamento em dessecador até a temperatura ambiente, pesando em seguida. A operação de aquecimento e resfriamento foi repetida até se obter peso constante e a porcentagem de umidade foi obtida através da Equação 1, onde N = perda de peso em gramas e P = massa da amostra em gramas:

$$\text{Umidade \% m/m} = \frac{100 \times N}{P} \quad (1)$$

### 2.4.2 Cinzas

Uma cápsula de porcelana foi aquecida em mufla a 550°C e resfriada em dessecador até a temperatura ambiente, sendo posteriormente utilizada para pesar 10 g da amostra, em balança analítica. A amostra foi incinerada em mufla a 550 °C, até que houvesse a eliminação completa do carvão. Foram então resfriadas até a temperatura ambiente em um dessecador com sílica gel e posteriormente pesadas.

Os processos de aquecimento e resfriamento foram repetidos até que se obtivesse peso constante, e a porcentagem de cinzas foi calculada através da Equação 2, onde N = n° de gramas de cinzas e P = n° de gramas da amostra:

$$\text{Cinzas \% m/m} = \frac{100 \times N}{P} \quad (2)$$

#### 2.4.3 pH

Foram pesados 10 g da amostra de polpa de tucumã, aos quais foram adicionados 100 mL de água destilada e triturados em liquidificador. A solução obtida foi filtrada a vácuo com filtro Whatman n° 4, sendo o filtrado submetido à análise de pH com medidor de pH digital, conforme as instruções do fabricante.

#### 2.4.4 Acidez

Foram pesados 10 g da amostra de polpa de tucumã, aos quais foram adicionados 100 mL de água destilada e triturados em liquidificador. A solução obtida foi filtrada a vácuo com filtro Whatman n° 4, sendo o filtrado submetido à posterior análise de pH.

A titulação foi realizada com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,0188 M, sob agitação constante, adicionando-se de 1 em 1 mL de NaOH, coletando os valores de pH. Um gráfico com a variação de pH em relação à quantidade de NaOH adicionado foi gerado e após calculada a derivada foi possível chegar ao valor exato do volume de NaOH utilizado na titulação.

O cálculo da acidez obedeceu a Equação 3:

$$\text{Acidez em mL de solução M \% v/m ou v/v} = \frac{V \times f \times M \times 100}{P} \quad (3)$$

Onde V = n° de mL da solução de NaOH gasto na titulação; f = fator de correção da solução de hidróxido de sódio; P = massa da amostra em g ou volume pipetado em mL e M = molaridade da solução de hidróxido de sódio.

#### 2.4.5 Extrato Etéreo

Foram pesados de 2 a 5 g da amostra em cápsula para Soxhlet previamente tarada. A cápsula foi transferida para o aparelho extrator tipo Soxhlet, ao qual foi acoplado um balão de fundo chato previamente tarado a 105 °C. Foi adicionado hexano em quantidade suficiente para um Soxhlet e meio, sendo posteriormente adaptado a um refrigerador de bolas e mantido sob aquecimento em chapa elétrica, sob extração contínua por 16 horas.

O hexano contendo o extrato etéreo da polpa foi evaporado em rotaevaporador e o balão com o resíduo extraído foi transferido para uma estufa a 105°C, permanecendo por cerca de uma hora.

A amostra foi resfriada em dessecador até a temperatura ambiente, pesada, prosseguindo-se com aquecimento na estufa por 30 minutos e resfriamento, no máximo de duas horas, até que se obtivesse peso constante.

O cálculo da porcentagem de lipídios obedeceu a Equação 4, onde N é igual ao número de gramas de extrato etéreo e P é igual ao número de gramas da amostra:

$$\text{Extrato Etéreo \% m/m} = \frac{100 \times N}{P} \quad (4)$$

#### 2.4.6 $\beta$ -Caroteno

Foram pesados 50 mg da polpa, os quais foram dissolvidos em éter de petróleo, sendo posteriormente transferidos para um balão volumétrico de 100 mL e avolumados com o mesmo solvente. Uma alíquota de 20 mL foi transferida para outro balão volumétrico de 100 mL, completando o volume. O zero do espectrofotômetro foi ajustado em unidades de absorbância, a 448 nm, sendo utilizado éter de petróleo como branco e cubetas de 1 cm.

A absorbância da amostra foi medida a 448 nm e o cálculo para porcentagem de beta-caroteno leva em conta o coeficiente de absorvidade  $E^{1\%} = 2592$ .

Concentrações de 3220, 1800, 45, 3,37, 2,25, 1,125 e 0,02815  $\mu\text{g/mL}$  de do padrão  $\beta$ -Caroteno foram realizadas, a fim de gerar uma curva analítica para correlação com as absorbâncias da análise da polpa de tucumã.

#### 2.4.7 Vitamina A

A partir dos valores de  $\beta$ -caroteno foi realizada a conversão em vitamina A, seguindo a taxa de conversão de 6:1, onde para cada 6 $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno obtém-se o equivalente a 1 $\mu\text{g}$  de retinol.

#### 2.4.8 Energia

Foram pesados 0,5 g da amostra de polpa de tucumã seca, os quais foram submetidos à análise de energia através da utilização de calorímetro IKA® C200, conforme a NBR 8633 (BRASIL, 1984) e instruções do fabricante. O padrão utilizado para correlação foi o ácido benzoico e o cálculo da energia, obedeceu a Equação 5, onde F é o fator determinado através

da correlação entre a análise do padrão ácido benzoico e a sua energia já conhecida de 6.31 kcal/g, P é igual ao número de gramas da amostra, PR é igual ao peso do resíduo após a combustão e EC é igual ao valor de energia por grama dado pelo calorímetro após a análise da amostra.

$$\text{Energia (kcal/g)} = F \times \frac{[(P - PR) \times EC]}{P} \quad (5)$$

#### 2.4.9 Presença de Coliformes

Adicionaram-se 225 mL de caldo lactosado a 25 g de polpa de tucumã, sendo incubado a 37° C, por 24 horas. Uma alíquota de 10 mL foi retirada e transferida para um frasco com 90 mL de salina estéril, do qual foi retirada mais uma alíquota de 100 ml para filtração em sistema de filtração com membrana filtrante com poro de 0,45 µm e diâmetro de 47 mm. Após filtração, a membrana foi colocada em placa de Petri de 49 mm contendo o meio de cultura seletivo e diferencial ágar M-Endo Les (AMEL), por 24 horas, a 37°C. O procedimento foi realizado em triplicata.

A ausência de colônias típicas indica ausência de coliformes. A presença de colônias típicas, com brilho metálico, indica possível presença de coliformes, sendo a confirmação realizada, em duplicata, através da transferência de 10 colônias para o caldo lactose com tubo de Durham invertido, incubados de 24 a 48 horas, a 35° C. Foram considerados positivos os resultados dos tubos que apresentaram gás no tubo de Durham invertido.

As amostras que apresentaram resultado positivo no caldo lactose foram submetidas à confirmação, em duplicata, em caldo verde brilhante (CVB) e caldo *Escherichia coli* (CEC), retirando um inóculo da cultura, com alça de inoculação previamente flambada e resfriada, transferindo-o para os caldos CVB e CEC, com tubos de Durham invertidos, os quais foram incubados por 24 horas, a 35 e 44,5° C, respectivamente. A produção de gás no caldo VB indica presença de coliformes totais e a presença de gás no meio EC indica presença de coliformes termotolerantes.

#### 2.4.10 Presença de *Salmonella*

Adicionaram-se 225 mL de caldo lactosado a 25 g de polpa de tucumã, sendo incubado a 37° C, por 24 horas. Uma alíquota de 10 mL foi retirada e transferida para um frasco com 90 mL de caldo selenito cistina (CSC), em duplicata, dos quais foram retiradas alíquotas de 100 mL para filtração em sistema de filtração com membrana filtrante com poro de 0,45 µm e diâmetro de 47 mm. Após filtração, as membranas foram colocadas nos meios de cultura ágar

*Salmonella Shiguela* (ASS) e ágar verde brilhante (AVB), por 24 horas, a 37° C. A presença de colônias típicas rosas e vermelhas indicam presença de *Salmonella*.

#### 2.4.11 Atividade Antioxidante

Foi realizada a técnica do sequestro do radical DPPH•, proposta por Brand-Williams et al. (1995). Para obtenção das amostras foram pesados 7,91 g de polpa de tucumã, o quais foram macerados com almofariz e pistilo e solubilizados em 50 mL de metanol P.A (proporção de 1:5 m/v), em triplicata. Após seis dias, o extrato foi filtrado e a concentração foi determinada adicionando 5 mL da solução metanólica obtida a uma placa de petri previamente tarada, evaporando o metanol em estufa a 40°C, até peso constante. O peso do extrato foi calculado subtraindo-se o peso inicial da placa do peso da placa com o extrato seco.

A solução de DPPH• foi preparada na concentração de 0,06 mmol/L, com metanol P.A., no mesmo dia do ensaio da atividade antioxidante, protegida da exposição direta da luz (SILVA, 2012).

O ensaio foi realizado através de espectrofotometria em microplaca, diluindo o filtrado com metanol, em progressão geométrica, na razão de 0,5, até a obtenção de diluição de 512 vezes, com volume de 40 µL em cada diluição e adição de 250 µL da solução de DPPH•. Para o controle, foram adicionados 40 µL de metanol e 250 µL da solução de DPPH• e para o branco 40 µL de cada diluição e 250 µL da solução de metanol, como descrito por Duarte-Almeida et al. (2006). A microplaca foi protegida da exposição direta da luz e após 25 minutos as leituras de absorbância foram realizadas em espectrofotômetro de microplaca (Molecular Devices, modelo Spectramax Plus), a 517 nm. Ácido ascórbico e quercetina foram utilizados como padrões, nas concentrações: 20, 16, 12, 8, 4, e 0 µg/mL.

A porcentagem do sequestro de radicais DPPH• foi medida através da Equação 6, utilizando os valores dos decaimentos de absorbância da amostra ( $Abs_{amostra}$ ) e do controle ( $Abs_{controle}$ ):

$$AA\% = \frac{(Abs_{controle} - Abs_{amostra})}{Abs_{controle}} \times 100 \quad (6)$$

Foi possível ser determinada, a partir da geração de um gráfico de regressão linear, a concentração de amostra de extrato da polpa de tucumã necessária para sequestro de 50% dos radicais DPPH•, determinando-se assim a Concentração Eficiente – CE<sub>50</sub> (BRAND-

WILLIAMS et al., 1995), possibilitando a comparação dos resultados com as análises dos antioxidantes ácido ascórbico e quercetina.

## 2.5 Análise Estatística

Os resultados das análises físico-químicas e da atividade antioxidante da polpa de tucumã foram submetidos à análise de variância ANOVA, para amostras homogêneas, e ao teste de Tukey, para distinguir as diferenças, levando em consideração o intervalo de confiança de 95%. Para comparação entre os dois tratamentos foi utilizado o teste T. O *software* utilizado foi o BioEstat 5.0.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Caracterização Físico-Química

Os resultados da caracterização físico-química da polpa de tucumã embalada a vácuo, sob congelamento e resfriamento, encontra-se descrita nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Variação da caracterização físico-química da polpa de tucumã em amostras congeladas.

Componentes	Tempo de Armazenamento (dias)						
	0	10	30	60	90	120	150
Umidade (%)	52,54 ± 3,32 A	58,20 ± 0,66 AB	-	58,78 ± 2,48 AB	64,07 ± 2,33 B	62,38 ± 2,32 B	60,70 ± 0,97 B
Cinzas (%)	1,08 ± 0,05 C	1,01 ± 0,02 C	-	-	-	1,12 ± 0,00 C	1,00 ± 0,05 C
pH	5,2 ± 0,02 D	5,33 ± 0,05 D	-	5,34 ± 0,13 D	5,44 ± 0,00 D	5,31 ± 0,04 D	5,19 ± 0,00 D
Acidez (%)	0,64 ± 0,00 E	0,72 ± 0,00 EF	0,95 ± 0,00 EF	-	-	1,31 ± 0,16 G	1,67 ± 0,00 G
Extrato etéreo (%)	21,25 ± 1,72 J	20,11 ± 1,58 J	-	21,88 ± 0,00 J	22,17 ± 0,00 J	13,77 ± 0,00 K	13,34 ± 0,48 K
β-caroteno (µg/mL)	0,60 ± 0,04 N	0,52 ± 0,03 N	0,53 ± 0,04 N	0,50 ± 0,00 N	0,057 ± 0,00 N	0,54 ± 0,03 N	0,54 ± 0,03 N
Vitamina A (µg/mL)	0,10 ± 0,00 O	0,08 ± 0,00 O	0,08 ± 0,00 O	0,08 ± 0,00 O	0,09 ± 0,00 O	0,09 ± 0,00 O	0,09 ± 0,00 O
Energia (kcal/g)	12,32 ± 0,00 P	-	-	11,54 ± 0,01 Q	11,30 ± 0,00 R	10,18 ± 0,00 S	9,66 ± 0,00 T

Letras iguais indicam igualdade estatística e letras diferentes indicam diferença estatística (A-T), com  $p < 0,5$ .

Tabela 2. Variação da caracterização físico-química da polpa de tucumã em amostras resfriadas.

Componentes	Tempo de Armazenamento (dias)						
	0	10	30	60	90	120	150
Umidade (%)	52,54 ± 3,32 A	-	-	59,99 ± 1,21 A	60,56 ± 1,54 A	59,58 ± 4,68 A	59,77 ± 2,47 A
Cinzas (%)	1,08 ± 0,05 C	1,00 ± 0,05 C	-	-	0,86 ± 0,06 C	1,12 ± 0,00 C	1,04 ± 0,08 C
pH	5,2 ± 0,00 D	-	-	5,36 ± 0,06 D	-	5,34 ± 0,06 D	5,24 ± 0,04 D
Acidez (%)	0,64 ± 0,00 E	0,72 ± 0,00 F	0,95 ± 0,00 G	1,67 ± 0,00 H	-	1,90 ± 0,00 I	1,89 ± 0,01 I
Extrato etéreo (%)	21,25 ± 1,72 J	17,10 ± 1,30 JL	15,59 ± 0,00 L	-	-	0,84 ± 0,56 M	-
β-caroteno (µg/mL)	0,60 ± 0,04 N	0,54 ± 0,07 N	0,52 ± 0,03 N	0,60 ± 0,04 N	0,52 ± 0,03 N	0,50 ± 0,00 N	0,50 ± 0,00 N
Vitamina A µg/mL)	0,10 ± 0,00 O	0,09 ± 0,01 O	0,08 ± 0,00 O	0,10 ± 0,00 O	0,08 ± 0,00 O	0,08 ± 0,00 O	0,08 ± 0,00 O
Energia (kcal/g)	12,32 ± 0,00 U	11,69 ± 0,14 V	-	11,97 ± 0,00 V	-	11,31 ± 0,00 W	9,09 ± 0,00 X

Letras iguais indicam igualdade estatística e letras diferentes indicam diferença estatística (A-X),  $p < 0,5$ .

Nas amostras congeladas foi observada a conservação do valor de umidade inicial durante dois meses de armazenamento, não havendo diferença estatística durante o período de 10 dias a 5 meses (Tabela 1). Para as amostras resfriadas não houve variação da umidade nos 5 meses de armazenamento (Tabela 2). Comparando-se os dois tratamentos, não foram constatadas diferenças estatísticas. É possível verificar que o vácuo preservou a umidade da polpa de tucumã, ocorrendo uma pequena variação no armazenamento sob congelamento. Contudo, ausência de diferença entre os tratamentos pressupõe que as temperaturas de congelamento e resfriamento não diferem na conservação da umidade da polpa de tucumã, quando utilizado embalagens a vácuo.

A água contida nos alimentos está ligada à ocorrência de diversas reações químicas, físicas e microbiológicas, estando valores baixos de umidade relacionados ao aumento de vida útil de alimentos (VASCONCELOS; FILHO, 2010). Neste sentido, Lima (2013) verificou, através da utilização de embalagens a vácuo, a conservação dos valores de umidade em grãos de feijão, durante oito meses de armazenamento, o que colaborou com o aumento da vida-de-prateleira do alimento em questão, podendo-se verificar que tais embalagens formam uma barreira, minimizando trocas gasosas entre o alimento embalado e o ambiente exterior.

A combustão orgânica de alimentos fornece as cinzas, que são denominadas cinzas alcalinas quando há predominância de sódio, potássio, cálcio e magnésio, sobre sulfatos, fosfatos, cloretos e radicais orgânicos não queimados. Tais tipos de cinzas são encontrados em frutas, hortaliças, leite e algumas nozes (ACHÉ; RIBEIRO, 1950). Neste estudo não houve variação nos valores de cinzas entre os períodos de armazenamento nas amostras congeladas (Tabela 1), bem como nas amostras resfriadas (Tabela 2). Ainda, entre os dois tratamentos também não foi constatada diferença estatística, podendo ser inferido que as temperaturas de congelamento e resfriamento não interferem na conservação da quantidade de cinzas da amostra de tucumã, quando utilizada a embalagem a vácuo.

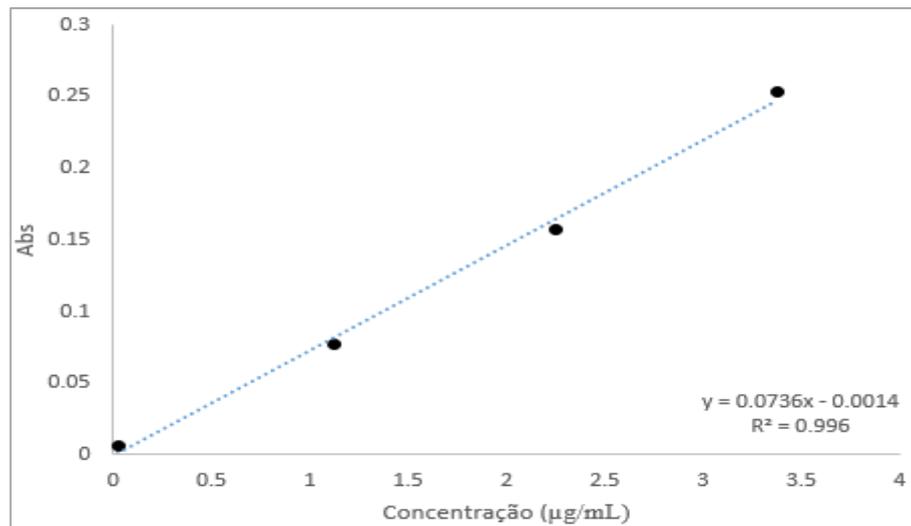
Alimentos com pH acima de 4,5 são considerados pouco ácidos, como é o caso a polpa de tucumã. Paralelamente, a maioria dos microrganismos associados a alimentos cresce na faixa de pH de 5 a 8 (AZEREDO, 2012). Com isso, observa-se a importância de se conservarem os valores de pH em alimentos, a fim de que não haja proliferação de microrganismos patogênicos ou que causem deterioração nos mesmos. Desta forma, a conservação a vácuo se mostrou eficiente na conservação do pH da polpa de tucumã, uma vez que não houve variação nos valores de pH entre os períodos de armazenamento nas amostras congeladas (Tabela 1), bem como nas amostras resfriadas (Tabela 2). Ainda, entre os dois tratamentos também não foi constatada diferença, podendo-se afirmar que as temperaturas de congelamento e resfriamento, assim como na análise de cinzas, não interferem na conservação do valor de pH da amostra de tucumã, quando utilizada a embalagem a vácuo. Silva et al. (2010) também não observaram alteração dos valores de pH em polpa de frutos de bacuri (*Platonia insignis* Mart.), por 360 dias, em sacos de polietileno, sob congelamento.

Em um processo de decomposição por hidrólise, oxidação ou fermentação, é comum a alteração da concentração de íons de hidrogênio, sendo a determinação de acidez fundamental na avaliação da conservação de um alimento (IAL, 2008). A variação de acidez em amostras congeladas mostra que as embalagens a vácuo associadas à temperatura de congelamento não forneceram conservação do valor de acidez após 10 dias de armazenamento, sendo constatado aumento gradativo da porcentagem de acidez nas amostras durante os 5 meses de armazenamento (Tabela 1). As embalagens a vácuo armazenadas sob temperatura de resfriamento não forneceram conservação da porcentagem inicial de acidez durante 4 meses de armazenamento, porém a variação de acidez entre 4 e 5 meses de armazenamento não teve diferença significativa. Comparando os dois tratamentos, verificou-se que, até 1 mês de armazenamento, as temperaturas de congelamento e resfriamento, em conjunto com o processamento a vácuo, produzem o mesmo efeito sobre a conservação da acidez em polpas de

tucumã, não conseguindo manter os mesmos valores de acidez iniciais da polpa recém-coletada. Porém, após 4 meses de armazenamento, verificou-se que as embalagens a vácuo armazenadas sob congelamento forneceram valores de acidez inferiores aos das embalagens armazenadas sob resfriamento. Com isso, foi possível constatar que, ainda que não tenha conservado o valor de acidez inicial da polpa de tucumã, a associação dos tratamentos de congelamento e processamento a vácuo se mostra superior ao de resfriamento e processamento a vácuo.

O processamento a vácuo associado à temperatura de congelamento, forneceu conservação da porcentagem de extrato etéreo da polpa de tucumã durante o período de 3 meses de armazenamento, decaindo em 1,5 vez após 4 meses de armazenamento (Tabela 1), enquanto que o processamento a vácuo associado à temperatura de resfriamento não forneceu conservação da porcentagem do extrato após 1 mês de armazenamento, sendo constatada uma diminuição gradativa em tais valores, havendo decaimento de 1,9 vez, após 4 meses de armazenamento (Tabela 2). Na comparação dos dois tratamentos, verificou-se que até 10 dias de armazenamento tais tratamentos comportaram-se da mesma maneira, porém após 4 meses, o armazenamento sob congelamento se mostrou mais eficiente. Sabendo-se que os lipídios são compostos orgânicos altamente energéticos, contendo ácidos graxos essenciais ao organismo, atuando como transportadores das vitaminas lipossolúveis (IAL, 2008), ressalta-se a importância da conservação desta característica físico-química da polpa de tucuma, uma vez que a grande quantidade de energia contida na mesma está diretamente relacionada ao extrato etéreo.

Através da curva analítica do padrão  $\beta$ -caroteno (Figura 1) foi possível determinar as concentrações de  $\beta$ -caroteno em amostras congeladas e resfriadas. Na Tabela 1 verifica-se a ausência de variação na concentração de  $\beta$ -caroteno em amostras congeladas, o que demonstra que o processamento a vácuo, em associação ao congelamento promove a conservação desta propriedade nutricional da polpa de tucumã. Dias et al. (2014) puderam verificar a conservação da concentração de  $\beta$  e  $\alpha$ -caroteno em laranja, cereja e pêssego por 13, 9,7 e 5,7 meses, respectivamente, utilizando temperatura de congelamento, recipientes de vidro fechados e atmosfera inerte. De maneira contrária, a redução da temperatura, no estudo de cultivares de banana prata, ocasionou a redução da concentração de carotenoides, sendo tal redução associada ao mecanismo do fruto conservar alguns metabólitos, como os responsáveis pelo sabor, uma vez que a degradação de alguns carotenoides está relacionada com a formação de compostos responsáveis pelo aroma (FACUNDO et al., 2015).

Figura 1. Curva analítica do padrão  $\beta$ -caroteno.

Da mesma maneira, o processamento a vácuo associado à temperatura de resfriamento, promoveu a conservação da concentração de  $\beta$ -caroteno presente na polpa de tucumã recém-coletada (Tabela 2).

A partir da análise das amostras congeladas foi possível observar que não houve conservação da energia, após 2 meses de congelamento. Os valores de energia decaíram, após 5 meses de armazenamento, 1,27 vez (Tabela 1). Nas amostras resfriadas foi possível verificar o decaimento significativo dos valores de energia após 10 dias de armazenamento, e após 5 meses de armazenamento houve queda de 1,35 vez. De acordo com a literatura, os valores de energia para polpa de tucumã encontram-se entre 3,62 e 3,33 kcal/g (YUMAMA et al., 2008; FLOR et al., 2015). Tais valores foram estimados a partir das análises de lipídios, proteínas e carboidratos. Contudo, neste trabalho foram encontrados valores de até 3,4 vezes maiores que os da literatura, uma vez que foram calculados através da utilização de calorímetro. Tal discrepância foi relatada por Santos (2010), verificando que a análise de energia de alimentos sólidos realizada através de calorímetro permite determinar um poder calorífico superior à registrada nos rótulos de tais alimentos, valores estes comumente estimados através da composição nutricional. O decaimento da energia em amostras congeladas e resfriadas relaciona-se com o decaimento dos extratos etéreos nos dois tipos de armazenamento, uma vez que os lipídeos são os principais responsáveis pela energia da polpa de tucumã (YUYAMA, 2008).

### 3.2 Presença de Coliformes e *Salmonella*

Os resultados da presença de coliformes e *Salmonella* em amostras congeladas e resfriadas estão descritos nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3. Presença de coliformes e *Salmonella* em amostras congeladas.

Microrganismo	Tempo de Armazenamento (dias)						
	0	10	30	60	90	120	150
Coliformes totais e Coliformes a 45 °C	-	+ *	-	-	-	-	-
<i>Salmonella</i>	-	-	-	-	-	-	-

Resultado negativo (-), resultado positivo (+), contaminação durante a análise (\*).

Tabela 4. Presença de coliformes e *Salmonella* em amostras resfriadas.

Microrganismo	Tempo de Armazenamento (dias)						
	0	10	30	60	90	120	150
Coliformes totais e Coliformes a 45 °C	-	+ *	-	-	-	-	-
<i>Salmonella</i>	-	-	-	-	-	-	-

Resultado negativo (-).

Como pode ser observado nas Tabelas 3 e 4, apenas a amostra armazenada por 10 dias apresentou resultado positivo para coliformes, porém os resultados negativos obtidos a partir das análises das amostras armazenadas de 20 dias a 5 meses demonstram que houve contaminação na análise da amostra de 10 dias, o que pressupõe que o resultado positivo desta análise não é relevante para este estudo.

A ausência de coliformes totais, coliformes a 45°C e *Salmonella* nas demais amostras mostra que a polpa de tucumã embalada a vácuo, sob congelamento e resfriamento, após 5 meses de armazenamento, apresenta qualidade microbiológica, de acordo com os atuais padrões de identidade e qualidade para polpa de frutas (BRASIL, 2001). No entanto, durante as análises

para detecção de coliformes e *Salmonella*, foi observada proliferação de grande quantidade de microrganismos com características diferentes destes analisados.

É possível que a polpa de tucumã contenha substâncias nocivas a coliformes e *Salmonella*, porém inertes a estes outros microrganismos observados, devendo ser realizado um estudo aprofundando a respeito da identificação destes microrganismos presentes na polpa de tucumã, a fim de que seja verificada a viabilidade da polpa *in natura*, armazenada em embalagens a vácuo, para fins alimentícios.

A heterogeneidade do efeito antimicrobiano da polpa de tucumã foi observada por Jobim et al. (2014), onde o extrato etanólico da polpa apresentou atividade contra *E. faecalis*, *B. cereus*, *L. monocytogenes* e *C. albicans*, ao mesmo tempo que não foi detectada atividade contra outras dezenas de microrganismos. Tal especificidade antimicrobiana foi associada à rica composição química da polpa, contendo grande quantidade de compostos fenólicos, o que pode variar conforme o local e período de coleta, bem como maturação dos frutos (MONTEIRO et al., 2005).

A utilização de embalagens a vácuo, sob resfriamento, em batatas palito, proporcionou qualidade microbiológica frente a coliformes e *Salmonella*, durante 12 dias de armazenamento (DIAS, 2011). O armazenamento a vácuo também se mostrou eficiente na conservação de massas frescas de lasanha, sem aditivos, controlando o crescimento de fungos filamentosos, leveduras, *Staphylococcus* spp., coliformes totais e *Escherichia. coli*, sob temperatura de  $10 \pm 2^\circ\text{C}$ , por até 30 dias de armazenamento (CRUZ et al., 2006). Porém, estudos relatam que a utilização de recipientes com vácuo aumenta o risco do desenvolvimento de metabolismo anaeróbico de microrganismos, sendo necessários estudos aprofundados sobre tal problemática (KNEE; AGGARWAL, 2000).

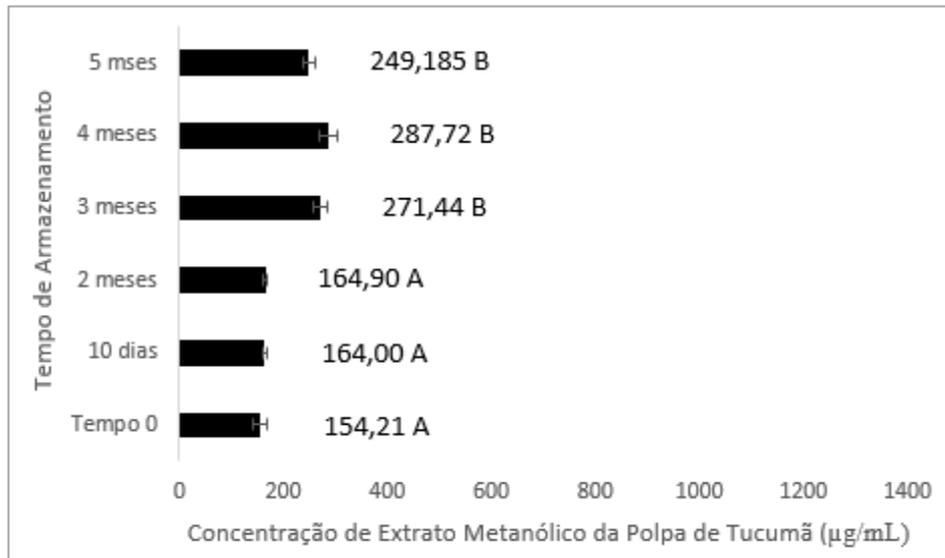
### 3.3 Atividade Antioxidante

Após as análises dos antioxidantes padrões e do extrato metanólico da polpa de tucumã, foi possível verificar que o extrato da polpa de tucumã apresentou atividade antioxidante 8,65 vezes menos eficiente ( $CE_{50} = 154,34 \mu\text{g/mL}$ ) que o padrão quercetina ( $CE_{50} = 17,83 \mu\text{g/mL}$ ) e 7,96 vezes menos eficiente que o padrão ácido ascórbico ( $CE_{50} = 19,37 \mu\text{g/mL}$ ).

Em amostras congeladas, a atividade antioxidante se manteve conservada até 2 meses de armazenamento, tendo diminuição de 1,06 vez após 3 meses. Ainda, foi possível verificar que não houve diferença estatística entre 3 a 5 meses, havendo redução de apenas 1,61 vez após 5 meses de armazenamento (Figura 2). Diferentemente, nas amostras resfriadas foi possível observar variação na atividade antioxidante a partir de 10 dias de armazenamento, com queda

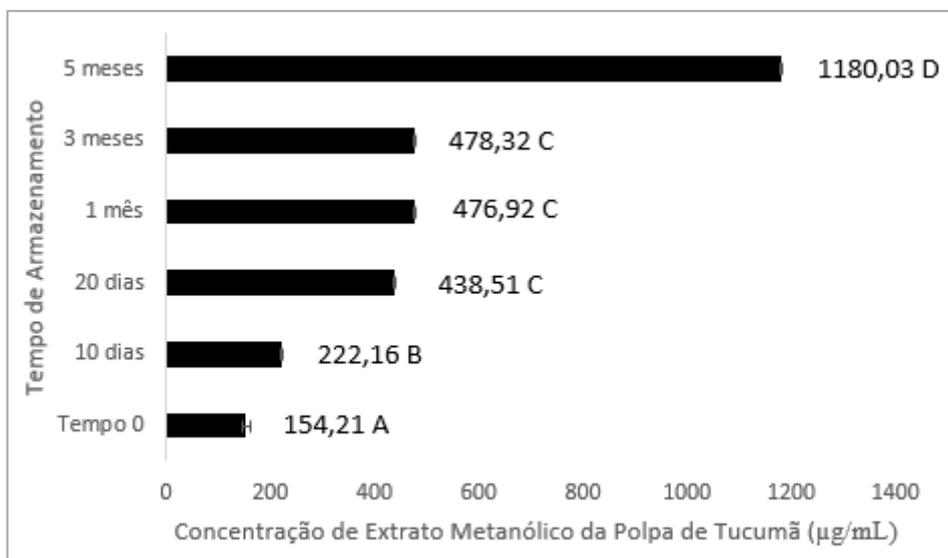
de 1,44 vezes. Após os 5 meses de armazenamento, a atividade antioxidante da polpa resfriada diminuiu 7,65 vezes (Figura 3).

Figura 2. Variação de  $CE_{50}$  em amostras congeladas.



Letras iguais indicam igualdade estatística e letras diferentes indicam diferença estatística (A-B),  $p < 0,5$ .

Figura 3. Variação de  $CE_{50}$  em amostras resfriadas.



Letras iguais indicam igualdade estatística e letras diferentes indicam diferença estatística (A-D),  $p < 0,5$ .

É possível constatar que o vácuo não foi determinante na conservação da atividade antioxidante da polpa de tucumã, uma vez que a associação do vácuo à temperatura de resfriamento não forneceu proteção desta propriedade, ao contrário do que foi verificado na aplicação de temperatura de congelamento.

A conservação da atividade antioxidante através do congelamento de polpas de frutas foi verificada por Freire et al., 2013, onde a atividade antioxidante da polpa de acerola (*Malpighia emarginata*) se manteve inalterada durante 3 meses de armazenamento sob temperatura de -18 °C. Manach et al. (2004) afirmaram que a concentração de compostos fenólicos em plantas pode ser afetada por fatores como processamento, armazenamento, bem como fatores ambientais diversos. A redução da atividade antioxidante verificada nas embalagens a vácuo resfriadas indica que tal processamento pode interferir na concentração de compostos fenólicos, responsáveis pela atividade antioxidante, uma vez que não houve significativa alteração da concentração do terpeno  $\beta$ -caroteno durante o período de armazenamento. Ainda, nota-se que o processamento a vácuo associado ao congelamento, pode conservar a concentração de compostos fenólicos por mais tempo de armazenamento, e, conseqüentemente, a atividade antioxidante da polpa de tucumã.

Levando-se em consideração a proliferação de uma grande quantidade de microrganismos não identificados durante a análise de presença de coliformes e *Salmonella*, é possível que haja relação entre tais microrganismos e a degradação de compostos fenólicos, como relatado por Zanin et al. (2014).

#### 4 CONCLUSÃO

- As propriedades que se mantiveram conservadas ao longo dos 150 dias de armazenamento, em embalagens a vácuo, foram cinzas, pH,  $\beta$ -caroteno e vitamina A;
- A associação de vácuo e temperatura de congelamento é mais eficiente na conservação da acidez, extrato etéreo e, conseqüentemente, energia;
- A utilização de embalagem a vácuo não permite a proliferação de coliformes e *Salmonella*, durante 15 dias de armazenamento, sob congelamento ou resfriamento, porém pode induzir o crescimento de outros microrganismos patogênicos, necessitando de estudos aprofundados a fim de que tal produto seja definido como próprio para o consumo humano. A presença de uma grande quantidade de microrganismos na polpa de tucumã armazenada pode estar relacionada aos teores de pH da polpa, os quais permitem proliferação de bactérias e fungos diversos;
- A associação entre vácuo e congelamento conserva a atividade antioxidante da polpa de tucumã, havendo pouca redução de atividade ao longo de 5 meses de armazenamento;
- O período de armazenamento que preservou todas as propriedades nutricionais da polpa de tucumã foi de 30 dias, sob vácuo e congelamento.

## 5 REFERÊNCIAS

- ACHÉ, L.; RIBEIRO, I. F. O pH de frutas nacionais. **Revista da Faculdade de Medicina Veterinária**, v. 4, n. 2, 1950.
- AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de Estabilidade de Alimentos**. 2 ed. Brasília: EMBRAPA, 2012. 326 p.
- BRAGA, A. C. C.; SILVA, A. E.; PELAIS, A. C. A.; BICHARA, C. M. G.; POMPEU, D. R. Atividade Antioxidante e quantificação de compostos bioativos dos frutos de abricó (*Mammea americana*). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, p. 31-36, 2010.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 28, p. 25-30, 1995.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001**. Brasília, DF, 2001.
- BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma NBR 8633. Carvão vegetal - Determinação do poder calorífico**. Rio de Janeiro, RJ, 1984.
- CENCI, S. A., ALVARENGA, A. L. B.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; de TOLEDO, J. C.; OLIVEIRA, L. M. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças - Tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Salmonella - isolamento e identificação: método de ensaio**. São Paulo, 1993. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/11/2013/11/L5218.zip>>. Acesso em: 09 nov. de 2014.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Coliformes totais – determinação pela técnica de membrana filtrante**. São Paulo, 2007. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/11/2013/11/DD\\_203\\_DO.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/11/2013/11/DD_203_DO.pdf)>. Acesso em: 08 nov. de 2014.
- CLEMENT, C. R.; PÉREZ, E. L.; LEEUWEN, J. V. O potencial das palmeiras tropicais do Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociências**, Montevideo, v. 9, p. 67-71, 2005.
- COSTA, J. R.; LEEUWEN, J. A. **Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica**. São Paulo: Petrópolis Press, p. 193-200, 2004.
- CRUZ, R. S.; SOARES, N. F. F.; ANDRADE, N. J. Evaluation of oxygen absorber on antimicrobial preservation of lasagna-type fresh pasta under vacuum packed. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1135-1138, 2006.
- DIAS, P. D. B. **Efeito da utilização de película e diferentes formas de acondicionamento na conservação pós-colheita e fritura de batatas minimamente processadas**. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2011.

DIAS, M. G.; CAMÕES, M. F. C.; OLIVEIRA, L. Carotenoid stability in fruits, vegetables and working standards – Effect of storage temperature and time. **Food Chemistry**, v. 156 p. 37–41, 2014.

DIDONET, A. A.; FERRAZ, I. D. K. O comércio de frutos de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey – Arecaceae) nas feiras de Manaus (Amazonas, Brasil). **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 353-362, 2014.

DUARTE-ALMEIDA, J. M.; SANTOS, R. J.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico e método de sequestro de radicais DPPH. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452, 2006.

FACUNDO, H. V. V.; GURAK, P. D.; MERCADANTE, A. Z.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Storage at low temperature differentially affects the colour and carotenoid composition of two cultivars of banana. **Food Chemistry**, v. 170, p. 102–109, 2015.

FLOR, N. S.; ANDRADE, J. S.; FERREIRA, S. A. N. Nutritional value and sensorial attributes of tucum paste. **British Journal of Applied Science & Technology**, v. 5, p. 371-379, 2015.

FREIRE, J. M.; ABREU, C. M. P.; ROCHA, D. A.; CORRÊA, A. D.; MARQUES, N. R. Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. **Ciência Rural**, v.43, n.12, 2013.

HERNÁNDEZ-MACEDO, M. L.; BARANCELLI, G. V.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Microbial deterioration of vacuum-packaged chilled beef cuts and techniques for microbiota detection and characterization: a review. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 42, p. 1-11, 2011.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz -Métodos Físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

JOBIM, M. L.; SANTOS, R. C.; ALVES, C. F. S.; OLIVEIRA, R. M., MOSTARDEIRO, C. P.; SAGRILLO, M. R.; SOUZA FILHO, O. C.; GARCIA, L. F. M.; MANICA-CATTANI, M. F.; RIBEIRO, E. E.; CRUZ, I. B. M. Antimicrobial activity of Amazon *Astrocaryum aculeatum* extracts and its association to oxidative metabolism. **Microbiological Research**, v. 169, p. 314–323, 2014.

KAHN, F. The genus *Astrocaryum* (Arecaceae). Las palmeras en América del Sur. **Revista Peruana de Biología**, v. 15, p. 031-048, 2008.

KNEE, M.; AGGARWAL, D. Evaluation of vacuum containers for consumer storage of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 19, p.55–60, 2000.

KUMAR, S. R.; VALLIKANNAN, B. Carotenoid composition and retinol equivalent in plants of nutritional and medicinal importance: Efficacy of  $\beta$ -carotene from *Chenopodium album* in retinol-deficient rats. **Food Chemistry**, v. 19, p. 1584-1590, 2010.

LIMA, R. A. Z. **Armazenamento de feijão: uso da embalagem a vácuo na manutenção da qualidade**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Lavras, Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, 2013.

LIMA, R. A. Z.; TOMÉ, L. M.; ABREU, C. M. P. Embalagem a vácuo: efeito no escurecimento e endurecimento do feijão durante o armazenamento. **Ciência Rural**, v. 44, n. 9, p. 1664-1670, 2014.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C. JUMENEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 79, p. 727-747, 2004.

MOUSSA, F.; KAHN, F. Uso y potencial econômico de dos palmas, *Astrocaryum aculeatum* Meyer y *A. vulgare* Martinus, em la Amazonía brasileña. **Uso y Manejo de Recursos Vegetales**, Quito, Abya-Yala, p. 101-116, 1997.

PRENTICE, C.; SAINZ, R. L. Cinética e deterioração apresentada por filés de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) embalados a vácuo sob diferentes condições de refrigeração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 127-131, 2005.

RAMOS, S. L. F.; MACÊDO, J. L. V.; LOPES, S. S.; RAMOS, L. F. F. Técnicas para facilitar a germinação de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer). **Comunicado Técnico Embrapa**, Manaus, dez. 2009.

SANTOS, R. C. O valor energético dos alimentos. Exemplo de uma determinação experimental, usando calorimetria de combustão. **Química Nova**, v. 33, n. 1, p. 220-224, 2010.

SCATOLINI-SILVA, A. M.; BORBA, H.; GIAMPIETRO-GANECO, A.; SOUZA, P. A.; BOIAGO, M. M.; MELLO, J. L. M.; VAZ, A. B. S. Qualidade física de ovos armazenados em diferentes condições de embalagens sob temperatura ambiente. **Archivos de Zootecnia**, v. 62, n. 238, p. 247-254, 2013.

SCHROTH, G.; MOTA, M. S. S.; LOPES, R.; de FREITAS A. F. Extractive use, management and *in situ* domestication of a weedy palm, *Astrocaryum tucuma*, in the central Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 202, p. 161-179, 2004.

SILVA, V. K. L.; FIGUEIREDO, R. W.; BRITO, E. S.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; GIGUEIREDO, E. A. T. Estabilidade da polpa do bacuri (*Platonia insignis* Mart.) congelada por 12 meses. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1293-1300, 2010.

SILVA, C. Análise de amostras nas feiras de Manaus condena o tucumã. **Acrítica.com**, Manaus, 2011. Disponível em: <[http://acritica.uol.com.br/manaus/Manaus-Amazonas-Amazonia-Analise-amostras-condena-tucuma\\_0\\_581342094.html](http://acritica.uol.com.br/manaus/Manaus-Amazonas-Amazonia-Analise-amostras-condena-tucuma_0_581342094.html)>. Acesso em: 13 dez. de 2014.

SILVA, G. F. **Estudo do potencial biotecnológico de *Aniba canelilla* (H. B. K.) Mez para obtenção de cosméticos**. Dissertação de mestrado, Universidade do Estado do Amazonas, Mestrado em Biotecnologia e Recursos Naturais da Amazônia, 2012.

VASCONCELOS, M. A. S.; FILHO; A. B. M. **Conservação de alimentos**. Recife: EDUFRPE, 2010.130 p.

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.

ZANIN, E.; SILVA, I. E. C. da; LOPES, T. J.; CANCELIER, A.; COSTELI, M. C.; SILVA, A. da. Estudo da degradação de compostos fenólicos presente em águas residuárias de postos de combustíveis utilizando fungos filamentosos (*Aspergillus flavus*). **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Digital**, Santa Maria, v. 18, n. 1, 2014.

## CONCLUSÃO GERAL

A partir dos resultados obtidos no presente estudo, pôde-se concluir que:

- A polpa de tucumã possui potencial biotecnológico interessante para a indústria de cosméticos, farmacêutica e de alimentos, contendo as principais classes de metabólitos secundários: flavonoides, taninos, alcaloides, saponinas e esteroides. O extrato metanólico da polpa de tucumã, contendo flavonoides, taninos, alcaloides e saponinas, possui potencial antioxidante no sequestro de radicais livres, bem como na proteção contra peroxidação, podendo ser utilizado em estudos para formulação de fitoterápicos, cosméticos e alimentos com atividade antioxidante;

- O extrato metanólico da polpa de tucumã apresentou baixo fator de proteção solar, podendo ser utilizado em associação a outros protetores sintéticos mais eficientes, devendo haver o desenvolvimento de estudos específicos a respeito;

- Pôde-se constatar a variação na composição química da polpa de tucumã coletada de diferentes regiões e épocas do ano, uma vez que não foi detectada presença de quercetina na polpa, diferentemente do que foi reportado na literatura; bem como pelo fato de não ter sido constatada atividade antimicrobiana dos extratos metanólico e hexânico contra *Candida albicans*, diferentemente do que foi observado em outro estudo;

- Não foi observada atividade antimicrobiana dos extratos metanólico e hexânico da polpa de tucumã contra *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Pseudomonasaeruginosa*.

- A partir do armazenamento a vácuo da polpa de tucumã, as propriedades que se mantiveram conservadas durante 150 dias de armazenamento foram cinzas, pH,  $\beta$ -caroteno e vitamina A, sendo a associação de vácuo e temperatura de congelamento mais eficiente na conservação da acidez, extrato etéreo e, conseqüentemente, energia;

- A associação entre vácuo e congelamento conserva a atividade antioxidante da polpa de tucumã, havendo pouca redução de atividade ao longo de 5 meses de armazenamento;

- O período de armazenamento que preservou as principais propriedades nutricionais da polpa de tucumã foi de 30 dias, sob vácuo e congelamento;

- Não houve proliferação de coliformes e *Salmonella*, durante 150 dias de armazenamento, sob congelamento ou resfriamento, porém houve o crescimento de outros microrganismos patogênicos, que devem ser identificados em estudos futuros.

## REFERÊNCIAS

- ABE, L. T.; DA MOTA, R. V.; LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca* L. e *Vitis vinífera* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 394-400, 2007.
- ACHÉ, L.; RIBEIRO, I. F. O pH de frutas nacionais. **Revista da Faculdade de Medicina Veterinária**, v. 4, n. 2, 1950.
- AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de Estabilidade de Alimentos**. 2 ed. Brasília: EMBRAPA, 2012. 326 p.
- BALOGH, T. S.; VELASCO, M. V. R.; PEDRIALI, C. A.; KANEKO, T. M.; BABY, A. R. Proteção à radiação ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade em fotoproteção. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, Rio de Janeiro, v. 86, n. 4, 2011.
- BARROSO, L. M.; SOUZA, P. J F.; BATISTA, R. F.; MARTINS, V. L.; GUIMARÃES, A. C. Produção e caracterização do biodiesel produzido a partir do óleo de tucumã. **6º Simpósio Nacional de Biocombustíveis**. Canoas, 2013. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/biocom/2013/trabalhos/1778-14993.html>>. Acesso em: 23 abr. de 2016.
- BATISTA, L. T. **Atividade biológica de obtenção de um fitocosmético do óleo essencial e extratos de Aniba parviflora (Meisn) Mez. (Lauraceae)**. Dissertação de mestrado, Universidade do Estado do Amazonas, Mestrado em Biotecnologia e Recursos Naturais da Amazônia, 2014.
- BEHLING, E. B.; SENDÃO, M. C.; FRANCESCATO, H. D. C.; ANTUNES, L. M. G., BIANCHI, M. L. P. Flavonoide quercetina: aspectos gerais e ações biológicas. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 15, n. 3 p. 285-292, 2004.
- BORGES, G. S. C. **Determinação de compostos bioativos e avaliação da atividade antioxidante das diferentes frações dos frutos de juçara (*Euterpe edulis* Mart.) cultivados no estado de Santa Catarina**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.
- BRAGA, A. C. C.; SILVA, A. E.; PELAIS, A. C. A.; BICHARA, C. M. G.; POMPEU, D. R. Atividade Antioxidante e quantificação de compostos bioativos dos frutos de abricó (*Mammea americana*). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, p. 31-36, 2010.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, v. 28, p. 25-30, 1995.
- BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma NBR 8633. Carvão vegetal - Determinação do poder calorífico**. Rio de Janeiro, RJ, 1984.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001**. Brasília, DF, 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Verão mais seguro: orientações sobre protetor solar**. Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 30 de 1º de junho de 2012**. Brasília, DF, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de condutas gerais do programa nacional de suplementação de vitamina A**. Brasília, DF, 2013.

CALADO, J. C. P.; ALBERTÃO, P. A.; OLIVEIRA, E. A.; LETRA, M. H. S.; SAWAYA, A. C. H.; MARUCCI, M. C. Flavonoid Contents and Antioxidant Activity in Fruit, Vegetables and Other Types of Food. **Agricultural Sciences**, v. 6, p. 426-435, 2015.

CENCI, S. A., ALVARENGA, A. L. B.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; de TOLEDO, J. C.; OLIVEIRA, L. M. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças - Tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Salmonella - isolamento e identificação: método de ensaio**. São Paulo, 1993. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/11/2013/11/L5218.zip>>. Acesso em: 09 nov. de 2014.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Coliformes totais – determinação pela técnica de membrana filtrante**. São Paulo, 2007. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/11/2013/11/DD\\_203\\_DO.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/11/2013/11/DD_203_DO.pdf)>. Acesso em: 08 nov. de 2014.

CLEMENT, C. R.; PÉREZ, E. L.; LEEUWEN, J. V. O potencial das palmeiras tropicais do Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociências**, Montevideo, v. 9, p. 67-71, 2005.

COSTA, J. R.; LEEUWEN, J. A. **Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica**. São Paulo: Petrópolis Press, p. 193-200, 2004.

COSTA, J. G. M.; RODRIGUES, F. F. G.; ANGELICO, E. C.; PEREIRA, C. K. B.; SOUZA, E. O.; CALDAS, G. F. R.; SILVA, M. R.; SANTOS, N. K. A.; MOTA, M. L.; SANTOS, P. F. Composição química e avaliação da atividade antibacteriana e toxicidade do óleo essencial de *Croton zehntneri* (variedade estragol). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, v. 18, n. 4, 2008.

COWAN, M. M.; Plants products as antimicrobial agents. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 12, n. 4, p. 564-82, 1999.

CRUZ, R. S.; SOARES, N. F. F.; ANDRADE, N. J. Evaluation of oxygen absorber on antimicrobial preservation of lasagna-type fresh pasta under vacuum packed. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 6, p. 1135-1138, 2006.

DIAS, P. D. B. **Efeito da utilização de película e diferentes formas de acondicionamento na conservação pós-colheita e fritura de batatas minimamente processadas**. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Ciência e Tecnologia de Alimentos, 2011.

DIAS, M. G.; CAMÕES, M. F. C.; OLIVEIRA, L. Carotenoid stability in fruits, vegetables and working standards – Effect of storage temperature and time. *Food Chemistry*, v. 156 p. 37–41, 2014.

DIDONET, A. A.; FERRAZ, I. D. K. O comércio de frutos de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey – Arecaceae) nas feiras de Manaus (Amazonas, Brasil). *Revista Brasileira de Fruticultura*, São Paulo, v. 36, n. 2, p. 353-362, 2014.

DUARTE-ALMEIDA, J. M.; SANTOS, R. J.; GENOVESE, M. I.; LAJOLO, F. M. Avaliação da atividade antioxidante utilizando  $\beta$ -caroteno/ácido linoléico e método de sequestro de radicais DPPH. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 26, n. 2, p. 446-452, 2006.

FACUNDO, H. V. V.; GURAK, P. D.; MERCADANTE, A. Z.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Storage at low temperature differentially affects the colour and carotenoid composition of two cultivars of banana. *Food Chemistry*, v. 170, p. 102–109, 2015.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *Food and fruit-bearing forest species*. Rome, 1986.

FAPEAM – FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA NO ESTADO DO AMAZONAS. **Tucumã é alvo de interesse em alimento, cosmético e energia**. Manaus, AM, 2012. Disponível em: <<http://www.fapeam.am.gov.br/tucuma-e-alvo-de-interesse-para-alimento-cosmetico-e-energia/>>. Acesso em: 12 jan. de 2016.

FERNANDES, R. P. P.; FREIRE, M. T. A.; GUERRA, C. C.; CARRER, C. C.; BALIEIRO, J. C. C.; TRINDADE, M. A. Estabilidade físico-química, microbiológica e sensorial de carne ovina embalada a vácuo estocada sob refrigeração. *Ciência Rural*, v. 42, n. 4, p. 724-729, 2012.

FERREIRA, A. L. A.; MATSUBARA, L. S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. *Revista da Associação Médica Brasileira*, v.43, n. 1, p. 61-68, 1997.

FILHO, V. C.; YUNES, R. A. Estratégias para a obtenção de compostos farmacologicamente ativos a partir de plantas medicinais. Conceitos sobre modificação estrutural para otimização da atividade. *Química nova*, v. 21, n. 1, 1998.

FLOR, N. S.; ANDRADE, J. S.; FERREIRA, S. A. N. Nutritional value and sensorial attributes of tucum paste. *British Journal of Applied Science & Technology*, v. 5, p. 371-379, 2015.

FREIRE, J. M.; ABREU, C. M. P.; ROCHA, D. A.; CORRÊA, A. D.; MARQUES, N. R. Quantificação de compostos fenólicos e ácido ascórbico em frutos e polpas congeladas de acerola, caju, goiaba e morango. *Ciência Rural*, v.43, n.12, 2013.

HELDT, H. W. *Plant biochemistry*. 3 ed. Amsterdam: Elsevier, 2005. 630 p.

HENDERSON, A.; SCARIOT, A. A flórua da Reserva Ducke, I: palmae (Arecaceae). *Acta Amazonica*, v. 23, p. 349-369, 1993.

HERNÁNDEZ-MACEDO, M. L.; BARANCELLI, G. V.; CONTRERAS-CASTILLO, C. J. Microbial deterioration of vacuum-packaged chilled beef cuts and techniques for microbiota

detection and characterization: a review. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 42, p. 1-11, 2011.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz -Métodos Físico-químicos para análise de alimentos**. 4 ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020 p.

INCA - Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. **Estimativa 2016: incidência de câncer no Brasil**, Rio de Janeiro, RJ, 2015.

JOBIM, M. L.; SANTOS, R. C.; AIVES, C. F. S.; OLIVEIRA, R. M., MOSTARDEIRO, C. P.; SAGRILLO, M. R.; SOUZA FILHO, O. C.; GARCIA, L. F. M.; MANICA-CATTANI, M. F.; RIBEIRO, E. E.; CRUZ, I. B. M. Antimicrobial activity of Amazon *Astrocaryum aculeatum* extracts and its association to oxidative metabolism. **Microbiological Research**, v. 169, p. 314–323, 2014.

KAHN, F. The genus *Astrocaryum* (Arecaceae). Las palmeras en América del Sur. **Revista Peruana de Biología**, v. 15, p. 031-048, 2008.

KNEE, M.; AGGARWAL, D. Evaluation of vacuum containers for consumer storage of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, v. 19, p.55–60, 2000.

KOPF, C. **Técnicas do processamento de frutas para a agricultura familiar**. Guarapuava: Editora UNICENTRO, 2008.

KUMAR, S. R.; VALLIKANNAN, B. Carotenoid composition and retinol equivalent in plants of nutritional and medicinal importance: Efficacy of  $\beta$ -carotene from *Chenopodium album* in retinol-deficient rats. **Food Chemistry**, v. 19, p. 1584-1590, 2010.

LABUZA, T. P.; FU. B. Shelf-life prediction: theory and application. **Food Control**, v. 4, n. 3, p. 125-133, 1993.

LIMA, A. **Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante in vitro e in vivo, e identificação dos compostos fenólicos presentes no pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.)**. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, Ciência dos Alimentos, São Paulo, 2008.

LIMA, R. A. Z. **Armazenamento de feijão: uso da embalagem a vácuo na manutenção da qualidade**. Tese de doutorado, Universidade Federal de Lavras, Programa de Pós-Graduação em Agroquímica, 2013.

LIMA, E. de Q.; MARINHO, O. R.; PEREIRA, A. de L.; RIBEIRO, E. M.; MARTINS, V. L.; GUIMARÃES, A. C.; LYRA, W. da S. Atividade antioxidante de óleos de plantas amazônicas utilizando o método de sequestro de radicais livres DPPH. **37ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**, Natal, 2014.

LIRA, C. S.; BERRUTI, F. M.; PALMISANO, P.; BERRUTI, F.; BRIENS, C. PÉCORA, A. A. B. Fast pyrolysis of amazon tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) seeds in a bubbling fluidized bed reactor. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, v. 99, p. 23–31, 2013.

LOPES, R. M.; OLIVEIRA, T. T.; NAGEM, T. J.; PINTO, A. S. Flavonoides: farmacologia de flavonoides no controle hiperlipidêmico em animais experimentais. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, v. 3, n. 17, p. 18-22, 2000.

LUZIA, D. M. M.; JORGE, N. Study of antioxidant activity of non-conventional Brazilian fruits. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, p. 1167-1172, 2014.

MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C. JUMENEZ, L. Polyphenols: food sources and bioavailability. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 79, p. 727–747, 2004.

MANSUR, J.; BREDER, M.; MANSUR, M.; AZULAY, R. S. Determinação do fator de proteção solar por espectrofotometria. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 61, n. 3, p. 121-124, 1986.

MATOS, F. J. de A. **Introdução à Fitoquímica Experimental**. 3 ed. Edições UFC: Fortaleza, 2009. 150 p.

MATTOS, L. M.; MORETT, C. L.; MUNIZ, L. B.; SILVA, E. Y. Y. Protocolo de análise para determinação da atividade antioxidante total em hortaliças no sistema beta-caroteno/ácido linoleico. **Comunicado Técnico Embrapa**, Brasília, 2009.

MENG, J.; DOYLE, M. P. Introduction. Microbiological food safety. **Microbes and Infection**, v. 4, p. 395-397, 2002.

MILESI, S. S.; GUTERRES, S.S. Fatores determinantes na eficácia de fotoprotetores. **Caderno de Farmácia**, v. 18, n. 2, p. 81 - 87, 2002.

MILLER, W. M. P.; CRUZ, F. G. G.; CHAGAS, E. O.; SILVA, A. F.; ASSANTE, R. T. Farinha do resíduo de tucumã (*Astrocaryum vulgare*Mart.) na alimentação de poedeiras. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 11, n. 1, p. 105-114, 2013.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L.; AMORIM, A. L. C. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, n. 5, p. 892-896, 2005.

MONTEIRO, C. A., LEVY, R. B.; CLARO, R. M.; de CASTRO, I. R. R.; CANNON, G. A new classification of foods based on the extent and purpose of their processing. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 11, p. 2039-2049, 2010.

MOREIRA, A. V. B.; MANCINI-FILHO, J. Influência dos compostos fenólicos de especiarias sobre a lipoperoxidação e o perfil lipídico de tecidos de ratos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 411-424, 2004.

MOUSSA, F.; KAHN, F. Uso y potencial econômico de dos palmas, *Astrocaryum aculeatum* Meyer y *A. vulgare* Martinus, em la Amazonía brasileña. **Uso y Manejo de Recursos Vegetales**, Quito, Abya-Yala, p. 101-116, 1997.

NCCLS – National Comitee for Clinical Laboratory Standards. **Metodologia dos testes de sensibilidade a agentes antimicrobianos por diluição para bactéria de crescimento aeróbico**. Norma Aprovada – 6 ed, M7-A6, v.3, n. 2007.

PASSOS, C.; ARBO, M. D.; RATES, S. M. K.; POSER, G. L. V. Terpenóides com atividade sobre o Sistema Nervoso Central (SNC). **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 19, p. 140-149, 2009.

PELEGRINI, N.; COLOMBI, B.; SALVATORE, S.; BRENNNA, O. V.; GALAVERNA, G.; DEL RIO, D.; BIANCHI, M.; BENNETT, R. N.; BRIGHENTI, F. Evaluation of antioxidant capacity of some fruit and vegetable foods: efficiency of extraction of a sequence of solvents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, p. 103–111, 2007.

PHANI, R. S.; VINAYKUMAR, K.; UMAMAHESWARA, R.; SINDHUJA, G. Quantitative analysis of quercetin in natural sources by RP-HPLC. **International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences**, v. 1, n. 1., 2010.

PIEIDADE, M.T.F.; PAROLIN, P.; JUNK, W.J. Phenology, fruit production and seed dispersal of *Astrocaryum jauari* (Arecaceae) in Amazonian black water floodplains. **Revista de Biología Tropical**, v. 54, p. 1171-1178, 2006.

PINHEIRO, N. M. S.; de FIGUEIREDO, E. A. T.; de FIGUEIREDO, R. W.; MAIA, G. A.; SOUZA, P. H. M. Avaliação da qualidade microbiológica de frutos minimamente processados comercializados em supermercados de Fortaleza. **Revista Brasileira de Fruticultura**, São Paulo, v. 27, n. 1, p.153-156, 2005.

PINTO, J. E. S.; MICKOS, T. B.; SILVA, K. F.; SARTOR, C. F. P. FELIPE, D. F. Estudo da atividade fotoprotetora de diferentes extratos vegetais e desenvolvimento de formulação de filtro solar. **VIII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar**, Maringá, 2013. Disponível em <[http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2013/oit\\_mostra/Jessica\\_Evelyn\\_Santiago\\_Pinto.pdf](http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2013/oit_mostra/Jessica_Evelyn_Santiago_Pinto.pdf)>.

POLONINI, H. C.; RAPOSO, N. R. B.; BRANDÃO, M. A. F. Fotoprotetores naturais como instrumento de ação primária na prevenção do câncer de pele. **Revista de Atenção Primária a Saúde**, Juiz de Fora, v. 14, n. 2, p. 216-223, 2011.

PONTIS, J. A.; COSTA, L. A. M. A.; SILVA, S. J. R.; FLACH, A. Color, phenolic and flavonoid content, and antioxidant activity of honey from Roraima, Brazil. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 34, n. 1, p. 69-73, 2014.

POURMORAD, F.; HOSSEINIMEHR, S. J.; SHAHABIMAJD, N. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected iranian medicinal plants. **African Journal of Biotechnology**, v. 5, n. 1, p.1142-1145, 2006.

PRENTICE, C.; SAINZ, R. L. Cinética e deterioração apresentada por filés de carpa-capim (*Ctenopharyngodon idella*) embalados a vácuo sob diferentes condições de refrigeração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 127-131, 2005.

RAMALHO, R. A.; FLORES, H; SAUNDERS, C. Hipovitaminose A no Brasil: um problema de saúde pública. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 12, n. 2, p. 117-123, 2002.

RAO, A. V.; AGARWAL, S. Role of lycopene as antioxidant carotenoid in the prevention of chronic diseases: a review. **Nutrition Research**, v. 19, p. 305-323, 1999.

RAMOS, S. L. F.; MACÊDO, J. L. V.; LOPES, S. S.; RAMOS, L. F. F. Técnicas para facilitar a germinação de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer). **Comunicado Técnico Embrapa**, Manaus, dez. 2009.

RICE-EVANS, C. A.; MILLER N. J.; SIMPSON, J.; CANDEIAS, L. P.; BRAMLEY, P. M. Antioxidant activities of carotenes and xanthophylls. **Federation of European Biochemical Societies**, v. 384, p. 240-242, 1996.

ROCHA, C. B. R.; POTIGUARA, R. C. V. Morfometria das fibras das folhas de *Astrocaryum murumuru* var. murumuru mart. (Arecaceae). **Acta Amazonica**, v. 37, n. 4, p. 511 – 516, 2007.

ROSA, M. B.; OLIVEIRA, T. G.; CARVALHO, C. A.; SILVA, F. D.; CARVALHO, L. M.; NASCIMENTO, P. C.; PERES, R. L., Estudo espectrofotométrico da atividade foto-protetora de extratos aquosos de *Achillea millefolium*, *Brassica oleracea* Var. capitata, *Cyperus rotundus*, *Plectranthus barbatus*, *Porophyllum ruderale* (Jacq.) cass e *Sonchus oleraceus*. **Revista Eletrônica de Farmácia**, v. 5, n. 1, p. 101-110, 2008.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Comunicado Técnico Embrapa**, Fortaleza, 2006.

SAGRILLO, M. R.; GARCIA, L. F. M.; FILHO, O. C. de S.; DUARTE, M. M. M. F.; RIBEIRO, E. E.; CADONÁ, F. C.; CRUZ, I. B. M. Tucumã fruit extracts (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) decrease cytotoxic effects of hydrogen peroxide on human lymphocytes. **Food Chemistry**, v. 173, p. 741–748, 2015.

SAHOO, N. R.; PANDA, M. K.; BAL, L. M.; PAL, U. S.; SAHOO, D. Comparative study of MAP and shrink wrap packaging techniques for shelf life extension of fresh guava. **Scientia Horticulturae**, v. 182, p.1-7, 2015.

SANDERS, M. E. Overview of functional foods: emphasis on probiotic bacteria. **International Dairy Journal**, v. 8, p. 341-347, 1998.

SANTOS, R. C. O valor energético dos alimentos. Exemplo de uma determinação experimental, usando calorimetria de combustão. **Química Nova**, v. 33, n. 1, p. 220-224, 2010.

SANTOS, M. F. G.; MAMDE, R. V. S.; RUFINO, M. S. M. R.; BRITO, E. S. ALVES, R. E. Amazonian native palm fruits as sources of antioxidant bioactive compounds. **Antioxidants**, v.4, p. 591-602, 2015.

SCATOLINI-SILVA, A. M.; BORBA, H.; GIAMPIETRO-GANECO, A.; SOUZA, P. A.; BOIAGO, M. M.; MELLO, J. L. M.; VAZ, A. B. S. Qualidade física de ovos armazenados em diferentes condições de embalagens sob temperatura ambiente. **Archivos de Zootecnia**, v. 62, n. 238, p. 247-254, 2013.

SCHROTH, G.; MOTA, M. S. S.; LOPES, R.; de FREITAS A. F. Extractive use, management and *in situ* domestication of a weedy palm, *Astrocaryum tucuma*, in the central Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 202, p. 161-179, 2004.

SERRANO, J.; PUUPPONEN-PIMI, R. DAUER, A.; AURA, A. SAURA-CALIXTO, F. Tannins: Current knowledge of food sources, intake, bioavailability and biological effects. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 53, p. 310-329, 2009.

SIES, H.; STAHL, H. Nutritional protection against skin damage from sunlight. **Annual Review of Nutrition**, v. 24, p. 173-200, 2004.

SINGH, F. P.; SHARAD, S.; KAPUR, S. Free radicals and oxidative stress in neurodegenerative diseases: relevance of dietary antioxidants. **Journal of Indian Academy of Clinical Medicine**, v. 5, n. 3, p. 218-225, 2004.

SILVA, V. K. L.; FIGUEIREDO, R. W.; BRITO, E. S.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; GIGUEIREDO, E. A. T. Estabilidade da polpa do bacuri (*Platonia insignis* Mart.) congelada por 12 meses. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1293-1300, 2010.

SILVA, C. Análise de amostras nas feiras de Manaus condena o tucumã. **Acrítica.com**, Manaus, 2011. Disponível em: <[http://acritica.uol.com.br/manaus/Manaus-Amazonas-Amazonia-Analise-amostras-condena-tucuma\\_0\\_581342094.html](http://acritica.uol.com.br/manaus/Manaus-Amazonas-Amazonia-Analise-amostras-condena-tucuma_0_581342094.html)>. Acesso em: 13 dez. de 2014.

SILVA, G. F. **Estudo do potencial biotecnológico de *Aniba canelilla* (H. B. K.) Mez para obtenção de cosméticos**. Dissertação de mestrado, Universidade do Estado do Amazonas, Mestrado em Biotecnologia e Recursos Naturais da Amazônia, 2012.

SOUTO, C. R. O.; DUARTE, H. C. **Química da vida**. EDUFRRN: Natal, 2006.

SUCUPIRA, N. R.; SILVA, A. B.; PEREIRA, G.; COSTA, J. N. Métodos Para Determinação da Atividade Antioxidante de Frutos. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 14, n. 4, p. 263-269, 2012.

SVOBODOVA, A.; WALTEROVA, D. VOSTALOVA, J. Ultraviolet light induced alteration to the skin. **Biomedical Papers**, v. 150, n. 1, p. 25-38, 2006.

TANWAR, B; MODGIL, R. Flavonoids: dietary occurrence and health benefits. **Spatula DD**, v. 2, n.1 p. 59-68, 2012.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 8 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

VANNUCCHI, H.; MOREIRA, E. A. M.; CUNHA, D. F.; JUNQUEIRA-FRANCO, M. V. M.; BERNARDES, M. M.; JORDÃO-JUNIOR, A. A. Papel dos nutrientes na peroxidação lipídica e no sistema de defesa antioxidante. **Revista Medicina**, Ribeirão Preto, v. 31, p. 21-44, 1998.

VASCONCELOS, M. A. S.; FILHO; A. B. M. **Conservação de alimentos**. Recife: EDUFRRPE, 2010.130 p.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C.; WEBER, G. E. B. Metabólitos Secundários Encontrados em Plantas e sua Importância. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas, v. 316, 2010.

WANNMACHER, L. Uso indiscriminado de antibióticos e resistência microbiana: uma guerra perdida? **Uso Racional de Medicamentos: Temas Selecionados**, Brasília, v. 1, n. 4, 2004.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Artificial tanning sunbeds – risks and guidance**. 2003.

YAO, L. H.; JIANG, Y. M.; SHI, J.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A.; DATTA, N.; SINGANUSONG, R.; CHEN, S. S. Flavonoids in food and their health benefits. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 59, p. 113–122, 2004.

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.

ZANIN, E.; SILVA, I. E. C. da; LOPES, T. J.; CANCELIER, A.; COSTELI, M. C.; SILVA, A. da. Estudo da degradação de compostos fenólicos presente em águas residuárias de postos de combustíveis utilizando fungos filamentosos (*Aspergillus flavus*). **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Digital**, Santa Maria, v. 18, n. 1, 2014.