

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
FARMACÊUTICAS

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO – QUÍMICA E
DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS ANALÍTICOS PARA A
MANTEIGA DE TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum*)

STÉFANI FERREIRA DE OLIVEIRA

MANAUS
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
FARMACÊUTICAS

STÉFANI FERREIRA DE OLIVEIRA

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO – QUÍMICA E
DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS ANALÍTICOS PARA A
MANTEIGA DE TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Farmacêuticas.

Orientador: Dr. José Pereira de Moura Neto.

Coorientadora: Dra. Keyla Emanuelle Ramos da Silva.

MANAUS
2018

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Oliveira, Stéfani Ferreira de
O48c Caracterização físico-química e desenvolvimento de métodos
analíticos para a manteiga de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) /
Stéfani Ferreira de Oliveira. 2018
120 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: José Pereira de Moura Neto
Coorientadora: Keyla Emanuelle Ramos da Silva
Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) -
Universidade Federal do Amazonas.

1. Plantas amazônicas. 2. *Astrocaryum aculeatum*. 3. Óleo fixo. 4.
Tucumã. I. Moura Neto, José Pereira de II. Universidade Federal do
Amazonas III. Título

STÉFANI FERREIRA DE OLIVEIRA

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO – QUÍMICA E
DESENVOLVIMENTO DE MÉTODOS ANALÍTICOS DA
MANTEIGA DE TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum*)

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr. José Pereira de Moura Neto.
Orientador
Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª. Dra. Kilmara Higia Gomes Carvalho.
Membro
Universidade do Estado do Amazonas

Prof^ª. Dra. Patrícia Danielle Oliveira de Almeida.
Membro
Universidade Federal do Amazonas

Dedico
Aos meus pais, Antônio e Lucinete, que sempre
apoiaram as minhas escolhas.
A minha avó Neuza.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus**, pela vida e por iluminar meus caminhos nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais, **Antônio e Lucinete**, por toda educação, apoio nas minhas decisões, por acreditarem na minha capacidade, por sempre me incentivarem na busca do conhecimento e por entenderem minha ausência em diversos momentos, sabendo que faz parte do plano que escolhi para traçar meu futuro. Amo vocês!

A toda minha família, que sempre torceu por mim, em especial minha prima **Simone Oliveira**, por fazer parte da minha vida, compartilhando todos os momentos juntas. Te amo mana!

A minha orientadora **Prof^a. Dr^a. Keyla Emanuelle Ramos da Silva**, por me incentivar na busca pelo conhecimento, pela amizade, carinho, amor, confiança, ensinamentos, por me ajudar a crescer e fazer de mim uma pessoa melhor, por me emprestar toda a sua família. Minha eterna gratidão!

Ao meu orientador **Prof. Dr. José Pereira de Moura Neto**, pela confiança depositada em mim, pelas conversas, pelo cuidado e por todo aprendizado.

A família **Laranjeira e Munslinger** que me acolheram em Manaus todas as vezes que foi preciso, me incentivando para a conclusão deste trabalho e pelos momentos de descontração juntos.

A amiga **Ana Caroline**, por sempre estar junto em todos os momentos.

A amiga **Larissa Stéfani**, que em Recife fazia eu me sentir mais perto de casa.

Ao amigo **Francisco Emiliano Neto**, pela ajuda sempre que era preciso dentro do laboratório.

A **Ramon Ramos, Mayara e Julio Neto**, que em Recife foram minha família e ajudaram meus dias serem mais leves.

Ao **Professor Dr. Pedro Rolim**, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), pela parceria neste trabalho e por me receber de braços abertos em seu grupo de pesquisa.

A todos que fazem parte do **Laboratório de Tecnologia dos Medicamentos** da UFPE, que compartilharam conhecimentos e muitas conversas, em especial a **Paulo Dantas e Talita Atanazio**, por ajudarem nas análises.

Ao **Prof. Dr. Alexandre Schuler** da UFPE, por compartilhar seu tempo e conhecimento na parceria das análises de Cromatografia Gasosa.

A **Prof^ª. Dra. Rosali Maria Ferreira da Silva** da UFPE, pela amizade, pelas conversas, por me acolher e por ser meu ponto de apoio.

As Professoras da UFAM, **Dra. Patrícia Danielle**, pelas análises antioxidantes e a **Dra. Ilia Gilmara**, pela ajuda no teste antimicrobiano.

Ao **Prof. Dr. Daniel Tarciso** da UFAM, por sempre estar disposto a contribuir em tudo que foi preciso.

Aos alunos de Iniciação Científica, **Maria Raimunda e Maurício Reis**, pela ajuda nas análises microbiológicas.

A **Maria Cléo Lopes**, secretária do PPGCF, pelas conversas, esclarecimentos, disponibilidade e amizade.

Aos meus **colegas de mestrado** que direta e indiretamente me fortaleceram e compartilharam seus conhecimentos comigo.

Aos **Programas de Pós Graduação em Cirurgia (PPGRACI)**, **Programa de Pós Graduação em Biotecnologia (PPGBIOTEC)** e **Programa de Pós Graduação em Medicina Tropical (PPGMT-UEA)**, que abriram as portas para a realização das disciplinas optativas.

A **Universidade Federal do Amazonas (UFAM)** e ao **Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia (ICET)** por entenderem a importância da qualificação dos seus servidores e pela liberação para a conclusão deste.

Enfim, a todas as pessoas que mesmo não mencionadas aqui fizeram parte da concretização desta etapa vencida em minha vida. Obrigada pelas orações e incentivo.

Muito Obrigada!!!

“Nada é tão nosso quanto nossos sonhos”
(Friedrich Nietzsche)

RESUMO

O tucumã do Amazonas (*Astrocaryum aculeatum*) é uma óleoaginosa típica da região e sua manteiga da amêndoa apresenta grande potencial para a indústria farmacêutica, comportando-se como um excelente hidratante, creme anti-rugas, shampoo, condicionador e óleos corporais. O objetivo do presente trabalho foi caracterizar físico-quimicamente a manteiga da amêndoa de tucumã e propor métodos analíticos para doseamento desta matéria prima. O tucumã foi adquirido nas feiras livres no município de Itacoatiara, região metropolitana de Manaus – AM nos meses de maio de 2016 e 2017, processado no laboratório de farmácia do ICET/UFAM. A extração da manteiga da amêndoa foi realizada pelo método Soxhlet, com a caracterização físico-química pelos testes de densidade de massa e relativa, índices de refração, acidez, saponificação, peróxido, umidade, faixa de fusão, viscosidade e espectrofotometria de absorção na região do IV, doseamento de ácidos graxos, estudos de análise térmica e fotoestabilidade, potencial antioxidante, carotenoides totais e avaliação da atividade antimicrobiana. Os resultados apresentaram uma manteiga com coloração levemente amarelada, de consistência sólida a temperatura ambiente, e densidade de massa de 0,9012 - Lote 1 e 0,9011 - Lote 2; densidade relativa de 0,9032- Lote 1 e 0,9030- Lote 2; índice de refração foi de $1,457 \pm 0,0005$ para os dois lotes; viscosidade de 64,71- Lote 1 e 33,05 - Lote 2; umidade de $0,55 \pm 0,160$ - Lote 1 e $0,88 \pm 0,681$ - Lote 2; faixa de fusão de 28°C - 29°C - Lote 1 e 29°C - 30°C- Lote 2; índice de acidez de $0,120 \pm 0,016$ NaOH/g - Lote 1 e $0,074 \pm 0,016$ NaOH/g - Lote 2; índice de saponificação de $195,47 \pm 0,60$ KOH/g - Lote 1 e $206,04 \pm 2,49$ KOH/g - Lote 2 e índice de peróxido de $8,318 \pm 0,226$ mEq/kg- Lote 1 e $10,521 \pm 0,156$ mEq/kg - Lote 2. A manteiga apresentou média de 90% de ácidos graxos saturados e 7% de insaturados. O ácido láurico mostrou-se majoritário na manteiga, representando valor médio de 55,8% nos dois lotes. Apresentou-se termicamente estável até 259,17°C com pico de fusão em 31,03 °C. Os valores de carotenoides encontrados foi de $280,163 \text{ ppm} \pm 7,95$ para ambas os lotes. Espectroscopia de Infravermelho dos lotes apresentaram estiramentos em 2954, 2915 e 2849 cm^{-1} sugerindo a presença apenas de alcanos; duas bandas intensas (1736 e 1729 cm^{-1}) e características na região de absorção da carbonila; um estiramento intenso referente a ligação C-O (1175 cm^{-1}) sugerindo a ligação éster presente na estrutura geral de um triacilglicerol; uma banda de deformação angular de baixa intensidade dos grupos CH de alifáticos em 1471 cm^{-1} referentes a alcanos; uma deformação angular de CH_2 em 717 cm^{-1} e bandas características dos óleos vegetais na região de impressão digital (1300 – 900 cm^{-1}). Após o teste de fotodegradação, os lotes apresentaram perda menor que 10% no teor de ácidos graxos e não apresentaram mudança no espectro de infravermelho, sugerindo que a manteiga é fotoestável. Conclui-se que a técnica empregada na extração da manteiga da amêndoa não alterou suas características físico-químicas, mantendo baixo índice de acidez e sem degradação, com concentração de 90% de ácidos graxos saturados. A manteiga apresentou-se termicamente estável e com mais de 50% de atividade antioxidante, além de possuir ampla atividade antibacteriana.

Palavras-chave: plantas amazônicas; *Astrocaryum aculeatum* ; óleo fixo.

ABSTRACT

The Amazon tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) is a typical oil of the region and its almond butter presents great potential for the pharmaceutical industry, behaving as an excellent moisturizer, anti-wrinkle cream, shampoo, conditioner and body oils. The objective of the present work was to characterize physicochemically the tucumã almond butter and to propose analytical methods for the determination of this raw material. The tucumã was purchased at the free trade fairs in the municipality of Itacoatiara, metropolitan region of Manaus - AM in the months of May 2016 and 2017, processed at the ICET / UFAM pharmacy laboratory. The extraction of almond butter was performed by the Soxhlet method, with the physico-chemical characterization by the tests of mass and relative density, refractive index, acidity, saponification, peroxide, moisture content, melting range, viscosity and absorption spectrophotometry in the region of the IV, fatty acids assay, studies of thermal analysis and photostability, antioxidant potential, total carotenoids and evaluation of the antimicrobial activity. The results presented a slightly yellowish butter of solid consistency at room temperature and mass density of 0.9012 - Lot 1 and 0.9011 - Lot 2; relative density of 0.9032 - Lot 1 and 0.9030 - Lot 2; refractive index was 1.457 ± 0.0005 for the two batches; viscosity of 64.71 Lot 1 and 33.05 - Lot 2; humidity of $0,55 \pm 0,160$ - Lot 1 and $0,88 \pm 0,681$ - Lot 2; melting range of 28°C - 29°C - Lot 1 and 29°C - 30°C - Lot 2; acid value of 0.120 ± 0.016 NaOH / g - Lot 1 and 0.074 ± 0.016 NaOH / g - Lot 2; saponification index of 195.47 ± 0.60 KOH / g - Lot 1 and 206.04 ± 2.49 KOH / g - Lot 2 and peroxide index of 8.318 ± 0.226 mEq / kg - Lot 1 and 10.521 ± 0.156 mEq / kg - Batch 2. The butter presented an average of 90% of saturated fatty acids and 7% of unsaturated fatty acids. The lauric acid showed to be the majority in the butter, representing an average value of 55.8% in both lots. It was thermally stable up to 259.17 ° C with melting peak at 31.03 ° C. The carotenoid values found were $280.163\text{ppm} \pm 7.95$ for both batches. Infrared spectroscopy of the lots showed stretches at 2954, 2915 and 2849 cm^{-1} suggesting the presence of alkanes only; two intense bands (1736 and 1729 cm^{-1}) and characteristics in the region of carbonyl absorption; an intense stretching relative to the C-O bond (1175 cm^{-1}) suggesting the ester bond present in the general structure of a triacylglycerol; a low intensity angular strain band of the CH groups of aliphatic at 1471 cm^{-1} relative to alkanes; an angular deformation of CH₂ in 717 cm^{-1} and characteristic bands of vegetable oils in the fingerprint region (1300-900 cm^{-1}). After the photodegradation test, the batches presented a loss of less than 10% in the fatty acid content and showed no change in the infrared spectrum, suggesting that the butter is photo-stable. We concluded that the technique used in the extraction of almond butter did not alter its physico-chemical characteristics, maintaining a low acidity index and without degradation, with a concentration of 90% of saturated fatty acids. The butter was thermally stable and with more than 50% antioxidant activity, besides having ample antibacterial activity..

Keywords: Amazonian plants; *Astrocaryum aculeatum*; fixed oil.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 - Reação de esterificação.....	20
Figura 2 - Palmeira murumuru (<i>Astrocaryum murumuru</i>)	28
Figura 3 - Fruto murumuru (<i>Astrocaryum murumuru</i>).....	29
Figura 4 - Palmeira de pupunha (<i>Bactris gasipaes</i>)	31
Figura 5 - Fruto pupunha (<i>Bactris gasipaes</i>).....	32
Figura 6 - Palmeira de bacaba (<i>Oenocarpus bacaba</i>)	34
Figura 7 - Fruto bacaba (<i>Oenocarpus bacaba</i>).....	35
Figura 8 - Palmeira de tucumã (<i>Astrocaryum aculeatum</i>).....	36
Figura 9 - Fruto Tucumã (<i>Astrocaryum aculeatum</i>).....	37
Figura 10 - Cromatograma da manteiga de tucumã (lote 1).....	62
Figura 11 - Cromatograma da manteiga de tucumã (lote 2).....	62
Figura 12 - Curva TG da manteiga de Tucumã	65
Figura 13 - Curva TG/DTG da manteiga de Tucumã (lote 1).....	66
Figura 14 - Curva TG/DTG da manteiga de Tucumã (lote 2).....	66
Figura 15 - Curvas TG/DTG/DTA da manteiga de tucumã (lote 1)	68
Figura 16 - Curvas TG/DTG/DTA da manteiga de tucumã (lote 2)	68
Figura 17 - Curva DSC da manteiga de Tucumã.....	69
Figura 18 - Infravermelho da manteiga de tucumã no tempo zero, lote 1.....	71
Figura 19 - Infravermelho da manteiga de tucumã no tempo zero, lote 2.....	72
Figura 20 - Estrutura molecular de um triglicerídeo	73
Figura 21 - Cromatograma da manteiga de tucumã, branco (lote 1).....	75
Figura 22 - Cromatograma da manteiga de tucumã, amostra fotodegradada (lote 1)	76
Figura 23 - Cromatograma da manteiga de tucuma, branco (lote 2).....	77
Figura 24 - Cromatograma da manteiga de tucumã, amostra fotodegradada (lote 2)	78
Figura 25 - Infravermelho da manteiga de tucumã, branco e amostra fotodegradada, lote 1 ..	79
Figura 26 - Infravermelho da manteiga de tucumã, branco e amostra fotodegradada, lote 2 ..	79
Figura 27 - Atividade antimicrobiana de <i>Staphylococcus aureus</i> na manteiga de Tucumã.....	83
Figura 28 - Atividade antimicrobiana de <i>Salmonella enterica</i> na manteiga de Tucumã	84
Gráfico 1 – Porcentagem de atividade antioxidante da manteiga de tucumã em comparação com o padrão.....	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Nomenclatura dos ácidos graxos e ponto de fusão	21
Quadro 2 - Características físico-químicas da manteiga do murumuru	30
Quadro 3 - Características físico-químicas do óleo da amêndoa da pupunha.....	33
Quadro 4 - Características físico-químicas do óleo da bacaba.....	35
Quadro 5 - Comparação do perfil de ésteres metílicos de ácidos graxos da manteiga da amêndoa de tucumã	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos da manteiga de Tucumã (<i>Astrocaryum aculeatum</i>)....	58
Tabela 2 - Comparação dos valores de índice de acidez da manteiga da amêndoa da espécie <i>A. aculeatum</i> , por extração com solvente	60
Tabela 3 - Comparação da composição de ácidos graxos da manteiga da amêndoa entre espécies de Tucumã	64
Tabela 4 - Comparação de ácidos graxos da manteiga da amêndoa de palmeiras da família Arecacea	64
Tabela 5 - Eventos endotérmicos da análise de DSC da manteiga de Tucumã.....	69
Tabela 6 - Comparação do teor de carotenoides presente na amêndoa de palmeiras da família Arecacea	70
Tabela 7 - Comparação das medias do teor (%) de ácidos graxos após teste de fotoestabilidade, lote 1.....	74
Tabela 8 - Comparação das medias do teor (%) de ácidos graxos após teste de fotoestabilidade, lote 2.....	74
Tabela 9 - Atividade antimicrobiana da manteiga de Tucumã.....	83
Tabela 10 - Comparação do perfil de ésteres metílicos de ácidos graxos da manteiga da amêndoa de tucumã	107

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AAPH	2,2'-azobis (2-amidino-propano)
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATCC	<i>American Type Culture Collection</i>
CAA	Atividade Antioxidante Celular (do inglês <i>Cellular Antioxidant Activity</i>)
DCFH-DA	2,7, diclorofluoresceína – diacetato
DPPH	2,2- Difenil - 1- picrilhidralazila
DSC	Calorimetria Exploratória Diferencial (do inglês <i>Differential Scanning Calorimetry</i>)
DTA	Análise Térmica Diferencial (do inglês <i>Differential Thermal Analysis</i>)
DTG	Termogravimetria Diferencial
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FTIR	Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (do inglês <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>)
ICET	Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia
IUPAC	União Internacional de Química Pura e Aplicada (do inglês <i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i>)
IV	Infravermelho
LDL	Lipoproteínas de baixa densidade
LTM	Laboratório de Tecnologia Farmacêutica.
PBS	Solução Tampão Fosfato salino (do inglês <i>Phosphate buffered saline</i>)
PF	Ponto de fusão
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
TG	Termogravimetria
UFC	Unidade Formadora de Colônia
UFAM	Universidade Federal do Amazonas
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UV-Vis	Ultravioleta – Visível

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
Mg	Miligrama
G	Gramas
Cm	Centímetros
cm ⁻¹	Centímetro elevado a menos um
C	Carbono
O	Oxigênio
H	Hidrogênio
K	Potássio
Na	Sódio
±	Mais ou menos
°C	Graus celcius
UI	Unidade Internacional
β	Beta
g/mL	Gramas por mililitro
kg/L	Kilograma por litro
mL	Mililitro
M	Mol
Cl	Cloro
μL	Microlitros
mL/min	Mililitro por minuto
°C/min	Graus celcius por minuto
H	Horas
n°	Número
nm	Nanômetros

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	19
2.1 Óleos e Gorduras vegetais.....	19
2.1.1 Ácidos Graxos	22
2.1.2 Componentes minoritários.....	23
2.1.3 Estabilidade de óleos e gorduras	24
2.1.4 Óleos vegetais e aplicações cosméticas.....	25
2.2 Oleaginosas Amazônicas.....	27
2.2.1 Murumuru (<i>Astrocaryum murumuru</i>).....	27
2.2.2 Pupunha (<i>Bactris gasipaes</i>).....	30
2.2.3 Bacaba (<i>Oenocarpus bacaba</i>)	33
2.3.4 Tucumã (<i>Astrocaryum aculeatum</i> e <i>Astrocaryum vulgare</i>)	36
2.3 Caracterização de materiais farmacêuticos	38
2.3.1 Espectroscopia de absorção na região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).....	39
2.3.2 Análise Térmica.....	40
2.4.3 Espectroscopia de absorção na região do UV-Visível (UV-Vis)	43
2.4.4 Cromatografia Gasosa	44
2.4.5 Fotoestabilidade.....	44
2.4.6 Atividade Antioxidante Celular (CAA).....	45
2.4.7 Atividade antimicrobiana	45
3 OBJETIVOS.....	47
3.1 Objetivo Geral	47
3.2 Objetivos Específicos	47
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	48
4.1 Amostragem (matéria – prima).....	48
4.2 Seleção, higienização e despolpação dos frutos.....	48
4.3 Obtenção das amêndoas	48
4.4 Extração do óleo pelo método Soxhlet.....	48
4.5 Caracterização físico-química do óleo	49
4.5.1 Densidade de Massa e Densidade relativa.....	49
4.5.2 Índice de Refração	49
4.5.3 Viscosidade.....	50
4.5.4 Umidade.....	50
4.5.5 Faixa de fusão.....	51
4.5.6 Índice de Acidez	51
4.5.7 Índice de Saponificação.....	52
4.5.8 Índice de Peróxido	52
4.6 Doseamento de Ácidos Graxos Essenciais.....	53
4.7 Estudos de Análise Térmica	53

4.8	Espectroscopia por absorção na região do infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).....	54
4.9	Estudos de Fotoestabilidade	54
4.10	Atividade Antioxidante Celular.....	54
4.11	Carotenóides totais	54
4.12	Atividade antimicrobiana	55
4.12.1.	Microorganismos	55
4.12.2.	Teste de disco difusão (Kirby-Bauer).....	55
4.12.2.1	Preparo dos discos	56
4.12.2.2	Preparo do inóculo.....	56
4.13	Análise Estatística.....	57
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	57
5.1	Caracterização físico – química da manteiga de tucumã.....	58
5.2	Doseamento do perfil de Ácidos Graxos por Cromatografia Gasosa.....	61
5.3	Estudos de Análise Térmica	65
5.4	Carotenoides	70
5.5	Espectroscopia por absorção na região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR).....	71
5.6	Fotoestabilidade.....	73
5.7	Atividade Antioxidante Celular.....	80
5.8	Atividade Antimicrobiana	82
6	CONCLUSÃO.....	86
	REFERÊNCIAS	87
	Artigo 1 - Revisão sobre a morfoanatomia e as propriedades farmacológicas das espécies <i>Astrocaryum aculeatum</i> Meyer e <i>Astrocaryum vulgare</i> Mart.....	98
1.	Introdução.....	99
2.	Metodologia.....	99
3.	Família Arecaeae	100
4.	Gênero <i>Astrocaryum</i>	101
5.	Espécies <i>Astrocaryum aculeatum</i> Meyer e <i>Astrocaryum vulgare</i> Mart.....	102
6.	Uso e aproveitamento do tucumã	104
6.1	Consumo e conservação da polpa.....	105
6.2	Óleo do Tucumã: composição	106
7.	Atividades Farmacológicas.....	107
7.1	Atividade anti-hiperglicemiante	107
7.2	Atividade Citotóxica.....	108
7.3	Atividade Lectínica.....	109
7.4	Atividade Antimicrobiana	109
7.5	Atividade Antioxidante.....	109
7.6	Atividade Anti-inflamatória	110
8.	Conclusão	111
	APÊNDICE	116
	ANEXO	120

1 INTRODUÇÃO

O setor farmacêutico tem como sustentação para o seu desenvolvimento a pesquisa e a inovação tecnológica. O Brasil é rico em matérias-primas capazes de proporcionar a descoberta de novos insumos farmacêuticos, sendo necessário pesquisa e parceria entre indústria e universidade (PARCEIRIAS ESTRATÉGICAS, 2014; PIMENTEL *et al.*, 2015).

A região Amazônica possui diversas espécies nativas com importante potencial econômico, como as oleaginosas, ricas em óleos e gorduras que podem ser extraídos de suas sementes ou polpa, atraindo a atenção dos segmentos alimentício, farmacêutico e cosmético (SARAIVA, 2008; SANTOS *et al.*, 2015).

Dentre essas espécies, destaca-se a *Astrocaryum aculeatum*, uma palmeira pertencente à família Arecaceae, com ampla distribuição na América do Sul, estendendo-se até o norte da América Central (MOURA, 2013).

A espécie *Astrocaryum aculeatum* é uma oleaginosa que tem a polpa do fruto amplamente consumida na região norte do Brasil, apresentando alto valor nutritivo e conhecido pelo seu inigualável sabor e aroma. O caroço resultante deste consumo, geralmente é desperdiçado, gerando um resíduo não utilizado pela população local. Todavia, deste caroço é possível obter amêndoa onde é extraída a manteiga de tucumã, matéria-prima que já é utilizada pela indústria farmacêutica e cosmética, pois apresenta ácidos graxos semelhantes aos da epiderme humana (LEITÃO, 2008).

O aproveitamento desse resíduo, pela utilização da amêndoa para a extração da manteiga, contribui para a redução desses resíduos, além de agregar valor a matéria-prima beneficiando a comunidade local frente a cadeia de grande comercialização desta espécie (DIDONET, 2012).

Os estudos de caracterização físico-química da matéria-prima são informações que permitem criar a identidade da molécula, possibilitando sua padronização sendo essenciais para estudos de pré-formulação e desenvolvimento de um novo produto, garantindo sua qualidade final (FREITAS NETO *et al.*, 2012).

Logo, realizar um estudo de caracterização da manteiga de tucumã é de grande importância, pois assim é possível conhecer suas características e vislumbrar sua utilização na indústria farmacêutica e cosmética, levando ao aproveitamento de recursos naturais com desenvolvimento sustentável e contribuição regional.

Diante disso, o presente trabalho é uma parceria entre a Universidade Federal do Amazonas (UFAM) com o Laboratório de Tecnologia dos Medicamentos (LTM) da

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), com o objetivo de caracterizar a manteiga da amêndoa do tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), buscando viabilizar sua utilização como produto farmacêutico e cosmético.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Óleos e Gorduras vegetais

Dentre as espécies de oleaginosas da região Amazônica, destacam-se: Andiroba (*Carapa guianensis* Aubl), Buriti (*Mauritia flexuosa*), Cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), Murumuru (*Astrocaryum murumuru*), Tucumã (*Astrocaryuma aculeatum* Meyer), Urucum (*Bixaorellana* sp.) e Pupunha (*Bactris gasipaes*) (SARAIVA, 2008; SANTOS *et al.*, 2015).

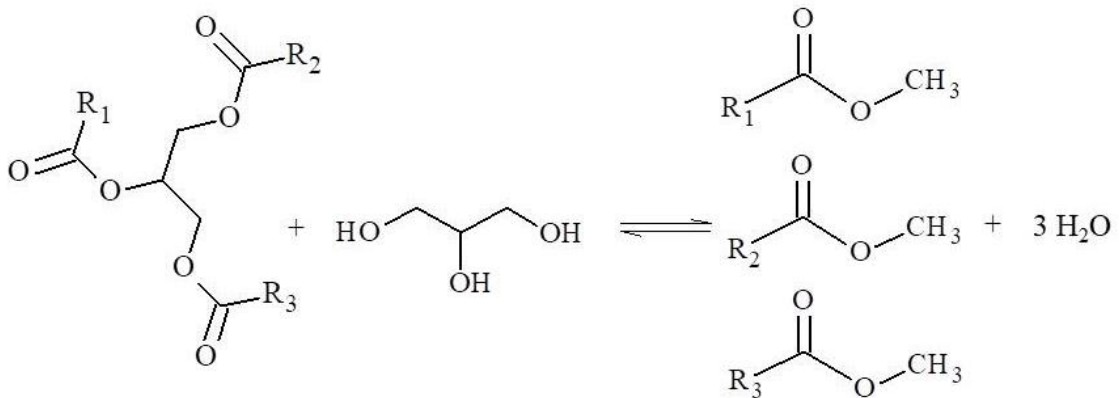
As espécies vegetais que apresentam este potencial variam de região para região, destacando-se espécies nativas, sem potencial madeireiro e abundantes localmente. Apresentam potencial renovável se forem manejadas e processadas corretamente, além de uma produção não poluente e sem esgotamento do solo (GUEDES, 2006).

Cada espécie de oleaginosa apresenta variação na composição química do óleo vegetal, porém alguns fatores como condições climáticas, tipo de solo, época de crescimento da planta, maturidade e variação genética, podem influenciar significativamente na composição dos ácidos graxos presentes no óleo vegetal de uma mesma espécie (COSTA, 2015).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA (2005), define óleos e gorduras vegetais como “produtos constituídos principalmente de glicerídeos de ácidos graxos de espécies vegetais. Podem conter pequenas quantidades de outros lipídeos como fosfolipídeos, constituintes insaponificáveis e ácidos graxos livres naturalmente presentes no óleo ou na gordura.”

Os ácidos graxos que compõem os óleos vegetais podem estar na sua forma livre ou esterificadas, formando os triglicerídeos. Mais de 95% da composição dos óleos vegetais é resultante da esterificação de uma molécula de glicerol associada a três moléculas de ácidos graxos (Figura 1), e pequenas quantidades de mono, di, tri-acilgliceróis e fosfatídeos. (REBELLO, 2005; REDA; CARNEIRO, 2007).

Figura 1- Reação de esterificação



Fonte: Próprio Autor

A fração insaponificável varia entre 2 a 5%, sendo heterogênea e muito importante na indústria cosmética, devido a presença de esqualeno, fitosteróis, pró-vitaminas e vitaminas lipossolúveis, principalmente as vitaminas A e E. Apesar de pequena, essa fração pode alterar as propriedades físico-químicas destes compostos (GUEDES, 2006).

Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos e servem de base para a formação de várias classes de lipídeos, como fosfoglicerois, glicolipídeos, esteróis e ceras. São representados pela forma RCO_2H , com o grupamento carboxila constituindo a região polar e o R a região apolar da molécula, formado por uma cadeia carbônica longa, que podem ser iguais ou diferentes, sendo essa característica o que diferencia um óleo de outro. (GUEDES, 2006; COSTA, 2015).

As duplas ligações impedem a rotação livre dos átomos da molécula, gerando dois isômeros geométricos *cis* e *trans*. A configuração *cis* é a mais comum entre os ácidos graxos dos óleos vegetais, apesar de serem termodinamicamente menos estáveis. As ligações duplas nesses ácidos se apresentam em geral separadas por um grupo metil e raramente conjugadas (GAMBARRA NETO, 2008; MERÇON, 2010).

Os óleos vegetais quando na forma sólida na temperatura ambiente são chamados de gorduras ou manteigas e quando na forma líquida de óleos. A diferença se dá pela composição dos ácidos graxos, levando em consideração o grau de insaturação, a posição destas na molécula de glicerol e o comprimento da cadeia carbônica. Os óleos apresentam em sua composição triglicerídeos com maior número de insaturações, o que diminui a força de Van der Waals entre moléculas, mantendo sua forma líquida a temperatura ambiente e com baixo ponto de fusão; enquanto as manteigas apresentam triglicerídeos com maior número de

saturações, que por isso são sólidos a temperatura ambiente e com maior ponto de fusão (REDA; CARNEIRO, 2007; THODE FILHO *et al.*, 2014).

No Quadro 1, são demonstrados ponto de fusão (PF), nomenclatura e grau de insaturação de alguns ácidos graxos presentes nos óleos vegetais (GAMBARRA NETO, 2008).

Quadro 1 - Nomenclatura dos ácidos graxos e ponto de fusão

Ácido Graxo	Nome Químico do Ácido Graxo	PF (°C)
SATURADOS		
Butírico C4:0	Butanóico	-4,2
Capróico C6:0	Hexanóico	-3,4
Caprílico C8:0	Octanóico	16,7
Cáprico C10:0	Decanóico	31,6
Láurico C12:0	Dodecanóico	44,2
Mirístico C14:0	Tetradodecanóico	54,4
Palmítico C16:0	Hexadecanóico	62,9
Estearico C18:0	Octadecanóico	69,6
Araquídico C20:0	Eicosanóico	75,4
Behenico C22:0	Docosanóico	80,0
Lignocérico C24:0	Tetradocosanóico	84,2
INSATURADOS		
Oléico C18:1 (9)	cis-9 – Octadecenóico	16,0-17,0
Linoléico C18:2 (9,12)	cis-9, cis-12 – Octadecadienóico	-5,0
Linolênico C18:3 (9,12,15)	cis-9, cis-12, cis-15 - Octadecatrienóico	-11,0
Erúico C22:1(13)	cis-13 – Docosenóico	33,8
Legenda: PF(°C): Ponto de Fusão; Cx: número de átomos de carbono; y: quantidade de ligações duplas; z: posição que se encontram.		

Fonte: Adaptada de MELO, 2010.

Glicerídios (Acilgliceróis)

Os glicerídios são produtos da reação entre a molécula de glicerol com uma, duas ou três moléculas de ácido graxo, sempre unidos por uma ligação éster, resultando em mono, di ou triglicerídios, respectivamente. A reação no sentido direto é chamada de esterificação e no

inverso de hidrólise. Quando as cadeias hidrocarbônicas são iguais, são denominados de triglicerídeos simples e quando diferentes, de mistos. Os triglicerídios são os mais abundantes na natureza e os principais componentes dos óleos vegetais, uma vez que os demais constituintes aparecem em proporções inferiores a 5 % (OLIVEIRA, 2005).

Os glicerídios, podem ser utilizados na preparação de nanopartículas lipídicas sólidas. Quando constituídos por um único tipo de ácido graxo, originam partículas cristalinas com elevado grau de organização, com pouco espaço para acomodar o princípio ativo, induzindo a sua expulsão da matriz lipídica sólida. Misturas de mono, di e triglicerídios formam cristais com uma estrutura geométrica não definida, originando espaços para acomodar moléculas de princípio ativo, aumentando a capacidade de carga da partícula (PASQUALIM, 2015).

2.1.1 Ácidos Graxos

Ácido Láurico

ALMEIDA e colaboradores (2012), relataram que o ácido láurico apresenta atividade antimicrobiana inativando ambas bactérias Gram positivas e/ou negativas. Devido, sua estrutura química, é muito utilizado na indústria de detergentes. Espécies de palmeiras, como *Coco nucifera*, *Orbygnia martiana* e *Astrocaryum tucuma* apresentam de 40 a 50% deste ácido na composição de seus óleos ou gorduras(VIANNI; BRAZ-FILHO, 1996).

Ácido Oléico

O ácido oléico está presente em mais de 70% na composição do óleo de oliva. Na indústria cosmética é muito utilizado como aditivo em base de sabões, sabonetes e cremes, devido suas características emolientes e lubrificantes, alta viscosidade, baixa volatilidade, boa lubricidade, não tóxico e biodegradável (NICOLAU, 2009).

Ácido Palmítico

O ácido palmítico pode ser encontrado em altas concentrações nos óleos de abacate e de germen de trigo, sua estrutura química torna-o estável frente a processos oxidativos, não sofrendo decomposição de gorduras. É um componente da barreira da pele, protegendo-a contra a penetração de substâncias do meio externo (CALLEGARI; CREN; ANDRADE, 2014).

Ácido Linoléico

O ácido linoléico ocorre em maior concentração nos óleos de girassol, soja, cártamo, milho, sésamo, amendoim, semente de uva e de gérmen de trigo. Este composto desempenha um papel significativo na pele, sendo um componente natural do sebo. Na pele seca, fortalece a barreira lipídica da epiderme, protege-a contra a perda de água e normaliza o metabolismo da pele. Enquanto na pele oleosa, melhora o desempenho das glândulas sebáceas, desobstruindo os poros e diminuindo o número de acnes (ZIELIŃSKA; NOWAK, 2014).

2.1.2 Componentes minoritários

Fosfolipídeos

Os fosfolipídios contêm somente dois ácidos graxos esterificados ao glicerol e no lugar do terceiro ácido graxo, possui um, grupo polar contendo ácido fosfórico e uma parte nitrogenada. São bons agentes surfactantes e emulsionantes, sendo o mais comum a lecitina (GUEDES, 2006).

Esteróis

Os esteróis são um dos componentes principais da fração insaponificável de óleos e gorduras. Em plantas são chamados de estanois, os mais comuns são o sitosterol e estigmasterol. Sua estrutura química é formada por um núcleo esteróide e uma cadeia lateral de 8 a 10 átomos de carbono e uma hidroxila (LIMA, 2009).

Tocoferóis e Tocotrienóis

Os tocoferóis são sintetizados em microorganismos e plantas fotossintéticas, porém concentram-se mais em sementes de plantas (RODRIGUES; DARNET; SILVA, 2010). Os tocoferóis e tocotrienóis são os antioxidantes naturais lipossolúveis. Os tocoferóis são encontrados principalmente na maioria dos óleos vegetais, apresentam boas propriedades antioxidantes na peroxidação lipídica e na eliminação de espécies reativas de oxigênio. Os tocotrienóis são encontrados principalmente no farelo e germe fração de sementes e cereais. Os tocotrienóis têm altas propriedades antioxidantes, que se manifestam em ações anticancerígenas e neuroprotetoras, bem como na proteção contra a aterosclerose (PRASANTH KUMAR; GOPALA KRISHNA, 2015).

Carotenoides

Os carotenoides, encontrados em óleos vegetais, possuem propriedades antioxidantes e anti-cancerígenas. O β -caroteno é um poderoso antioxidante que protege contra doenças cardiovasculares, uma vez que inibiu o processo de oxidação de lipoproteínas de baixa densidade (LDL) (SANTOS *et al.*, 2015).

Clorofilas

As clorofilas são pigmentos verdes, indesejáveis nos óleos vegetais, pois são quimicamente instáveis, sensíveis a luz, calor, presença de oxigênio e a degradação química, interferindo significativamente na qualidade dos óleos (REIS, 2014).

2.1.3 Estabilidade de óleos e gorduras

Rancidez Oxidativa

Os óleos vegetais compostos em sua maioria por ácidos graxos insaturados são mais suscetíveis a processos oxidativos, de modo que a velocidade das reações de oxidação para estas moléculas está estritamente ligada ao número e posição das duplas ligações, além de alguns fatores que interferem na velocidade de oxidação como a presença de metais, temperatura, luz e concentração de oxigênio (TANAJURA *et al.*, 2012).

Um dos principais processos de oxidação de óleos e gorduras se dá pela oxidação primária, especialmente pela reatividade do oxigênio com ácidos graxos insaturados e posterior formação dos radicais livres (MELO, 2010). A oxidação primária se divide três etapas distintas:

1- Etapa de iniciação: Por ação de luz e calor, nesta etapa ocorre a formação de radicais livres do ácido graxo, pela retirada de um hidrogênio da dupla ligação (CASTRO, 2013).

2 - Etapa de propagação da cadeia: O ataque dos radicais livres, formados na etapa de iniciação, favorece a remoção de hidrogênio a partir de um carbono da cadeia graxa (-CH₂-), entre as duas ligações duplas. A saída desse hidrogênio produz um radical que é um híbrido de ressonância, estabilizado por deslocalização ao longo de três ou mais átomos de carbono da cadeia (SOLOMONS; FRYHLE, 2000).

Os radicais livres do ácido graxo insaturado, em presença do oxigênio molecular, reagem e são convertidos em outros radicais, denominados peróxidos. Considerados como produtos primários de oxidação, os peróxidos podem abstrair um átomo de hidrogênio de

outra cadeia graxa levando a formação de hidroperóxido e outro radical graxo. Os produtos reativos dão sequência ao mecanismo, servindo como propagadores da reação, que resulta em um processo autocatalítico (SOLOMONS; FRYHLE, 2000).

3 - Etapa de terminação: nesta etapa há o acúmulo de peróxidos e hidroperóxidos que se decompõem dando origem a compostos secundários estáveis (CASTRO, 2013).

Rancidez Hidrolítica

A rancidez hidrolítica é causada pela hidrólise da ligação éster, seja pela lipase ou agente químico na presença de umidade que ao romper a ligação éster dos lipídios, libera ácidos graxos livres saturados e insaturados (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014).

A rancidez lipolítica ou hidrolítica diminui a qualidade dos óleos e gorduras, alterando especialmente as características organolépticas, como cor, odor e sabor dos alimentos. A presença de água acelera a rancidez hidrolítica; além disso, quando as gorduras contendo ácidos graxos livres são emulsionadas em água, estes ácidos graxos livres, mesmo em baixas concentrações, proporcionam sabor e odor desagradável (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014).

2.1.4 Óleos vegetais e aplicações cosméticas

Os óleos vegetais são constituintes da fase oleosa de emulsões e apresentam como importante característica serem emolientes, formando uma camada protetora sobre a epiderme evitando a perda de água e proporcionando efeito de reposição da matriz lipídica da pele devido sua elevada capacidade de absorção. Os óleos ricos nos ácidos oleico, linoleico, capríco e láurico, tem como característica serem capazes de aumentar a difusão de substâncias de difícil penetração na pele, dependendo do veículo utilizado (LIMA, 2009).

Alguns óleos apresentam também propriedades antialérgicas, auxiliam do tratamento de algumas dermatoses e transportam vitaminas lipossolúveis (E, A, K e D). Seus benefícios sobre a pele são diversos e tem sido empregados na indústria cosmética, em formulações de uso tópico, destinados ao cuidado diário do rosto e corpo, sendo utilizados principalmente como veículo para outros ingredientes ativos, dissolvidos ou dispersos em emulsões de tipo óleo-água (LEONARDI, 2004; CALLEGARI; CREN; ANDRADE, 2014; ZIELIŃSKA; NOWAK, 2014).

Os óleos vegetais podem ainda ser usados como coestabilizadores nas reações de polimerização em miniemulsões, prevenindo o sistema da degradação difusional e da coalescência das gotas (BIGON, 2015).

2.1.5 Métodos de extração dos óleos vegetais

Os óleos e gorduras vegetais podem ser extraídos por prensagem mecânica, compressão, solventes ou solvente com pré-prensagem. O objetivo desses diferentes métodos é obter um óleo bruto de boa qualidade e com elevado rendimento. Antes da extração é necessário o preparo da amostra, esta etapa é variável de acordo com o tipo de matéria- prima a ser utilizado (GUEDES, 2006).

Extração por Prensagem Mecânica

A extração mecânica até meados dos anos 40 foi o principal método utilizado para a extração de óleos e gorduras. O processo consiste na aplicação de força de compressão para a separação de líquidos de sólidos, podendo ser utilizadas prensas contínuas ou descontínuas (remoção parcial do óleo).

Para aumentar o rendimento nesse tipo de extração, é necessário que a matéria prima passe por alguns tratamentos antes da prensagem, como redução de tamanho e aquecimento. A vantagem deste procedimento é sua facilidade de manuseio e o baixo custo, pois não há utilização de solventes. A desvantagem é a não remoção total do óleo presente na matéria prima, sendo necessário outra metodologia para a remoção completa dos lipídios excedentes (VASCONCELOS, 2010).

Extração por Soxhlet

A extração por soxhlet é do tipo sólido-líquido, onde a amostra é obtida usando solventes orgânicos. A escolha do solventes depende das características químicas do material a ser extraído. Essa metodologia tem como vantagem a possibilidade do uso de baixas temperaturas e um maior rendimento do produto (SILVA, 2012).

Neste procedimento tem-se um refluxo do solvente de forma intermitente, passando através do material previamente triturado para facilitar a penetração do solvente e remover o óleo contido por difusão, de modo que a amostra não fica em contato com o solvente muito

quente (VASCONCELOS, 2010). A remoção do solvente do óleo é feita posteriormente utilizando o sistema de rotaevaporação.

Extração por prensagem com solvente

Este processo envolve as duas etapas, inicialmente a extração é feita por processo mecânico, o material residual desse processo é chamado de torta, que é submetida a extração por solvente, para a retirada do óleo residual, deixando-a com um percentual de óleo menor que 1%. Ao final o óleo obtido pela extração com o solvente é misturado ao óleo bruto (MATOS, 2011).

2.2 Oleaginosas Amazônicas

As mais importantes sementes, no que diz respeito a quantidade de produção e valor comercial dos óleos que produzem, são aquelas encontradas nas palmeiras, muito numerosas e de diversas variedades pelo Brasil inteiro (PESCE, 2009).

Na Amazônia, existem inúmeras espécies vegetais e várias são as produtoras de sementes oleaginosas. Em nenhuma outra parte do mundo encontram-se variedades tão importantes e valiosas, das quais se extraem óleos vegetais de composição química e propriedades físico-químicas que diferem entre si, apresentando potencial econômico, tecnológico e nutricional, despertando o interesse de estudos científicos em diversas áreas, como fabricação de produtos farmacêuticos, alimentícios, cosméticos e combustíveis renováveis (PESCE, 2009; SANTOS, 2014).

As palmeiras têm-se mostrado como promissoras fontes de compostos bioativos. Muitos estudos apontam o potencial antioxidante dos frutos e a composição em ácidos graxos do óleo extraído da polpa e semente de diversas espécies (SINGH, 2015).

Dentre as espécies da região, da família Arecaceae, destacam-se as espécies *Astrocaryum murumuru* Mart. (murumuru), *Oenocarpus distichus* Mart. (bacaba) e *Bactris gasipaes* Kunth (pupunha).

2.2.1 Murumuru (*Astrocaryum murumuru*)

A palmeira murumuru (*Astrocaryum murumuru*) é abundante na Região Amazônica, crescendo de preferência em áreas periodicamente alagadas, especialmente nas ilhas e terrenos baixos à beira dos rios, em todo o estuário do rio Amazonas e seus afluentes, estendendo-se até a fronteira com a Bolívia e Peru (BEZERRA, 2008; MORAIS, 2012).

Possui altura entre 10 a 15 metros, com caule apresentando bainhas persistentes que formam placas recobertas de espinhos longos e pretos, as folhas e o cacho de frutas também são recobertos de espinhos duros e resistentes, com seu tronco alcançando mais de 20cm de comprimento (Figura 2), o que torna dificultosa a colheita deste fruto (BEZERRA, 2008; PONTES, 2016).

Figura 2 - Palmeira murumuru (*Astrocaryum murumuru*)



Fonte: José Antônio Leite de Queiroz

Os frutos quando maduros tem o formato ovoide, medindo de 30 a 85 mm e peso entre 17 a 80g, com polpa branca, podendo apresentar coloração marrom-clara ou amarelo-ouro com ou sem espínolos e casca lenhosa (Figura 3). Quando maduro, o cacho inteiro cai no chão. A polpa é bastante apreciada como alimento pelos animais roedores, que deixam o caroço limpo. O caroço contém uma casca lenhosa e somente em estado seco é possível separar a casca da amêndoa. Os caroços livres do pericarpo têm uma umidade média de 25% e, quando secos, um peso que varia de 5 a 30 g (QUEIROZ *et al*, 2008; MORAIS, 2012).

Figura 3 - Fruto murumuru (*Astrocaryum murumuru*)



Foto: Valeria Saldanha Bezerra

O óleo do fruto do murumuru é rico em ácidos graxos insaturados, como o ácido oléico ($\geq 57\%$) e o da amêndoa em ácidos graxos saturados, como o ácido láurico ($\geq 77\%$) (BEZERRA, 2012).

A gordura extraída da amêndoa do murumuru tem aspecto semissólido a temperatura ambiente e é conhecido como manteiga de murumuru, composta de 62,76% de ácido láurico, 22,40% de ácido mirístico, 3,19% de ácido oléico, 3,32% de ácido palmítico, 1,78% de ácido cáprico, 1,01% de ácido esteárico e 5,46% de ácido caprílico (SILVA *et al.*, 2014).

A manteiga de murumuru vem sendo usada na indústria de cosméticos na produção de shampoo, sabonetes e cremes, na produção de nanocápsulas poliméricas para veiculação de fármacos e agentes cosméticos de características lipofílicas, na indústria de tintas como secativo e na indústria da produção de biodiesel (BEZERRA, 2008; PONTES, 2016).

A manteiga do murumuru tem a grande vantagem de possuir baixa acidez (4 a 5%), especialmente quando preparada com amêndoas frescas, o que diminui os custos de refinamento (MORAIS, 2012). As características físico-químicas da manteiga do murumuru podem ser observadas no quadro 2.

Quadro 2 - Características físico-químicas da manteiga do murumuru

Propriedades	Valores
Ponto de fusão – completo (°C)	33
Densidade a 15 °C	0,9325
Índice de saponificação (mgKOH/g)	253,76
Índice de refração (Zeiss a 40 °C)	39
Índice de acidez	7,83
Índice de peróxido	0,41

Fonte: Morais, 2012; Silva *et al.*, 2014.

2.2.2 Pupunha (*Bactris gasipaes*)

As palmeiras do gênero *Bactris* sp. apresentam uma grande importância social e econômica para a região amazônica. A pupunheira é uma palmeira encontrada na América Central e no norte da América do Sul. No Brasil é uma planta nativa da região amazônica, bastante comum nos estados do Pará, Amazonas, Acre e Amapá (RADICE *et al.*, 2014).

Os seus frutos são considerados importantes do ponto de vista nutricional, por serem fonte de proteínas, gorduras, fibras, carboidratos, minerais, além de conterem elevado teor de provitamina A, podendo ser exploradas como agentes terapêuticos e medicinais, além de ser fonte de óleos vegetais e ácidos graxos. (MELHORANÇA FILHO; PEREIRA, 2012).

A pupunheira se desenvolve formando touceiras, atingindo até 20 m de altura (Figura 4) (CLEMENT *et al.*, 2009). O sistema radicular é fasciculado, estendendo-se até 7 m do estipe e 2 m de profundidade (CLEMENT, 2000). O diâmetro do caule varia de 15 a 30 cm e o comprimento dos entrenós de 2 a 30 cm. Os entrenós possuem numerosos espinhos rígidos, podendo existir variedades sem espinhos. O ápice do estipe exibe uma coroa de 15 a 25 folhas pinadas, com os folíolos inseridos em diferentes ângulos. As folhas tenras não expandidas, localizadas no centro da coroa, formam o palmito, um importante produto econômico (CLEMENT *et al.*, 2009).

Figura 4 - Palmeira de pupunha (*Bactris gasipaes*)



Fonte: <http://www.aplantadavez.com.br/2015/09/pupunha-bactris-gasipaes-kunth.html>

Na região de Manaus, no estado do Amazonas, a pupunheira floresce em pleno período de estiagem, entre os meses de agosto a outubro, podendo prolongar até novembro. Frutifica entre dezembro e março e seu fruto é formado de 90% de polpa e de 10% de semente.

Os frutos podem apresentar formas e tamanhos distintos. Quando maduros, podem apresentar uma casca fibrosa, chamada também de epicarpo, de cor diversas, desde verde-amarelado, amarelo, alaranjado, vermelho intenso, até mesmo sem coloração (Figura 5). O seu mesocarpo pode ser amiláceo a oleoso, porém também fibroso e carnudo apresentando uma coloração amarelada a laranjada oriunda dos carotenoides. Já o seu endocarpo envolve a única semente rica em fibras e óleo (SANTOS, 2014).

Figura 5 - Fruto pupunha (*Bactris gasipaes*)



Fonte: : José Antônio Leite de Queiroz

Muitas palmeiras usadas como alimento oferecem um potencial oleaginoso. Algumas delas possuem quantidades importantes de óleo na polpa rico em ácido oléico (monoinsaturado) e/ou palmítico (saturado). A pupunha é rica em óleo e já foi visualizada como alternativa ao óleo de dendê, pois já foram encontrados alguns acessos com mesmo percentual de óleo na polpa (CLEMENT *et al.*, 2005). O óleo extraído da polpa da pupunha é considerado um bom óleo para o consumo humano, pois é rico nos dois tipos de ácidos graxos, oleico e palmítico (YUYAMA *et al.* 2016).

Dentre os ácidos graxos presentes no mesocarpo da pupunha, o ácido oléico foi o que se apresentou em maior proporção, 50,3%. A polpa da pupunha apresenta teor de lipídeos (17% em média) sendo o ácido oléico o mais abundante, variando entre 42 a 60% seguida pelo ácido palmítico, que se apresenta entre 25 a 40% do total de lipídeos. O óleo extraído da amêndoa apresenta em sua composição maior quantidade de ácidos graxos saturados, sendo a maior proporção de Ácido láurico (33,3%); ácido mirístico (27,8%); ácido palmítico (9,6%); ácido oleico (24,3%); ácido esteárico (5,1%) (RADICE *et al.*, 2014). O quadro 3 apresenta algumas características físico-químicas do óleo da amêndoa da pupunha.

Quadro 3 - Características físico-químicas do óleo da amêndoa da pupunha

Propriedades	Valores
Ponto de fusão – completo (°C)	22,0
Densidade	0,906
Índice de saponificação (mgKOH/g)	234,87
Índice de refração (Zeiss a 40 °C)	1,4442
Índice de acidez (mgKOH/g)	1,725

Fonte: Araujo *et al.*, 2007; Singh, 2015; Lobo *et al.*, 2015.

2.2.3 Bacaba (*Oenocarpus bacaba*)

A bacaba (*Oenocarpus bacaba*) é uma palmeira nativa da Amazônia. Distribui-se por toda Bacia Amazônica, com maior frequência no Amazonas, Pará, Acre e Tocantins, além da floresta do Pacífico no oeste da Colômbia (SINGH, 2015).

A bacaba apresenta grande potencial econômico, ecológico e alimentar, constituindo-se em uma espécie passível de ser incorporada aos sistemas agroflorestais. É usualmente explorada em seus ambientes naturais, devido os frutos serem comestíveis, sua principal utilização é pela produção de “vinho” e na extração de um óleo comestível, semelhante ao azeite de oliva e o palmito (JOSÉ *et al.*, 2012; PEREIRA *et al.*, 2013).

A bacabeira possui cerca de 20m de altura e 20 a 25 cm de diâmetro, sendo uma palmeira monocaule de porte alto, estirpe liso, conforme pode ser observado na Figura 6 (FERREIRA; MEDEIROS, 2005; SINGH, 2015). Sua floração normalmente ocorre entre junho e agosto, e o fruto amadurece após 6 a 8 meses. Todavia, já foi descrito também o florescimento nos meses de julho a dezembro e frutificação entre setembro e abril. Sendo que o rendimento pode chegar a 8 kg por planta/ano (FERNANDES, 2015).

Figura 6 - Palmeira de bacaba (*Oenocarpus bacaba*)



Fonte: <http://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/bacaba/>

As folhas são geralmente espaçadas de forma irregular com até 6 m de comprimento, com 75 a 115 folíolos em cada lado, ordenados de forma irregular, agrupados a cada dois a sete folíolos e em diferentes planos ao longo da ráquis e suas sementes possuem o endosperma homogêneo (BASTOS, 2014).

O fruto é oleaginoso, com 1,4 a 2,0 cm de diâmetro, o exocarpo corresponde a 35% do peso do fruto e o mesocarpo 47%, os frutos são arredondados, a casca de cor roxo-escura, quase preta, mesocarpo cerca de 1,5 mm de espessura, brancacento, oleoso; amêndoa envolvida por um endocarpo delgado e fibroso (Figura 7). Da polpa e da amêndoa extrai-se um óleo similar ao azeite de oliva, esverdeado e de odor agradável, cujas características sensoriais e propriedades físico-químicas são muito parecidas com as do óleo de oliva (MORAIS, 2012; FERANADES, 2015; SINGH, 2015). Além de bacaba, esse fruto é conhecido popularmente como bacaba-açu, bacaba-verdadeira no Brasil, no Peru como ungurahui e na Colômbia como manoco, milpesos, punama (FERREIRA; MEDEIROS, 2005).

Figura 7 - Fruto bacaba (*Oenocarpus bacaba*)



Fonte: <https://www.dicademusculacao.com.br/os-12-beneficios-da-bacaba-para-saude/>

O óleo extraído do mesocarpo da bacaba é composto por 0,18% de ácido láurico, 0,59% de ácido mirístico, 32,27% de ácido palmítico, 40,82% de ácido oléico, 9,78% de ácido linoléico e 1,93% de ácido linolênico (MONTÚFAR *et al.*, 2010). O alto teor dos ácidos graxos insaturados, garante ao óleo de bacaba propriedades emolientes, possibilitando seu emprego em produtos para o cuidado da pele e dos cabelos, suas características físico-químicas podem ser observadas no quadro 4 (MORAIS, 2012).

Quadro 4 - Características físico-químicas do óleo da bacaba

Propriedades	Valores
Ponto de fusão – completo (°C)	24,5
Densidade a 15°C	0,9269
Índice de saponificação (mgKOH/g)	148,6
Índice de refração (Zeiss a 40 °C)	1,4638
Índice de acidez	4,2

Fonte: Pesce, 2009; Morais, 2012.

O óleo é utilizado no tratamento de infecções pulmonares como a bronquite e tuberculose, e como purgativo, oferecendo excelentes resultados. Os índios Bora do Peru usam as sementes em fase de germinação para preparar uma bebida que é utilizada nos casos de picada de cobra (SINGH, 2015; FERANDES, 2015).

2.3.4 Tucumã (*Astrocaryum aculeatum* e *Astrocaryum vulgare*)

Trechos retirados do artigo “Revisão sobre a morfoanatomia e as propriedades farmacológicas das espécies *Astrocaryum aculeatum* Meyer e *Astrocaryum vulgare* Mart.”, submetido à revista eletrônica Scientia Amazonia, conforme anexo.

Ambas as espécies pertencem ao subgênero *Pleiogynanthus*. A espécie *Astrocaryum aculeatum* Meyer é uma palmeira originária provavelmente do estado do Amazonas-Brasil, onde há grande concentração da espécie, também é encontrado nos estados do Pará, Roraima, Mato Grosso, Rondônia e Acre, e nos países Colômbia, Venezuela, Guiana e Bolívia. É frequente na região metropolitana de Manaus, onde é encontrada entre cultivos, vegetações secundárias, pastos e áreas abertas resultantes de atividade humana, solos pobres e degradados (LEITÃO, 2008; DIDONET, 2012).

A espécie *A. aculeatum* Meyer. é uma palmeira solitária, monoica, de crescimento monopodial, arborescente, estipe ereto e solitário, que pode alcançar de 10 a 25 m de altura, o estipe tem em média 12 a 40 cm de diâmetro, revestido com espinhos negros de até 15 cm de comprimento, finos, longos e pungentes, dispostos em anéis ao longo do tronco (MOURA, 2013; YUYAMA *et al.*, 2016), conforme pode ser observado na Figura 8.

Figura 8 - Palmeira de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*)



Fonte: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alimentos/tucuma>

Os frutos (Figura 9) normalmente são de forma ovalada ou arredondada, com variação no comprimento de 31,2 a 54,2mm e no diâmetro de 25,0 a 48,0mm, pesam de 60 a 80g e apresentam cálice e corola persistentes; o epicarpo liso e duro possui coloração verde-amarelada e mede 1,0 a 1,5mm de espessura; o mesocarpo apresenta coloração amarelo-alaranjada, compacto, firme, fibroso, e oleaginoso de 7,0 a 8,0mm de espessura e produz cerca de 37,5% de óleo amarelo comestível, o endocarpo pétreo, negro, consistente e lenhoso, medindo 2,0 a 5,0mm de espessura, variando de 6,0 a 22,9mm de diâmetro, contendo no interior uma amêndoa (endosperma) que produz cerca de 30-50% de óleo como matéria graxa de cor branca, sólida a temperatura ambiente. As sementes globulares, oblongas e raramente elipsóides, medem cerca de 4,0 cm de diâmetro e pesam 22 a 53 g (ARAÚJO *et al.*, 2005; OLIVEIRA, *et al.*, 2008; FERREIRA, *et al.*, 2008).

Figura 9 - Fruto Tucumã (*Astrocaryum aculeatum*)



Fonte: http://www.amazonoil.com.br/de/Produkte/Oele/tucuma_samen.htm

Da semente, extrai-se a manteiga, que apresenta-se como matéria graxa de cor branca, sólida a temperatura ambiente. A composição de ácidos graxos da manteiga de tucumã das espécies *A. aculeatum* Meyer e *A. vulgare* Mart. podem ser observadas no quadro 5, conforme foram descritas por Pardauil *et al.*, (2017) e Barbosa *et al.*, (2009).

Quadro 5 - Comparação do perfil de ésteres metílicos de ácidos graxos da manteiga da amêndoa de tucumã

Ácidos Graxos	<i>A. aculeatum</i> Meyer (%)	<i>A. vulgare</i> Mart. (%)
8:0 (Ácido Caprílico)	2,03	-
10:0 (Ácido Cáprico)	1,83	-
12:0 (Ácido Láurico)	51,42	48,00
14:0 (Ácido Mirístico)	26,09	25,00
16:0 (Ácido Palmítico)	5,55	6,00
18:0 (Ácido Esteárico)	2,36	2,00
18:1 (Ácido Oléico)	5,97	13,50
18:2 (Ácido Linoléico)	2,09	3,70
Ácido Araquídico	-	0,10

Fonte: Pardauil *et al.*, 2017; Barbosa *et al.*, 2009.

Na indústria de cosméticos, o óleo pode ser utilizado para diversas finalidades, pois é rico em alguns ácidos graxos apreciados para a composição de cosméticos. A alta concentração de ácido graxo láurico do óleo da amêndoa do tucumã qualifica-o com propriedades excelentes para saponificação (GUEDES, 2006), além de comporta-se como carreador de princípios ativos, pois é capaz de aumentar sua permeabilidade através da pele (ARAUJO *et al.*, 2005).

Segundo Castro (2014) a manteiga de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) apresenta-se termicamente estável até 287,98°C, tendo como pico de fusão a temperatura de 38,24°C e a 371,79°C a degradação da manteiga.

O óleo da polpa do tucumã contém 25,6% de ácidos graxos saturados e 74,4% de insaturados, compostos pelos ácidos graxos palmítico, esteárico, oléico e linoléico. Tem ponto de fusão entre 12 e 13°C, índice de saponificação de 191,4, índice de iodo de 74,6, acidez livre de 3% calculada em ácido oléico (ARAUJO *et al.*, 2005; MORAIS, 2012).

2.3 Caracterização de materiais farmacêuticos

O conhecimento das propriedades físico-químicas de uma matéria-prima farmacêutica é um fator indispensável durante o desenvolvimento de uma formulação. O planejamento de uma forma farmacêutica deve, portanto, iniciar com a caracterização do princípio ativo em questão, de modo a otimizar parâmetros de qualidade e auxiliar na identificação de rotas viáveis na tecnologia de obtenção da forma farmacêutica final (FERRAZ, 2017).

A definição de critérios de qualidade para insumos farmacêuticos de origem vegetal é de suma importância para garantir a manutenção da eficácia do produto final, especialmente devido à complexidade de composição destas matérias-primas e às variações ligadas às condições de cultivo e coleta do vegetal, assim como de tratamentos empregados para promover sua estabilidade (BARNI *et al.*, 2009).

2.3.1 Espectroscopia de absorção na região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

Espectroscopia é a ciência que estuda a interação da radiação eletromagnética com a matéria (SKOOG *et al.*, 2002), sendo um dos seus objetivos principais a identificação das moléculas (MERCÊ *et al.*, 2001).

Na espectroscopia no infravermelho, como o nome sugere, utiliza-se a região do infravermelho do espectro eletromagnético, que corresponde aos comprimentos de onda (λ) maiores que 0,7 μ m até 1mm (LIMA, 2015).

A absorção na região do infravermelho é causada por movimentos rotacionais e vibracionais dos grupos moleculares e ligações químicas de uma molécula, as quais correspondem aos níveis de energia da molécula (chamados de níveis vibracionais). A absorção de radiação infravermelha provoca, portanto, aumento da amplitude das vibrações moleculares (LOPES; FACIO, 2004).

A radiação no infravermelho atravessa a amostra a ser analisada, a radiação transmitida é comparada com aquela transmitida na ausência de amostra. O espectrômetro registra o resultado na forma de uma banda de absorção, fornecendo evidências da presença de vários grupos funcionais na estrutura orgânica devido à interação das moléculas ou átomos com a radiação eletromagnética em um processo de vibração molecular. A radiação no infravermelho faz com que átomos e grupos de átomos de compostos orgânicos vibrem com amplitude aumentada ao redor das ligações covalentes que os ligam (SILVERSTEIN, 2000).

A reflectância total atenuada opera medindo as mudanças que ocorrem em um feixe interno de infravermelho totalmente refletido quando o raio entra em contato com uma amostra. Em regiões do espectro de infravermelho onde a amostra absorve energia, o sinal é atenuado. O sinal atenuado volta para o feixe de infravermelho e, em seguida, sai pela extremidade oposta do cristal e é transmitido para o detector do espectrofotômetro (PERISSINATO, 2016).

Cada pico num espectro de infravermelho corresponde a um grupo funcional particular, eventos como desaparecimento, surgimento ou deslocamento de bandas características fornece indicativos de interações entre o fármaco e outras substâncias (FERRAZ, 2017).

As posições das bandas no espectro podem ser apresentadas em número de ondas, utilizando a unidade centímetro inverso ($4000-400\text{ cm}^{-1}$) ou em micrômetros (2,5 - 16 μm) (CUNHA *et al.*, 2015).

A espectroscopia no infravermelho tem sido usada devido à confiabilidade nos dados gerados em relação à caracterização, identificação e quantificação da estrutura da amostra analisada. Além disso, uma das suas características é permitir análises utilizando amostras em diferentes estados físicos como sólidos, líquidos e gasosos (SKOOG *et al.*, 2002; SHAI, 2010).

As vantagens desta técnica sobre outros métodos incluem a rapidez na aquisição dos espectros, melhor relação sinal-ruído, alta resolução espectral, além de apresentar boa reprodutibilidade (SMITH, 1999).

2.3.2 Análise Térmica

A análise térmica é definida como “grupo de técnicas, por meio das quais uma propriedade física de uma substância e/ou de seus produtos de reação é medida em função da temperatura e/ou tempo, enquanto essa substância é submetida a um programa controlado de temperatura (IONASHIRO, 2004) e sob uma atmosfera específica” (IONASHIRO, 2004; MATOS, MACHADO, 2004).

A análise térmica pode ser empregada para diferentes aplicações, como: identificação e análise da pureza de materiais; determinação de temperaturas e entalpias características de mudanças de estados físicos (fusão e vaporização); transformações de fases e reações e avaliação da cinética de decomposição térmica. A análise térmica não é apenas um método qualitativo, pois proporciona resultados quantitativos termodinâmicos e cinéticos quanto às propriedades dos materiais, podendo inclusive ser empregada para caracterizar material de síntese, com a vantagem do menor tempo de ensaio e a utilização de pequenas quantidades de amostras (CAMMENGA, EPPLE, 1995).

A termogravimetria/ termogravimetria derivada (TG/DTG), a análise térmica diferencial (DTA) e a calorimetria exploratória diferencial (DSC) são as técnicas termoanalíticas mais difundidas e empregadas para o desenvolvimento de diferentes estudos e aplicações.

Termogravimetria

A TG ou análise termogravimétrica é uma técnica de análise térmica em que a variação da massa da amostra, perda ou ganho, é resultante de uma transformação física ou química em função do tempo ou da temperatura (MOTHÉ E AZEVEDO, 2009; FERRAZ, 2017).

Dada a natureza dinâmica da variação de temperatura da amostra para originar curvas de TG, fatores instrumentais, como (razão de aquecimento, atmosfera (N₂, ar ou outros), vazão de gás, composição do cadinho, geometria do porta amostra, tamanho e forma do forno) e fatores relacionados às características da amostra (quantidade, granulometria, forma cristalina, empacotamento, condutividade térmica, solubilidade dos gases liberados da amostra e calor de reação envolvido) podem influenciar quanto a natureza, a precisão e a exatidão dos resultados experimentais (IONASHIRO, 2004).

Por meio da TG é possível avaliar os fenômenos químicos de quimiossorção, dessolvatação, decomposição, degradação oxidativa, degradação redutiva e reações de estado sólido e os físicos de desidratação, vaporização, sublimação, adsorção, dessorção e absorção (GIOLITO, 1988; ARAUJO, 2003; PEREIRA *et al.*, 2009).

As curvas obtidas fornecem informações sobre a estabilidade térmica e composição da amostra original, composição de algum composto intermediário que pode ter sido formado e ainda a composição de resíduos, se houver (MOTHÉ; AZEVEDO, 2009). Nessas curvas, os degraus correspondem a variações de massas, que podem ser utilizados ainda para fins quantitativos, nesse contexto, a derivada das curvas TG (DTG) apresentam, para cada degrau, picos agudos, tornando a informação, visualmente, mais acessível e com melhor resolução (PEREIRA *et al.*, 2009).

As análises de TG podem ser realizadas de três modos: TG isotérmica, onde a massa da amostra é registrada em função do tempo a temperatura constante; TG quase isotérmica, em que a amostra é aquecida a uma razão linear enquanto não ocorre variação de massa. A partir do momento em que a balança detecta a variação de massa a temperatura é mantida constante até se obter um novo patamar, característico de massa constante, e assim sucessivamente; TG dinâmica, onde a temperatura da amostra varia de maneira predeterminada preferencialmente, a uma razão de aquecimento ou resfriamento constante (STORPIRTIS *et al.*, 2011).

Os equipamentos utilizados atualmente para obtenção de curvas TG funcionam como termobalanças modernas, que são equipadas por um conjunto de sistema de alta precisão:

balança registradora, forno e programador de temperatura, suporte de amostra e sensor de temperatura, registrador e controlador de atmosfera do forno. Esse sistema é conectado a um computador com software adequado, que traduz os resultados em forma de gráfico (curvas TG) (FERREIRA JÚNIOR, 2016).

Análise Térmica Diferencial

A Análise Térmica Diferencial (que provem de sua nomenclatura em inglês *Differential Thermal Analysis*) é uma técnica térmica em que se mede a diferença de temperatura entre a amostra e uma substância inerte, quando ambas são submetidas a um programa controlado de temperatura, aquecimento ou resfriamento (MOTHÉ; AZEVEDO, 2009; PINTO, 2017).

As variações de temperatura na amostra são devidas às transições entálpicas ou reações endotérmicas ou exotérmicas. As curvas DTA representam os registros de diferença de temperatura (ΔT) em função da temperatura (T) ou do tempo (t), de modo que os eventos são apresentados na forma de picos. Os picos ascendentes caracterizam os eventos exotérmicos e os descendentes os endotérmicos (SILVA *et al.*, 2007).

As variações de temperatura na amostra são devidas às transições entálpicas decorrentes de alterações físicas ou químicas da amostra, tais como transições de fase (fusão, ebulição, sublimação, congelamento, inversões de estruturas cristalinas) ou reações de desidratação, de dissociação, de decomposição, de óxido-redução entre outras, capazes de causar variações de calor. Em geral transições de fase, desidratações, reduções e certas reações de decomposição produzem efeitos endotérmicos, enquanto que cristalizações, oxidações, algumas reações de decomposição produzem efeitos exotérmicos (IONASHIRO, 2004; SILVA *et al.*, 2007; MOTHÉ; AZEVEDO, 2009).

O número, a forma e a posição de vários picos endotérmicos e exotérmicos em função da temperatura identificam qualitativamente uma determinada substância. Desta forma, a técnica pode ser utilizada na identificação qualitativa ou quantitativa de compostos inorgânicos e orgânicos, tais como argilas, metais, minerais, gorduras, óleos, materiais poliméricos, carvão, madeira e outras substâncias (MOTHÉ; AZEVEDO, 2009).

O equipamento de DTA é formado por três partes principais: a sonda (onde ficam os cadinhos com a amostra e a referência e seus respectivos termopares), o forno, e o sistema de aquisição e registro de dados (CASTELLÓ, 2009). A temperatura é medida por termopares conectados aos suportes metálicos das cápsulas de amostra e do material de referência, ambos contidos no mesmo forno (SILVA *et al.*, 2007).

Calorimetria Exploratoria Diferencial

A Calorimetria Exploratória Diferencial, do inglês “*Differential Scanning Calorimetry*”, é uma técnica derivada da DTA, que permite a detecção qualitativa e quantitativa de todos os processos em que requer produção de energia (transformação de fase endotérmica ou exotérmica). É utilizada para medir a diferença de fluxo de calor entre uma substância e um material de referência em função de um programa de aquecimento ou resfriamento, de tal maneira que a temperatura das duas é mantida cristalina (SILVA *et al.*, 2007; MOTHÉ; AZEVEDO, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Os principais fenômenos químicos observados nas curvas de DSC são: quimiossorção, dessolvatação, desidratação, decomposição, degradação oxidativa, oxidação em atmosfera gasosa, reações de oxirredução, reações de estado sólido, polimerização, reações catalíticas e outras (MOTHÉ; AZEVEDO, 2009; STORPIRTIS *et al.*, 2011).

Na área farmacêutica essa técnica é utilizada na caracterização térmica e determinação da pureza de fármacos, estudos de compatibilidade entre os constituintes da formulação e identificação de polimorfismo com determinação das entalpias de cada forma cristalina (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

2.4.3 Espectroscopia de absorção na região do UV-Visível (UV-Vis)

A espectrofotometria de absorção molecular no ultravioleta/visível (UV/VIS) é um método analítico baseado na propriedade das espécies iônicas ou moleculares, de absorver determinados comprimentos de onda de radiação UV/VIS (SABINO, 2011).

A técnica fundamenta-se nas medidas de absorção molecular em substâncias que são estimuladas a sofrer transições eletrônicas devido à absorção de energia quantizada na região UV-Vis. Para tal, usa-se um feixe de luz branca incidente sobre uma amostra, que absorve luz e a radiação resultante emergente será detectável pela cor complementar da radiação absorvida (SKOOG *et al.*, 2002).

A espectroscopia de absorção baseada na radiação ultravioleta e visível é uma das ferramentas mais úteis disponíveis para a realização de análises quantitativas, tendo grande aplicabilidade para sistemas orgânicos e inorgânicos. É reconhecida pelas vantagens relacionadas ao seu uso, como seletividade de moderada a alta, boa exatidão, baixo custo operacional, sendo de fácil utilização e produzindo resultados de interpretação bastante simples (SKOOG *et al.*, 2002; ALVES *et al.*, 2010).

2.4.4 Cromatografia Gasosa

A cromatografia gasosa é uma técnica com poder de resolução excelente, possibilitando a análise de várias substâncias em uma mesma amostra. Dependendo do tipo de substância a ser analisada e do detector empregado, consegue-se detectar cerca de 10-12g/mL do composto em solução. Essa sensibilidade permite que pequenas quantidades de amostra possam ser analisadas (PERES, 2002).

A técnica destaca-se com excelência para separação, detecção e identificação de compostos voláteis e semivoláteis em misturas complexas. Até recentemente, a grande maioria das separações cromatográficas em fase gasosa empregaram fases estacionárias tradicionais derivadas de poli(siloxano) (modificadas com substituintes fenila e/ou cianopropila) e poli(etilenoglicol). Apesar do grande número de colunas disponíveis comercialmente, muitas apresentam seletividades redundantes e oferecem uma gama limitada de propriedades de solvatação (HANTAO *et al.*, 2016).

A fase estacionária pode ser um material líquido ou sólido, que propicia a separação da mistura através de processos físicos e químicos. Como fase móvel é utilizado um gás, denominado gás de arraste, que transporta a amostra através da coluna de separação até o detector, onde os compostos separados são detectados. Os gases mais utilizados são o hélio (He), hidrogênio (H), nitrogênio (N) e argônio (Ar). A pureza do gás de arraste interfere no resultado, acusando impurezas na ordem de partes por milhão (ppm) ou partes por bilhão (ppb) (PERES, 2002).

2.4.5 Fotoestabilidade

O estudo de fotoestabilidade é realizado com o objetivo de demonstrar que a exposição à luz não resulta em alterações significativas na molécula do fármaco. Ele deve ser constituído de duas partes: degradação forçada e teste confirmatório, podendo ser realizado apenas com um lote de outros insumos ou matérias-primas. Quando não realizado este teste deve-se apresentar uma justificativa técnica com evidência científica de que o fármaco não sofre degradação na presença de luz (BRASIL, 2005).

A fonte de luz utilizada no teste deve vir acompanhada da especificação espectral do fabricante e estar de acordo com o protocolo definido. A temperatura deve ser acompanhada para minimizar sua influência nos resultados dos testes, ou ainda pode-se utilizar uma amostra controle na ausência de luz, nas mesmas condições do teste. Pode ser utilizada uma fonte de luz similar ao padrão de emissão D65/ID65, como uma lâmpada fluorescente artificial combinando emissão visível e ultravioleta (UV) (BRASIL, 2005).

2.4.6 Atividade Antioxidante Celular (CAA)

Os antioxidantes são substâncias que, ao estarem presentes em pequenas concentrações, neutralizam os radicais livres e previnem os danos causados por eles. Estas substâncias podem reduzir os danos adversos, inativando os oxidantes antes que estes reajam com os alvos biológicos, impedindo assim as reações em cadeia ou a ativação do oxigênio a produtos altamente reativos (FERRARI, 2014).

A capacidade dos diversos ensaios químicos antioxidantes existentes de prever a atividade *in vivo* é questionada por uma série de razões, pois muitos são realizados em condições não fisiológicas de pH e temperatura. Nenhum deles leva em consideração a biodisponibilidade, absorção e metabolismo do composto antioxidante. Os sistemas biológicos são mais complexos que as misturas químicas e os compostos antioxidantes podem apresentar diversos mecanismos de ação. Os modelos com cultura de células oferecem uma abordagem econômica, rápida e abrange questões de absorção, distribuição e metabolismo do composto antioxidante (WOLF; LIU, 2007).

No método de Atividade Antioxidante Celular as células são pré-tratadas com compostos antioxidantes e Diclorofluoresceína- diacetato, a qual se difunde na célula para formar a Diclorofluoresceína, que fica presa dentro da célula. As células são tratadas com 2,2'-azois (2-amidino-propano) (AAPH), que fora da célula se decompõe em radical livre estimulando a célula a produzir mais radical livre, ou, o AAPH entra na célula e lá se decompõe formando radical livre. O radical livre dentro da célula reage com a diclorofluoresceína formando um composto fluorescente. Se o material testado apresentar atividade antioxidante, irá neutralizar os radicais livres impedindo que esses reajam com a diclorofluoresceína (WOLF; LIU, 2007).

2.4.7 Atividade antimicrobiana

O estudo de agentes antimicrobianos tem grande abrangência, sendo ponto crucial em vários setores do campo farmacêutico e cosmético. Outro ponto a ser ressaltado é a utilização desse estudo como primeiro screening na descoberta da atividade farmacológica de novos agentes, sendo de extrema importância, principalmente em um país como o Brasil que oferece uma imensa biodiversidade. Desta forma, tais pesquisas podem contribuir significativamente no desenvolvimento do campo da saúde em nível mundial, encontrando substâncias mais

eficazes e menos tóxicas na corrida contra a resistência e o surgimento de microrganismos patogênicos (OSTROSKY *et al.*, 2008).

Os ensaios de difusão são métodos quantitativos, nos quais o efeito pode ser graduado. Fundamentam-se na difusão da substância a ser ensaiada, em um meio de cultura sólido e inoculado com o microrganismo. A partir da difusão ocorre o aparecimento de um halo, no qual não há crescimento do microrganismo, denominado halo de inibição. Diferentes tipos de reservatórios podem ser empregados incluindo discos de papel, cilindros de porcelana ou de aço inoxidável e poços feitos no meio de cultura. A substância ou extrato a ser testado é colocado em contato com o meio de cultura inoculado, e a maneira como se processa esse contato define os diferentes métodos de difusão, dentre eles, método do disco difusão, método dos cilindros e método de poços (SILVEIRA, 2009).

A aplicação do método de difusão se limita a microrganismos de crescimento rápido, sendo eles aeróbios ou aeróbios facultativos. A avaliação é comparativa frente a um padrão biológico de referência (controle positivo) e a zona ou o halo de inibição de crescimento é medida partindo-se da circunferência do disco ou poço, até a margem onde há crescimento de microrganismos (BARRY; THORNSBERRY, 1991).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar as características físico-químicas da manteiga da amêndoa do tucumã (*Astrocaryum aculeatum*).

3.2 Objetivos Específicos

- Otimizar o processo de extração do óleo fixo
- Caracterizar físico-quimicamente a manteiga da amêndoa do tucumã pelas: Densidades de massa e Relativa; Índice de refração; viscosidade; umidade; Faixa de fusão; acidez; peróxido; saponificação; FIRT
- Estabelecer quais os ácidos graxos essenciais presentes na manteiga
- Determinar o perfil térmico da manteiga por Termogravimetria (TG), Análise Térmica Diferencial (DTA) e Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)
- Verificar a fotoestabilidade da manteiga
- Analisar o potencial antioxidante da manteiga
- Determinar o percentual de carotenoides totais na manteiga
- Analisar a atividade antimicrobiana da manteiga.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Amostragem (matéria – prima)

Os frutos de tucumã foram adquiridos no mês de maio de 2016 (Lote 1) e maio de 2017 (Lote 2), por meio da compra em feiras livres no município de Itacoatiara, região metropolitana de Manaus – AM. O material foi transportado em embalagens primária de sacas de rafia, feitas de polietileno, sendo armazenadas sob paletes, em temperatura de 25°C, por um período de uma semana antes do processo de seleção e higienização, no Laboratório 108 do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia (ICET)/UFAM.

4.2 Seleção, higienização e despolpação dos frutos

O procedimento de seleção foi feito avaliando-se cada fruto e excluindo os que apresentavam algum defeito causado por fungos, roedores ou insetos. Foram higienizados com uma solução de hipoclorito de sódio a 2%, enxaguados em abundância com água corrente. A despolpagem foi feita de forma manual com auxílio de facas de aço inox, segundo orientações de EMBRAPA (2011). Em seguida os caroços foram lavados em água corrente com o auxílio de uma escova pequena com cerdas de nylon finas para a completa retirada dos resíduos da polpa. Após lavagem, foram acondicionados em bandejas plásticas, permitindo a circulação de ar em temperatura ambiente (33 - 38 °C) e a sombra.

4.3 Obtenção das amêndoas

As amêndoas foram retiradas quando as mesmas já estavam soltas do endocarpo (verificado por meio do movimento dos caroços).

O processo de separação deu-se de forma manual com o auxílio de uma marreta, em seguida, as amêndoas foram selecionadas, utilizando como critério de exclusão as que apresentavam alguma anomalia (furadas ou mofadas).

As amêndoas selecionadas foram trituradas em liquidificador industrial de aço Inox, com rotação de 22000 rpm, para facilitar o processo de extração da manteiga.

4.4 Extração do óleo pelo método Soxhlet

Realizou-se a extração pelo método de Soxhlet, utilizando o solvente hexano, a temperatura 40°C, por 4 horas, seguido posteriormente de destilação do solvente por rotaevaporação.

O óleo obtido foi armazenado em frasco de vidro âmbar, envoltos com papel alumínio, sob refrigeração constante, na temperatura de 6 - 10 °C. O lote 1 ficou armazenado por um período de 1 ano até o final das análises.

O rendimento foi calculado conforme a equação a baixo:

$$\text{Eq. 1} \quad R (\%) = (M \div B_m) \times 100$$

Onde:

M = massa do óleo extraída (mL)

B_m = biomassa vegetal (g).

4.5 Caracterização físico-química do óleo

Todas as análises físico-químicas foram realizadas em triplicata.

4.5.1 Densidade de Massa e Densidade relativa

Densidade de massa (ρ) de uma substância é a razão de sua massa por seu volume a 20°C. A densidade de massa da substância (ρ_t) em uma determinada temperatura (t) é calculada a partir de sua densidade relativa d_t^t pela fórmula abaixo, expressa em g/mL ou kg/L (BRASIL, 2010).

$$\text{Eq. 2} \quad \rho_t = d_{(água)} \times d_t^t + 0,0012$$

A densidade relativa de uma substância é a razão de sua massa pela massa de igual volume de água, ambas a 20 °C (d_{20}^{20}) ou por massa de igual volume de água a 4 °C (d_4^{20}):

$$\text{Eq. 3} \quad d_4^{20} = 0,998234 \times d_{20}^{20}$$

Foi utilizado um picnômetro limpo e seco, com capacidade de 5 mL, previamente calibrado. A amostra foi transferida para o picnômetro e efetuada a pesagem. O peso da amostra foi obtido através da diferença de massa do picnômetro cheio e vazio. Foi realizado o ajuste de temperatura de acordo com o preconizado na farmacopéia.

4.5.2 Índice de Refração

O índice de refração é característico para cada tipo de óleo, dentro de certos limites. Está relacionado com o grau de saturação das ligações, mas é afetado por outros fatores tais como: teor de ácidos graxos livres, oxidação e tratamento térmico. Este método é aplicável a todos os óleos normais e gorduras líquidas.

O refratometro de Abbe modelo 2WAJ, marca ATTO, foi previamente calibrado com água, a 20°C, com temperatura ajustada por meio de um banho de água com termostato controlado e circulação de água.

A amostra foi previamente aquecida, para que estivesse no estado líquido no momento da análise. Foi colocado duas gotas da amostra no prisma e realizada a leitura (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008)

4.5.3 Viscosidade

A reologia dos sistemas foram obtidas utilizando um viscosímetro Brookfiel, o qual permite medir eletronicamente a força de torção já convertida em viscosidade.

Para determinação das viscosidades foram utilizados cerca de 15mL da amostra que foi analisado na velocidade de rotação do Sindle de 30 rpm, em ambiente com temperatura de 25°C + ou - 2°C (PESSANHA, 2011).

4.5.4 Umidade

É um método gravimétrico considerado um dos parâmetros legais para a avaliação de óleos e gorduras, sendo realizada por aquecimento direto a 105°C. O intervalo de tempo de pesagem foi de uma hora, até peso constante.

O índice de umidade foi determinado segundo o método descrito por Instituto Adolfo Lutz (2008), utilizando 2,0 g da amostra.

$$\text{Eq. 7} \quad \% \text{ Umidade} = (N \times 100) \div P$$

Em que:

N = n° de gramas de umidade (perda de massa em g)

P = n° de gramas da amostra

4.5.5 Faixa de fusão

A amostra foi fundida e filtrada em papel de filtro para remover qualquer impureza e resíduo final de mistura. Foi mergulhado completamente pelo menos 3 tubos capilares limpos na amostra liquefeita, de maneira que a manteiga ficou a uma altura de 10 mm. O final do tubo foi fundido (onde a amostra está localizada) numa chama pequena, de modo que não queimasse a amostra.

Os tubos foram colocados em um bequer e deixados em refrigerador (4 - 10°C) durante 16 horas. Os tubos foram removidos do refrigerador e presos ao termômetro, de modo que as extremidades inferiores dos tubos de fusão estivessem no fundo junto com o bulbo de mercúrio do termômetro. O termômetro foi mergulhado em um bequer de 600 mL, contendo água até a metade de seu volume. O fundo do termômetro estava imerso a 30 mm na água. A temperatura inicial no banho foi de 8 - 10°C abaixo do ponto de fusão da amostra no início do teste. O banho de água foi agitado de modo a fornecer calor para que a temperatura aumentasse na faixa de 0,5°C por minuto.

As gorduras passam normalmente por um estágio de opalescência antes da completa fusão. O aquecimento foi contínuo até que os tubos estivessem completamente claros. Foi observada a temperatura na qual cada tubo se tornou claro e calculada a média de todos os tubos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

4.5.6 Índice de Acidez

O índice de acidez foi realizado de acordo com o método proposto pelo Instituto Adolf Lutz (2008).

Foram pesados 2 g da amostra e dissolvidos em 25 mL de uma solução éter-alcool (2:1). Adicionaram-se 2 gotas de fenolftaleína a 1%, com posterior titulação com a mistura de hidróxido de sódio 0,1M, até o aparecimento da cor rósea persistente por 30 seg.

$$\text{Eq. 4} \quad I_a = (V \times f \times N \times 5,61) \div m$$

Em que:

V = n° de mL de solução de hidróxido de sódio 0,1 M gasto na titulação.

f = fator da solução de hidróxido de sódio.

m = n° de g da amostra.

4.5.7 Índice de Saponificação

O índice de saponificação I_S exprime, em miligramas, a quantidade de hidróxido de potássio necessária para neutralizar os ácidos livres e saponificar os ésteres existentes em 1 g de substância. O I_S fornece indícios de adulterações da matéria graxa com substâncias insaponificáveis (BRASIL, 2010).

O índice de saponificação foi determinado segundo o método descrito pela Farmacopéia Brasileira, utilizando 2,0 g de amostra.

$$\text{Eq. 6} \quad I_s = 28,05 (n_1 - n_2) \div m$$

Em que:

n_1 = volume de HCl gasto na titulação do branco (mL)

n_2 = volume de HCl gasto na titulação da amostra (mL)

m = massa de amostra em gramas.

4.5.8 Índice de Peróxido

O índice de peróxido é utilizado para determinar o desenvolvimento da rancidez oxidativa nos óleos e nas gorduras baseado no poder oxidativo dos peróxidos orgânicos sobre o iodeto de potássio. O índice de peróxido é expresso em miliequivalentes de oxigênio por 1000 g de amostra (BRASIL, 2010).

O índice de peróxido foi determinado segundo o método descrito pela Farmacopéia Brasileira, utilizando 0,5 g de amostra em triplicata e solução de tiosulfato de sódio na concentração de 0,1 N.

$$\text{Eq. 5} \quad I_p = 10 (n_1 - n_2) \div m$$

Em que:

n_1 = volume (em mL) de tiosulfato de sódio 0,1 M

n_2 = mL de tiosulfato de sódio 0,1 M na amostra do branco

m = massa de amostra em gramas.

4.6 Doseamento de Ácidos Graxos Essenciais

As análises foram realizadas em um cromatógrafo à gás Master, utilizando uma coluna capilar HP-Innowax Agilent® 30m x 0,32µm x 0,25µm. O gás de arraste foi o hidrogênio com fluxo de 3mL/min, split 1:20, temperatura do injetor de 210°C e temperatura do detector de 230°C. A temperatura da coluna foi de 160°C em processo isotérmico com volume de injeção de 1µL.

A identificação qualitativa dos ésteres dos ácidos graxos foi realizada através da comparação entre os cromatogramas do padrão de ésteres de ácidos graxos da Supelco® (contendo uma mistura de 37 ácidos graxos).

Esterificação dos ésteres dos ácidos graxos:

Os triacilgliceróis da manteiga foram esterificados seguindo a metodologia da HARTMAN (1973). O reagente de esterificação foi preparado contendo 2g de cloreto de amônio, 60 ml de metanol e 3 ml de ácido sulfúrico concentrado, refluxado por 15 minutos.

Transesterificação:

Foram pesados 0,5g da manteiga de tucumã, adicionados 5 mL de solução de hidróxido de sódio 0,5N em metanol e refluxados por 5 minutos e em seguida adicionado 15 ml do reagente de esterificação e refluxados por mais 3 minutos. Após resfriar, a mistura foi transferida para um funil de separação e adicionado 5 ml de pentano e 10 ml de água saturada com cloreto de sódio.

O funil foi agitado vigorosamente por alguns segundos e deixado em repouso para separação completa das duas fases e remoção da fase inferior (água, cloreto de sódio, excesso de álcool, glicerol e hidróxido de sódio). A fase superior foi transferida para um recipiente e submetido a análise em CG.

4.7 Estudos de Análise Térmica

Para a TG e DTA foram realizadas por meio de termobalança, modelo TGA Q60, da marca Shimadzu®, em atmosfera de nitrogênio com fluxo de 50 mL/min, sendo a massa da amostra de cerca de 3 mg (± 0.4) de manteiga de Tucumã, acondicionadas em cadinho de alumina, na faixa de temperatura de 25-600°C, na razão de aquecimento de 10°C/min. O oxalato de cálcio foi utilizado para calibrar a escala de temperatura e a perda de massa.

As curvas DSC foram obtidas utilizando Calorímetro Shimadzu® DSC-60 interligado ao software Shimadzu® TA-60WS com atmosfera de nitrogênio de 50 mL/min e razão de aquecimento de 10 °C/min, na faixa de temperatura de 25-500°C. As amostras foram colocadas em porta-amostra de alumina hermeticamente fechada com massa de 3 mg ($\pm 0,2$). Lítio e zinco foram utilizados para calibrar a escala de temperatura e a resposta de entalpia.

4.8 Espectroscopia por absorção na região do infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

4.9 Estudos de Fotoestabilidade

As amostras foram expostas à mesma dose de irradiação em uma fina camada (1 mm) em uma placa de petri, por 1.200.000 lux e 200 W/m² (BRASIL, 2005), por um período de 44h.

As amostras após esse período foram submetidas à análise de: cromatografia gasosa para a quantificação de ácidos graxos e a espectroscopia na região do Infravermelho, conforme metodologia descrita anteriormente.

4.10 Atividade Antioxidante Celular

As células de fibroblastos de pulmão humano MCR-5 foram semeadas a uma densidade de 6×10^4 utilizando 100µL de suspensão celular por poço em microplaca de 96 poços. Vinte e quatro horas após a semeadura, o meio de crescimento foi removido e os poços lavados com solução tampão fosfato salino (PBS).

Em triplicata, os poços foram tratados durante 30 minutos com diclorofluoresceína (DCF) e posteriormente tratados com a manteiga de tucumã. A lavagem dos poços foi realizada com 100µL de PBS, em seguida 60µM de AAPH foi aplicado às células em 100µL de tampão de Hanks, a microplaca de 96 poços foi colocada em um leitor de placas de fluorescência Ascent FL a 37°C. A emissão a 538 nm foi medida com excitação a 485nm a cada 5min durante 1h. Cada placa incluiu em triplicata poços controle positivo, controle negativo e branco, os poços controle positivo continham células tratadas com DCF e quercetina, os controle negativo continham apenas células tratadas com DCF e os poços branco apenas as células (WOLFE; LIU, 2007).

4.11 Carotenóides totais

A análise de carotenoides foi realizada pesando-se aproximadamente 20 mg da manteiga, e dissolvidos em 50 mL de hexano/acetona 3:7. A leitura da absorbância foi feita num espectrofotômetro UV/visível no comprimento de onda de 450 nm (COSTA, 2016). O valor registrado da absorbância máxima foi usado para o cálculo da concentração de carotenos, usando a equação abaixo:

$$\text{Eq. 8} \quad \text{Carotenos (ppm)} = [(V \times A) \div (2592 \times M_0)] \times 10^4$$

Onde:

V = Volume total (mL);

M₀ = Massa da amostra (g);

A = Absorbância

4.12 Atividade antimicrobiana

4.12.1. Microorganismos

Para os ensaios da atividade antimicrobiana foram utilizadas os seguintes microorganismos, obtidas da *American Type Culture Collection* (ATCC):

- Gram-negativas: *Acinetobacter baumannii* ATCC 19606; *Aeromonas hydrophila* IOC/FDA 110-36; *Citobacter freundii* ATCC 8090; *Edwardsiella tarda* ATCC 15947; *Escherichia coli* ATCC 11775; *Klebsiela pneumoniae* ATCC 13883; *Morganella morganii* ATCC 00082; *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 10145, *Pseudomonas fluorescens* ATCC 13525, *Salmonella enterica* ATCC 13076, *Serratia marcescens* ATCC 13880, *Yersinia enterocolitica* ATCC 9610.
- Gram-positivas: *Staphylococcus aureus* ATCC1260 e *Enterococcus faecalis* ATCC 29212.
- Fungos: *Candida parapsilosis* ATCC 22019.

4.12.2. Teste de disco difusão (Kirby-Bauer)

O teste para determinação da atividade antimicrobiana foi realizado por meio do método de difusão em Ágar, utilizando discos contendo o óleo bruto, conforme os protocolos M45-P e M02-A11 do Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI, 2005; CLSI, 2015).

4.12.2.1 Preparo dos discos

Discos de papel Whatman nº1, medindo 6 mm de diâmetro foram utilizados no experimento.

O óleo foi aplicado sobre os discos de papel, na concentração de 5mg/mL. Como controles positivos foram utilizados discos comerciais de Ciprofloxacina 1µg e Azitromicina 1µg e como controle negativo o solvente hexano.

4.12.2.2 Preparo do inóculo

Os inóculos foram preparados em solução salina a 0,85%, pelo método de suspensão direto da colônia. Com o auxílio de uma alça de platina esterilizada, colônias bacterianas provenientes de culturas puras de 24 horas foram suspensas em 4 mL de solução salina estéril e, após, homogeneizadas. A turvação do inóculo foi comparada e ajustada à turvação do tubo 0,5 da escala de MacFarland, que corresponde a uma suspensão contendo aproximadamente $1-2 \times 10^8$ unidades formadoras de colônias (UFC/mL).

4.12.2.3 Teste de difusão do disco

Após a homogeneização do inóculo, foi inoculado com o auxílio de swab alginatado estéril, em três direções diferentes na superfície da placa de Petri contendo o meio de cultura ágar Mueller-Hinton. As placas foram deixadas em repouso à temperatura ambiente, por aproximadamente cinco minutos em câmara de fluxo laminar, para que o excesso de umidade da superfície do ágar seja absorvido antes de aplicação dos discos. Em seguida, os discos contendo o óleo e os controles foram aplicados com uma pinça estéril e pressionados levemente contra a superfície do ágar. As placas foram incubadas a 35°C ($\pm 2^\circ\text{C}$), por 18 a 24h.

A atividade antimicrobiana foi considerada para aquele que apresentar qualquer halo de inibição do crescimento antimicrobiano em torno do disco de difusão. As zonas de inibição foram registradas em mm de diâmetro. Todos os ensaios foram desenvolvidos em triplicata e a média dos diâmetros dos halos de inibição foram calculados.

4.13 Análise Estatística

Os valores foram apresentados como média \pm desvio padrão. Foram utilizados quando necessário, os testes *t* de Student e ANOVA (análise da variância) seguido por teste de Turkey, onde os valores de $p < 0,05$ foram considerados significantes.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A média de rendimento obtido no presente estudo foi de 37% para ambos os lotes, resultado que vem corroborar com Ferreira e colaboradores (2008) e Barbosa colaboradores (2009), onde reportam que 45% do fruto do tucumã é composto pelo endocarpo e que dele é

possível extrair de 40% de manteiga pelo método de soxhlet, enquanto que na extração por prensa mecânica o rendimento é de 20%. Este resultado mostra que a metodologia de extração empregada foi apropriada e o rendimento obtido dentro do esperado.

5.1 Caracterização física – química da manteiga de tucumã

Os parâmetros físico-químicos avaliados para as amostras de manteiga de tucumã estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos da manteiga de Tucumã (*Astrocaryum aculeatum*)

Parâmetros	Lote 1 (Coleta - 05/ 2016)	Lote 2 (Coleta - 05/ 2017)	Valores de Referência
Densidade Relativa	0,9032	0,9030	0,9064 (Barbosa <i>et al.</i> , 2009)
Densidade de Massa g/mL	0,9012	0,9011	-
Índice de Refração	1,457± 0,0005	1,457± 0,0005	1,4512 (Bora <i>et al.</i> , 2001)
Viscosidade mm ² /s	64,71	33,05	12,0 (40 °C) (Alves <i>et al.</i> , 2015)
Umidade	0,55 ± 0,160	0,88 ± 0,090	-
Faixa de Fusão °C	28 - 29	29 - 30	30 - 32 (Pesce, 2009)
Índice de Acidez mgNaOH/g	0,120 ± 0,016	0,074 ± 0,016	< 4 (Brasil, 2005)
Índice de Saponificação mgKOH/g	195,47± 0,60	206,04±2,49	216,0 ± 2 (Barbosa <i>et al.</i> , 2009)
Índice de Peróxido mEq/kg	8,318± 0,226	10,521± 0,156	< 15 (Brasil, 2005)

Fonte: Próprio Autor

Os dois lotes de manteiga de tucumã utilizadas na caracterização apresentaram coloração levemente amarelada e consistência sólida a temperatura ambiente, classificando-a segundo a ANVISA (2005) como gordura vegetal, pois apresenta-se na forma sólida ou pastosa à temperatura de 25°C.

A densidade dos óleos vegetais e o índice de refração são parâmetros físicos, influenciados pelo grau de insaturação dos ácidos graxos. A densidade relativa dos lotes 1 e 2

está próximo ao descrito por Barbosa e colaboradores, (2009), que obteve o valor de 0,9064 de densidade relativa, para a manteiga de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) extraída por Soxhlet. Vasconcelos (2010), obteve o valor de densidade de 0,9095 para o óleo extraído da polpa e casca do tucumã, segundo este autor, diferentes métodos de extração não influenciam significativamente no valor da densidade relativa do óleo da espécie *Astrocaryum aculeatum*.

O índice de refração é usado como um critério de qualidade para os óleos e manteigas e apresentam poder de refringência que varia de acordo com a sua composição, quanto maior o grau de insaturação dos ácidos graxos presentes na composição do óleo, maior será o índice. Fatores como grau de oxidação, tratamento térmico e teor de ácidos graxos livres também podem influenciar nos resultados (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008; COSTA *et al.*, 2015). O índice de refração para ambos os lotes foi de $1,457 \pm 0,0005$, não diferindo estatisticamente a nível de confiança de 95%. O valor deste índice está relacionado com a composição de ácidos graxos saturados presentes na manteiga, que é de aproximadamente 90% (BARBOSA *et al.*, 2009), valor bem próximo ao da espécie *A. vulgare* que foi de $1,4512 \pm 0,0010$ em um estudo feito por Bora e colaboradores (2001).

A viscosidade do Lote 2 em relação ao Lote 1 foi menor, fato que pode estar relacionado a umidade da manteiga, tendo em vista que no lote 2 apresentou umidade superior ao lote 1, segundo Alves e colaboradores (2015) óleos com alta viscosidade apresentam em sua estrutura molecular grupos hidroxilas, que explicam a formação de interações como pontes de hidrogênio, o que aumenta a tensão de cisalhamento.

A RDC nº 270 de 22 de setembro de 2005 da ANVISA, que aprova o regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal, apresenta apenas valores de referência para índice de acidez e peróxido, não apresenta parâmetros para o teor de água em óleos vegetais. Tendo em vista que é um dos critérios para a avaliação da qualidade de óleos e gorduras, estes resultados podem influenciar nos altos índices de peróxido, já que o mesmo está relacionado com a oxidação e deterioração dos óleos (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008; VASCONCELOS, 2010). O percentual de umidade do lote 1 foi de $0,55 \pm 0,160$ e $0,88 \pm 0,090$ para o lote 2, havendo diferença estatística entre as amostras a nível de 95% de confiança, estando o lote 2 com um percentual maior de umidade e relaciona-se com os resultados do índice de peróxido.

O ponto de fusão de óleos e gorduras naturais, de origem vegetal e animal não são bem definidos e precisos, tendo em vista que são misturas de glicerídeos e de outras substâncias e consistem de inúmeros componentes. A Faixa de fusão de uma substância é o

intervalo de temperatura compreendido entre o início e o término da fusão (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008; BRASIL, 2010). Os lotes da manteiga de tucumã apresentaram faixa de fusão bem próximos, como pode ser visto na tabela 2, variando de 28°C a 30°C, dado que corrobora para a aparência sólida a temperatura de 25°C, estando relacionado com a maior quantidade de ácidos graxos de cadeia saturada em sua composição, que empacotam-se na forma de cristais e apresentam ponto de fusão relativamente altos por efeito da atração de van der Waals, tendo o ácido láurico como constituinte majoritário nas amostras. (SOLOMONS; FRYHLE, 2009).

O índice de acidez é um dos fatores que determina a qualidade de óleos e manteigas, quanto menor o índice, menor é a taxa de degradação. Ele avalia o grau de deterioração pela medida de ácidos graxos livres (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014). As causas da degradação podem estar relacionadas a qualidade da matéria-prima, tipo de processamento do óleo, atividade bacteriana, conservação inadequada, processos oxidativos e fotólise (BRASIL, 2010).

A ANVISA por meio da resolução nº 270 de 2005, recomenda valores abaixo de 4 mg KOH/g para óleos vegetais. Comparando o resultado dos dois lotes, não há diferença estatística entre eles. A tabela 2 mostra o índice de acidez apresentado por outros autores utilizando a mesma metodologia de extração, obteve-se dessa forma uma manteiga de boa qualidade, fato que pode ser atribuído a qualidade da matéria-prima e adequado armazenamento, pois segundo MORETTO e FETT (1998) o armazenamento correto de óleos vegetais evita sua deterioração e aumenta a vida de prateleira do produto.

Tabela 2 - Comparação dos valores de índice de acidez da manteiga da amêndoa da espécie *A. aculeatum*, por extração com solvente

Autores	Parte usada na extração	Índice de acidez (mg NaOH/g)
Lote 1	Amêndoa	0,120
Lote 2	Amêndoa	0,074
Cortez (2013)	Amêndoa	0,140

Barbosa <i>et al.</i> (2009)	Amêndoa	1,98
------------------------------	---------	------

O índice de saponificação das amostras em estudo apresentaram valores abaixo do descrito por Barbosa e seus colaboradores (2009) que foi de 216 ± 2 , tendo em vista que os lotes 1 e 2 apresentaram valores de $195,47 \pm 0,60$ e $206,04 \pm 2,49$, respectivamente. Esses valores apresentam diferença estatística a nível de confiança de 95%, tendo em vista que as amostras foram coletadas em anos diferentes e seus compostos podem sofrer variação em decorrência de fatores como condições climáticas (COSTA, 2015). O índice de saponificação é inversamente proporcional ao peso molecular médio dos ácidos graxos presentes na amostra, quanto maior o índice de saponificação, menor será o peso molecular dos ácidos graxos (JORGE; LUZIA, 2012), indicando dessa forma que a manteiga de tucumã é composta de ácidos graxos de cadeia curta.

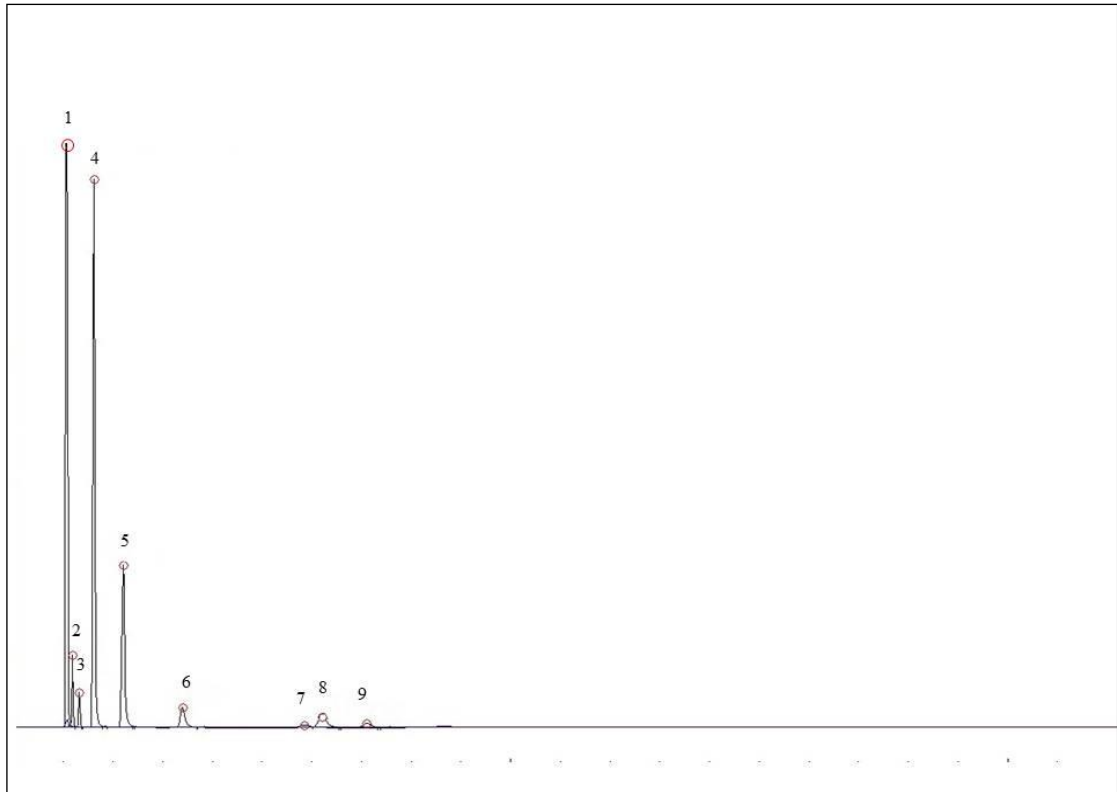
O índice de peróxido é frequentemente usado para determinar a rancidez oxidativa em óleos e gorduras, medindo a quantidade de peróxido produzido. Os peróxidos são os primeiros compostos formados quando uma gordura deteriora (FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014). A norma citada anteriormente estabelece que o limite de índice de peróxido para óleos prensados a frio e não refinados deve ser de no máximo 15 meq/kg, estando a manteiga de tucumã em estudo, dentro dos limites estabelecidos, conforme pode ser observado na Tabela 1. Os lotes apresentaram-se dentro dos parâmetros estabelecidos, porém os mesmos apresentam diferença estatística entre si, resultado que correlaciona-se a análise de umidade onde o lote 2 também apresentou percentual maior.

5.2 Doseamento do perfil de Ácidos Graxos por Cromatografia Gasosa

A análise da composição de ácidos graxos por cromatografia gasosa constitui um mecanismo importante para avaliar a autenticidade dos óleos vegetais. Conforme a espécie oleaginosa, variações na composição química do óleo vegetal são expressas por variação na relação molar entre os diferentes ácidos graxos presentes na estrutura do triacilglicerol (COSTA *et al.*, 2013).

A Tabela 3 apresenta o perfil de ésteres metílicos de ácidos graxos presentes na manteiga da espécie *A.Aculeatum* e compara seus valores com os de outras espécies de tucumã, as figuras 10 e 11 apresentam os cromatogramas referentes aos lotes 1 e 2.

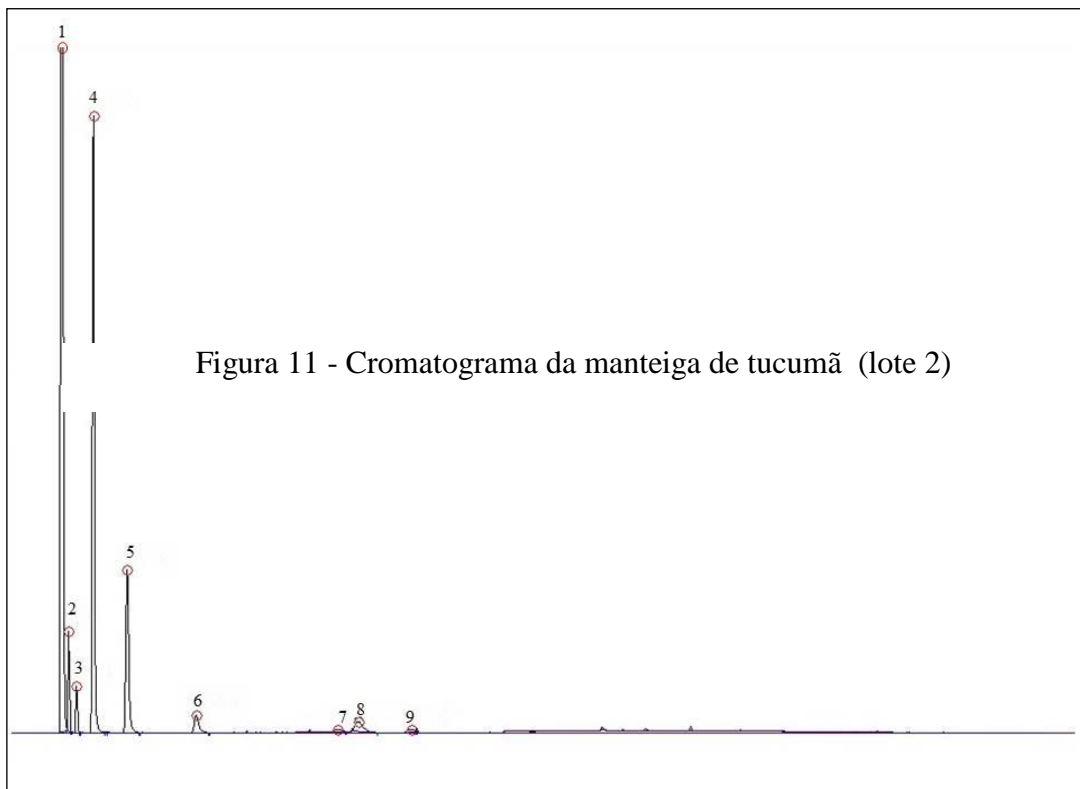
Figura 10 - Cromatograma da manteiga de tucumã (lote 1)



Legenda: 1- Pentano; 2 – ácido caprílico; 3- ácido capríco; 4- ácido láurico; 5-ácido mirístico; 6- ácido palmítico; 7 – ácido esteárico; 8- ácido oleico; 9 – ácido linoleico.

Fonte: Próprio Autor

Figura 11 - Cromatograma da manteiga de tucumã (lote 2)



Legenda: 1- Pentano; 2 – ácido caprílico; 3- ácido caprílico; 4- ácido láurico; 5-ácido mirístico; 6- ácido palmítico; 7 – ácido esteárico; 8- ácido oleico; 9 – ácido linoleico.

Fonte: Próprio Autor

O resultado obtido neste estudo indica que a manteiga extraída da amêndoa do fruto de tucumã apresenta média de 90% de ácidos graxos saturados e 7% de insaturados. O ácido láurico (12:0) mostrou-se majoritário na manteiga de tucumã, representando valor médio de 55,8% entre os ácidos graxos insaturados, o ácido oléico (18:1) foi o que apresentou maior média, com 7,15% da composição total. Os valores expostos estão próximos aos reportados por Barbosa *et al.* (2009) que apresentou como constituinte predominante o ácido láurico com 51,42%. As espécies *A. vulgare* e *A. aculeatissimum* apresentaram menor concentração de ácido láurico, maior concentração de ácido oleico e não apresentaram traços ácido caprílico, quando comparados com a espécie em estudo.

O perfil de ésteres metílicos de ácidos graxos da espécie *A. aculeatum* quando comparados a outras espécies da família Arecacea de distribuição na região amazônica (Tabela 4), destaca-se pela maior fração de ácido láurico em sua composição, sendo a espécie *Astrocaryum murumuru* a que apresenta composição mais próxima da espécie *A. aculeatum*.

A manteiga obtida da espécie *A. aculeatum* destaca-se com uma matéria-prima rica em ácido láurico, e pode ser classificada como gorduras láuricas, que tem como exemplo típico o óleo de palma, caracterizado por altos teores dos ácidos láurico e mirístico.

Tabela 3 - Comparação da composição de ácidos graxos da manteiga da amêndoa entre espécies de Tucumã

Espécie	8:0	10:0	12:0	14:0	16:0	18:0	18:1	18:2	20:0
<i>A. aculeatum</i> (lote 1)	3,30	2,40	54,60	24,80	5,80	0,90	5,90	2,30	-
<i>A. aculeatum</i> (lote 2)	4,90	3,00	57,00	23,10	4,80	1,10	4,80	1,30	-
<i>A. aculeatum</i> (Barbosa <i>et al.</i> , 2009)	2,03	1,83	51,42	26,09	5,55	2,36	5,97	2,09	-
<i>A. vulgare</i> Mart. (Pardauil <i>et al.</i> , 2017)	-	-	48,00	25,00	6,00	2,00	13,50	3,70	0,10
<i>A. aculeatissimum</i> (Meyer, 2013)	-	1,44	42,66	16,70	6,83	2,25	23,65	6,27	-

Legenda: C8:0 ácido caprílico; C10:0 ácido caprico; C12:0 ácido láurico; C14:0 ácido mirístico; C16:0 ácido plamítico; C18:0 ácido esteárico; C18:1 ácido oléico; C18:2 ácido linoléico; C20:0 ácido eicosanoíco.

Tabela 4 - Comparação de ácidos graxos da manteiga da amêndoa de palmeiras da família Arecacea

Espécie	8:0	10:0	12:0	14:0	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3
<i>A. aculeatum</i> (lote 1)	3,30	2,40	54,60	24,80	5,80	-	0,90	5,90	2,30	-
<i>A. aculeatum</i> (lote 2)	4,90	3,00	57,00	23,10	4,80	-	1,10	4,80	1,30	-
<i>Oenocarpus bacaba</i> (Meyer, 2013)	-	1,54	1,91	1,94	19,53	2,89	3,16	38,17	25,86	1,37
<i>Bactris gasipaes</i> (Santos, 2013)	-	-	-	-	39,60	5,20	1,70	46,20	4,00	1,30
<i>Astrocaryum murumuru</i>	0,50	1,00	44,00	27,00	9,00	-	3,00	11,00	4,40	-

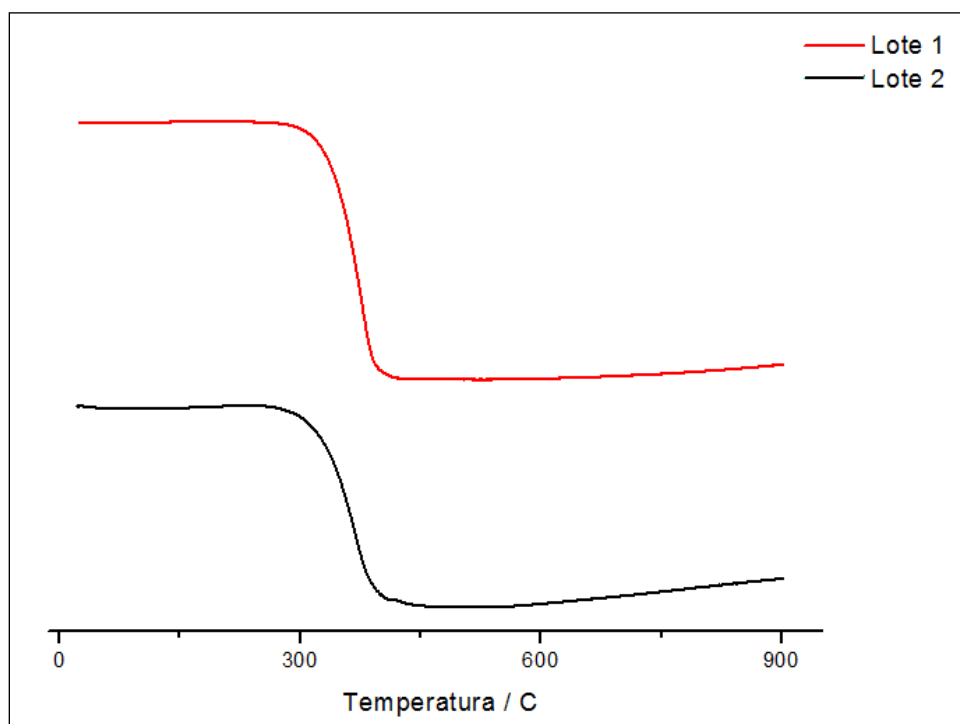
Legenda: C8:0 ácido caprílico; C10:0 ácido caprico; C12:0 ácido láurico; C14:0 ácido mirístico; C16:0 ácido plamítico; C16:1 ácido palmitoléico; C18:0 ácido esteárico; C18:1 ácido oléico; C18:2 ácido linoléico; C18:3 ácido linolênico

5.3 Estudos de Análise Térmica

As técnicas termoanalíticas têm sido utilizadas com a finalidade de controlar a qualidade de óleos e gorduras vegetais, pois fornecem informações sobre a estabilidade destes produtos perante seu comportamento térmico (TOMASSETTI *et al.*,1991).

A curva TG fornece informações com relação as variações de massa da manteiga de tucumã em função da temperatura sob atmosfera inerte de N₂. A DTG é a primeira derivada da curva TG, onde as variações de massa da curva TG são representadas por meio de picos que determinam as áreas proporcionais as variações de massa. Os estudos de análise térmica da manteiga de tucumã mostraram que os dois lotes apresentam apenas um estágio de decomposição, observado na Figura 12, indicando que é um produto termicamente estável.

Figura 12 - Curva TG da manteiga de Tucumã



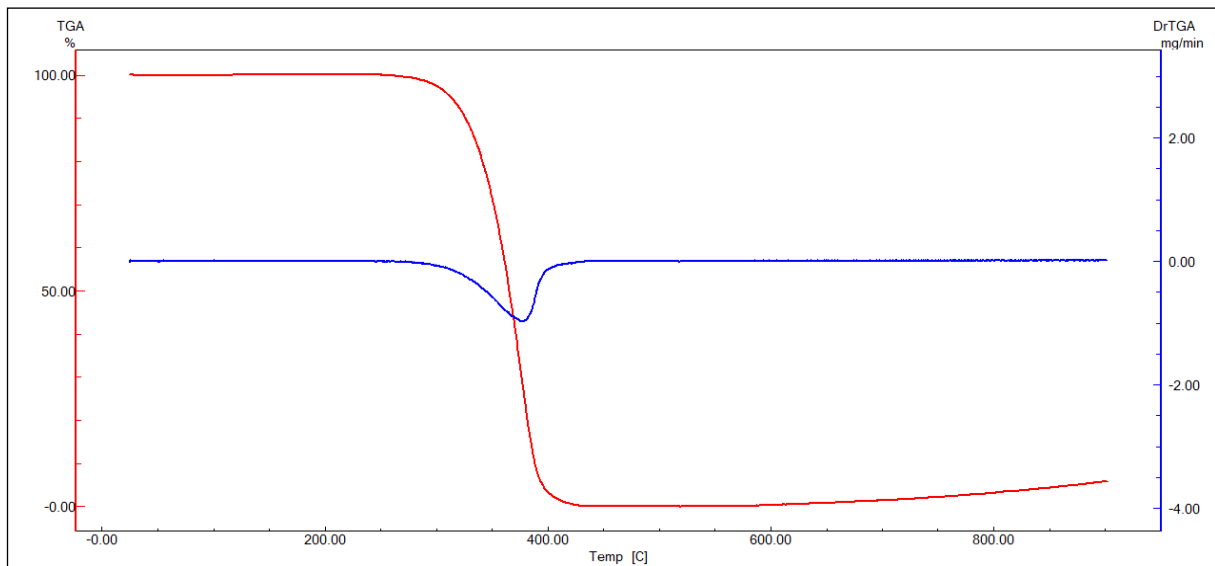
Fonte: Próprio Autor

A estabilidade térmica da manteiga foi determinada pelo intervalo de tempo que a massa permaneceu inalterada, esse intervalo durou até a amostra atingir a temperatura de 259,17°C (lote 1) e 267,28°C (lote 2), dados que corroboram com estudos realizados por Pardauil e colaboradores (2017), com a manteiga de tucumã da espécie *Astrocaryum vulgare*, que apresentou estabilidade a temperatura de de 295 °C e Castro e colaboradores (2014) em

estudo térmico da manteiga de tucumã da espécie *A. aculeatum*, que apresentou estabilidade a temperatura de 287 °C.

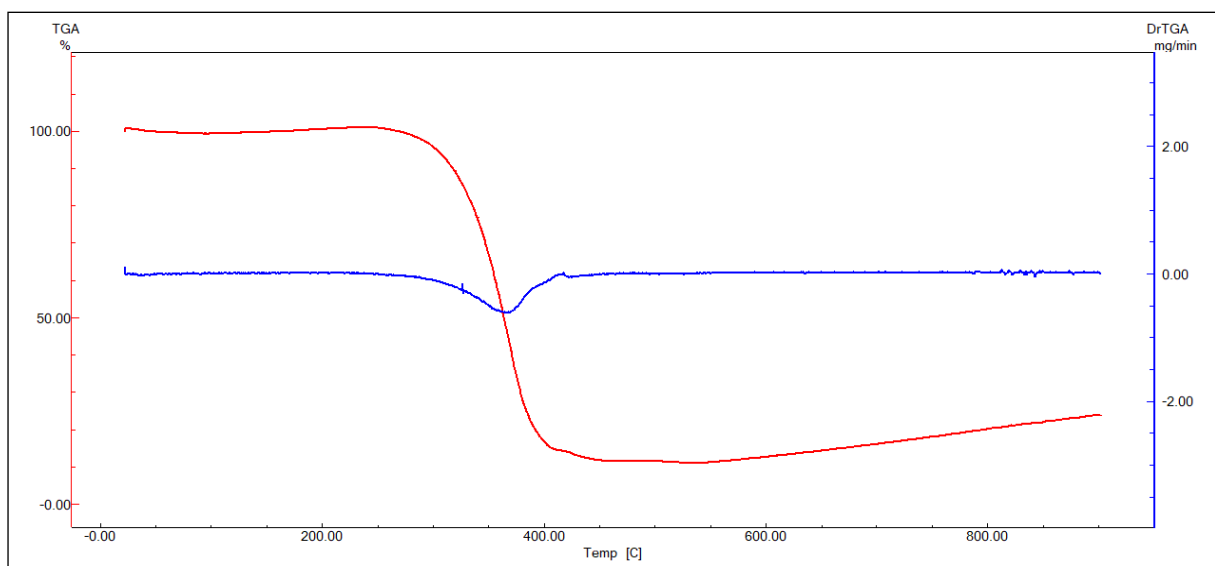
A curva DTG (Figura 13 e 14) mostra um único pico descendente resultado dessa perda de massa, que ocorreu durante o intervalo de temperatura de 259,17°C e 430,65°C (lote 1) e 267,28°C e 442,92°C (lote 2), com 98% de perda de massa.

Figura 13 - Curva TG/DTG da manteiga de Tucumã (lote 1)



Fonte: Próprio Autor

Figura 14 - Curva TG/DTG da manteiga de Tucumã (lote 2)



Fonte: Próprio Autor

Reda e Carneiro (2007) afirmam que os óleos que contêm ácidos graxos saturados são mais estáveis do que os insaturados. Em nosso estudo, foi observado que o ácido láurico (12:0) está presente na manteiga de tucumã na concentração de aproximadamente 50% da composição total, proporcionando alta estabilidade da manteiga de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), que é composta por 90% de ácidos graxos saturados, desta forma a etapa de decomposição apresentada deve estar relacionada a volatilização dos ácidos graxos saturados (PARDAUIL *et al.*, 2017).

No entanto, de acordo com Vecchio e colaboradores (2009), os óleos vegetais possuem uma composição química complexa, incluindo produtos de oxidação lipídica, ácidos graxos livres, compostos fenólicos, glicéridos e não glicéridos, que são presente no óleo em diferentes porcentagens; desta forma, atribuir a cada evento a decomposição de certas espécies química é difícil apenas analisando o perfil das curvas TG / DTG, porque as perdas em massa de vários componentes químicos devido à decomposição de lipídios provavelmente ocorrem ao mesmo tempo durante cada etapa.

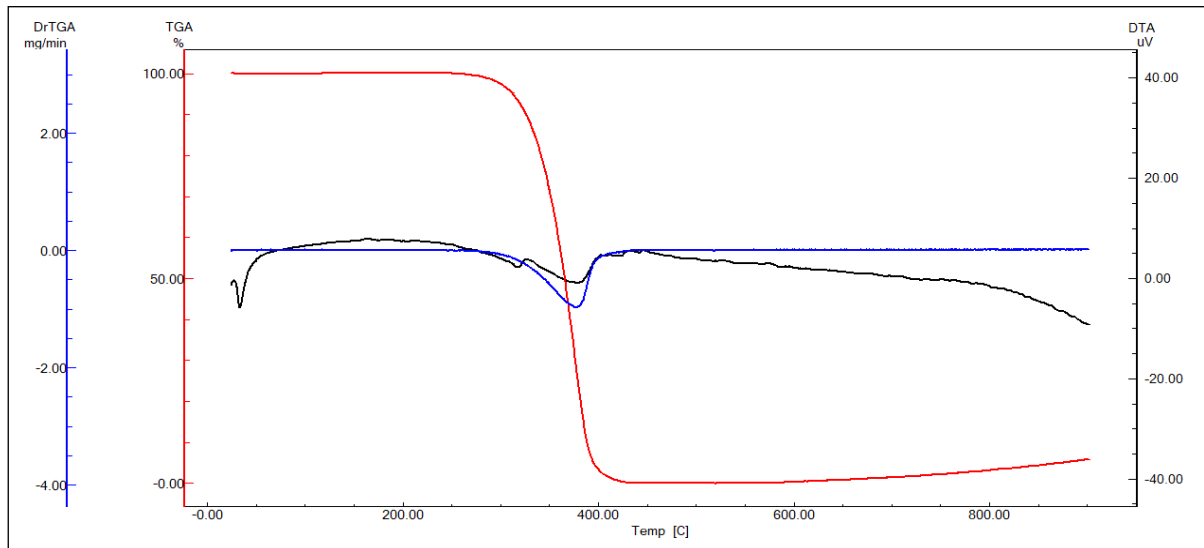
A curva DTA representa os registros de ΔH em função da temperatura, de modo que os eventos são representados na forma de picos, onde os picos ascendentes caracterizam os eventos exotérmicos e os descendentes os endotérmicos, a manteiga de tucumã demonstra a presença de dois eventos endotérmicos. Na figura 13 observa-se um primeiro evento com pico endotérmico em 33,54°C que ocorre a uma temperatura inicial (T_i) de 30,73°C e temperatura final (T_f) de 39,05°C, absorvendo -53,06 J/g de energia. O pico nessa temperatura provavelmente refere-se à fusão do ácido láurico que está presente em grande quantidade na amostra.

O segundo evento térmico apresenta-se como um pico endotérmico em 378,73°C ocorre entre 330,60°C a 399,93°C, com consumo de energia de -233,06 J/g e refere-se a degradação da manteiga.

Na figura 14 observa-se um primeiro evento com pico endotérmico em 33,53°C que ocorre a uma temperatura inicial (T_i) de 30,58°C e temperatura final (T_f) de 39,83°C, absorvendo - 46,85 J/g de energia. O pico nessa temperatura provavelmente refere-se à fusão do ácido láurico que está presente em grande quantidade na amostra.

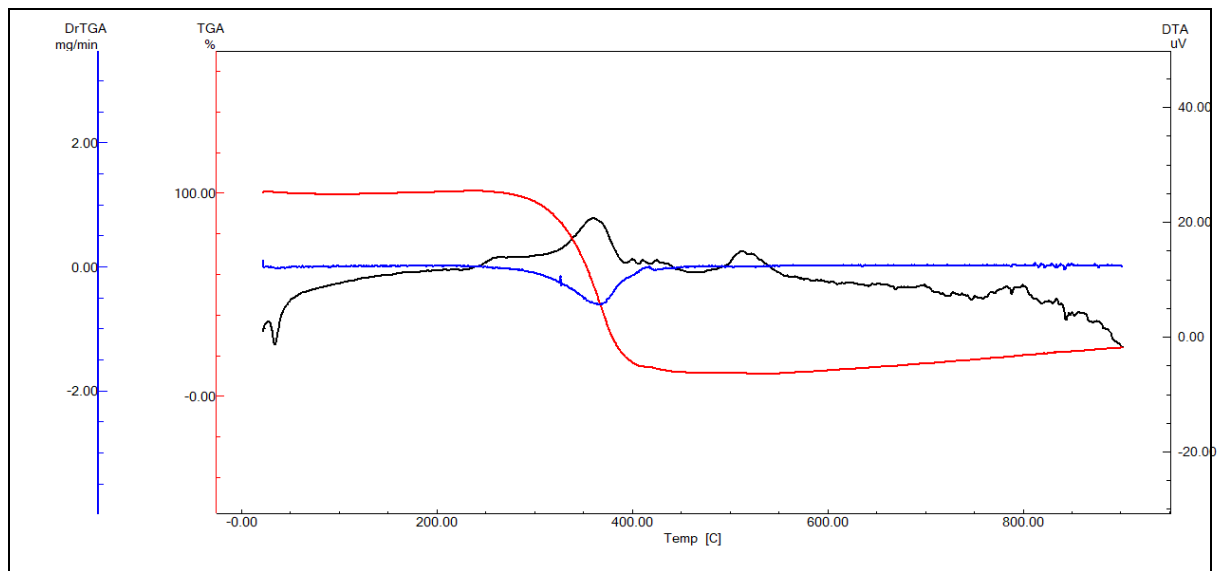
O segundo evento térmico apresenta-se como um pico exotérmico em 378,73°C ocorre entre 256,22°C a 391,30°C, com consumo de energia de 463,88 J/g e refere-se a degradação da manteiga. A comparação entre as curvas de TG/DTG/DTA podem ser observadas na Figura 13 e 14.

Figura 15 - Curvas TG/DTG/DTA da manteiga de tucumã (lote 1)



Fonte: Próprio Autor

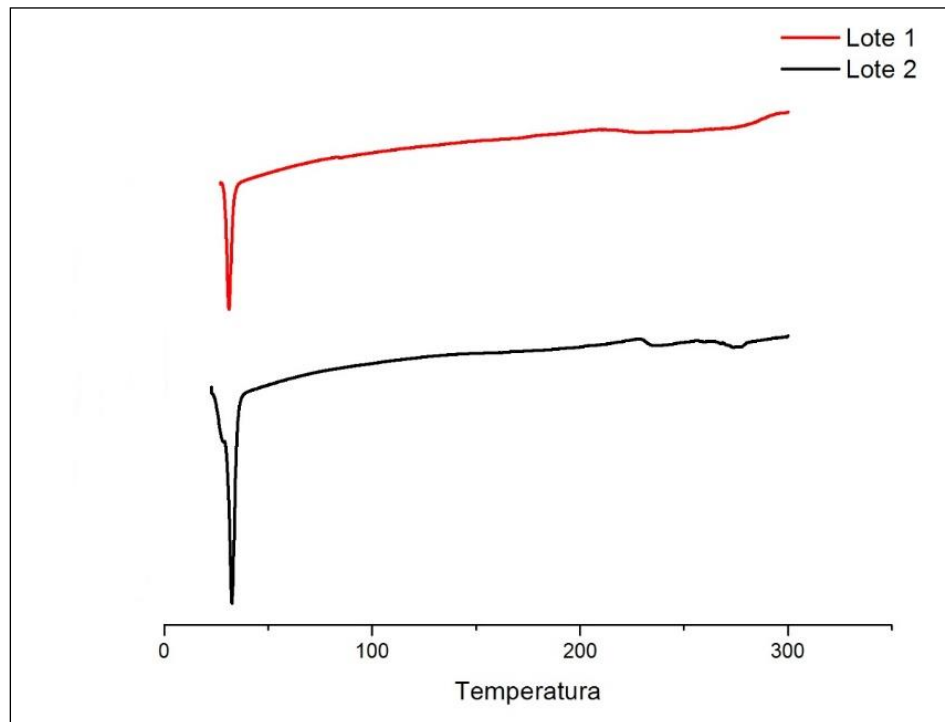
Figura 16 - Curvas TG/DTG/DTA da manteiga de tucumã (lote 2)



Fonte: Próprio Autor

As análises de DSC da manteiga de Tucumã obtiveram resultados semelhantes aos de DTA, revelando um único pico descendente, característico de eventos endotérmicos (Figura 17), com pico de fusão de 31,03°C (lote 1) e 32,51°C (lote 2), conforme a Tabela 5, indicando provavelmente o processo de fusão de triglicerídeos formado por ácidos graxos de cadeia curta, como ácido láurico.

Figura 17 - Curva DSC da manteiga de Tucumã



Fonte: Próprio Autor

Tabela 5 - Eventos endotérmicos da análise de DSC da manteiga de Tucumã

	Temp. inicial de fusão	Temp. final de fusão	Pico de fusão
Lote 1	29,27 °C	33,06 °C	31,03 °C
Lote 2	30,26 °C	34,57 °C	32,51 °C

Fonte: Próprio Autor

Os valores encontrados são próximos ao descrito por Sena (2016), que realizou o estudo térmico da manteiga do murumuru (*Astrocaryum murumuru*), palmeira que apresenta perfil de ácidos graxos semelhante a manteiga de tucumã. A mesma, apresentou um evento endotérmico, com pico de temperatura de 36,80 °C, com $\Delta H = -177,04$ mJ, correspondente à temperatura próxima do ponto de fusão do ácido láurico.

Segundo Pardauil e colaboradores (2017), a técnica DSC não fornece informações diretas sobre a composição química de óleos e gorduras. No entanto, fornece informações úteis sobre a natureza das mudanças termodinâmicas associadas a transições de fase relacionadas com a composição dos óleos e gorduras.

5.4 Carotenoides

Os carotenoides são pigmentos naturais presentes nas frutas e hortaliças, apresentam cor intensa, que varia do amarelo ao vermelho. A principal característica destas moléculas consiste no extenso sistema de duplas ligações conjugadas, que forma o cromóforo, conferindo aos carotenoides coloração e propriedades especiais. Quanto maior o número de insaturações, mais intensa é a cor (SINGH, 2015; BARBOSA, 2016).

Os valores de carotenoides encontrados na manteiga da amêndoa de tucumã da espécie *A. Aculeatum* foi de 280,163 ppm \pm 7,95 para ambas as amostras, não apresentando diferença estatística entre as mesmas. O valor encontrado foi superior ao identificado por Sinch (2015) na amêndoa do mesmo fruto que foi de 7,12 \pm 0,27 μ g/g e inferior ao detectado na polpa do mesmo fruto em estudo feito por Vasconcelos (2013) que foi de 1021ppm. A diferença no teor de carotenoides entre o óleo da polpa e a manteiga da amêndoa também pode ser observada visualmente ao compararmos a coloração da polpa, que apresenta uma tonalidade laranja e da manteiga que é levemente amarelada.

O teor de carotenoides da manteiga da espécie *A. aculeatum* quando comparados a outras espécies da família Arecacea de distribuição na região amazônica é maior, conforme pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6 - Comparação do teor de carotenoides presente na amêndoa de palmeiras da família Arecacea

Espécie	Carotenoides
<i>A.Aculeatum</i> (lote 1)	280,163 \pm 7,95 ppm
<i>A.Aculeatum</i> (lote 2)	280,163 \pm 7,95 ppm
<i>Oenocarpus bacaba</i> (Sinch,2015)	16,80 \pm 0,44 μ g/g
<i>Bactris gasipaes</i> (Sinch,2015)	7,07 \pm 0,09 μ g/g

Legenda: 1ppm = 1 μ g/g

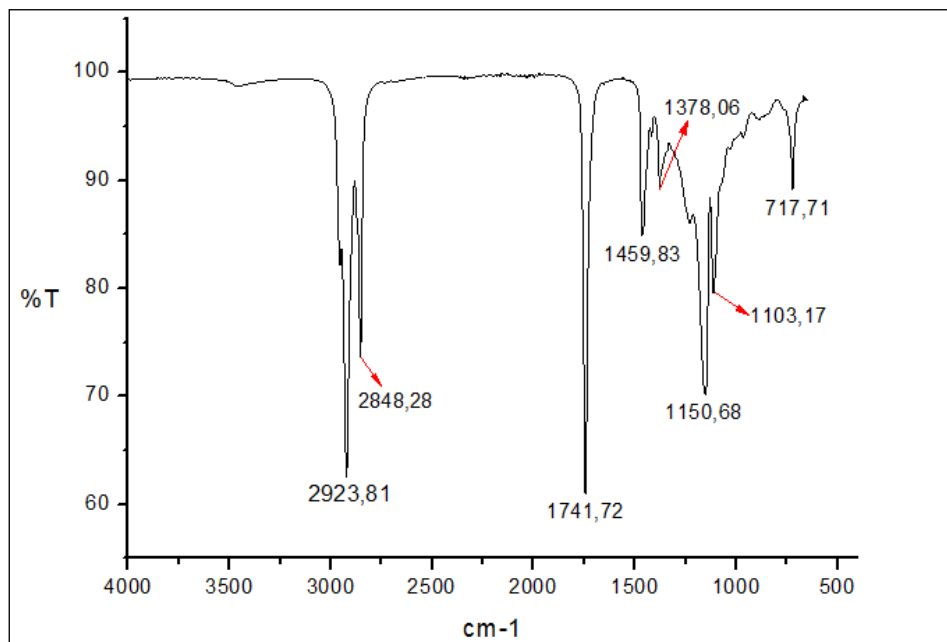
Fonte: Próprio Autor

5.5 Espectroscopia por absorção na região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

As análises por espectroscopia por absorção na região do infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) têm como objetivo identificar os grupos funcionais característicos dos compostos orgânicos, propiciando um conhecimento preliminar de sua estrutura química. Os óleos vegetais em geral possuem uma composição química muito parecida, sendo constituídos basicamente de triacilglicerios (JAVIDNIA *et al.*, 2013).

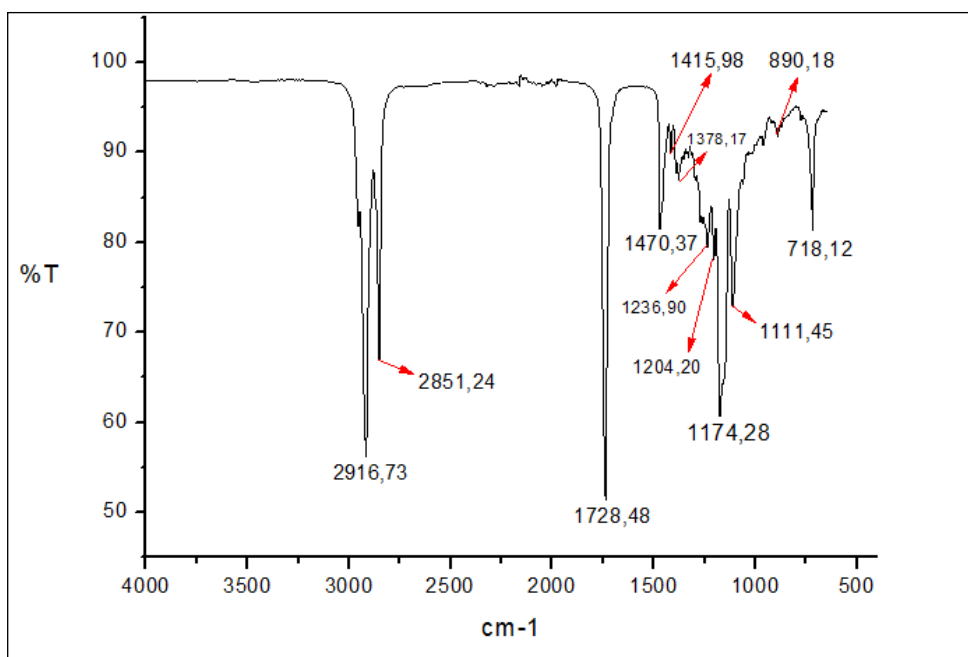
As Figuras 18 e 19 apresentam o espectro da manteiga de tucumã, onde pode-se observar estiramentos na região de $2923,81\text{ cm}^{-1}$ e $2848,28\text{ cm}^{-1}$ (Lote 1) e $2916,73\text{ cm}^{-1}$ e $2851,24\text{ cm}^{-1}$ (Lote 2), referentes a deformação axial C–H característica de alcanos, onde a forte absorção indica que vários grupos metilas estão presentes na molécula.

Figura 18 - Infravermelho da manteiga de tucumã no tempo zero, lote 1.



Fonte: Próprio Autor

Figura 19 - Infravermelho da manteiga de tucumã no tempo zero, lote 2



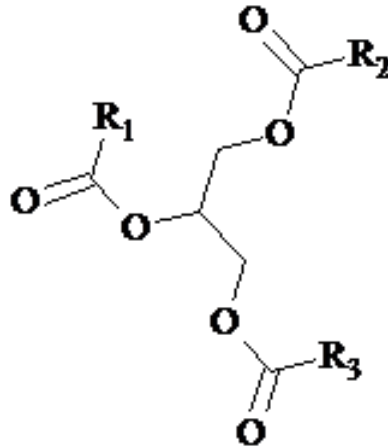
. Fonte: Próprio Autor

As vibrações de deformação angular simétrica e assimétrica de grupos metilenos C–H, podem ser observados na região de 1378,06 e cm^{-1} (Lote 1); 1415,98 cm^{-1} ; 1378,17 cm^{-1} (Lote 2) e 1459,83 cm^{-1} (Lote 1); 1470,37 cm^{-1} (Lote 2) respectivamente.

A banda de deformação angular simétrica no plano do grupo metileno, apresenta estiramentos de maior intensidade na região de 1378,06 cm^{-1} (Lote 1) e 1415,98 cm^{-1} (Lote 2) em consequência da proximidade com a carbonila. A banda de deformação angular assimétrica no plano está na região de 718,12 cm^{-1} (Lote 1) e 717,71 cm^{-1} (Lote 2), caracterizando alcanos de cadeia linear de sete ou mais átomos de carbono.

O estiramento com pico forte na região de 1741,72 cm^{-1} (Lote 1) e 1728,48 cm^{-1} (Lote 2) é característico da ligação dupla carbono-oxigênio. As vibrações de deformação axial de C–O, podem ser visualizadas nos estiramentos da região de 1150,68 cm^{-1} ; 1103,17 cm^{-1} (Lote 1) e 1174,28 cm^{-1} ; 1111,54 cm^{-1} (Lote 2), concordantes para a ligação éster presente na estrutura geral de um triglicerídeo (Figura 20)

Figura 20 - Estrutura molecular de um triglicerídeo



Fonte: Próprio Autor

5.6 Fotoestabilidade

No intuito de avaliar as vias de degradação de um fármaco, o mesmo, é submetido a uma série de condições (tais como hidrólise (ácido-base), fotoestabilidade, oxidação por peróxido e temperatura), a fim de avaliar os subprodutos resultantes e suas possíveis vias de degradação, processo que ocorre durante o desenvolvimento do medicamento. O estudo de fotoestabilidade é realizado com o objetivo de demonstrar que a exposição à luz não resulta em alterações significantes na molécula da matéria-prima (SILVA *et al.*, 2009; SINGH; REHMAN, 2012).

As análises foram feitas em triplicata para os dois lotes da manteiga de tucumã e posteriormente analisadas por espectroscopia do infravermelho e cromatografia gasosa para doseamento dos ácidos graxos, no tempo zero, branco e após o estresse, conforme pode ser observado nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Comparação das medias do teor (%) de ácidos graxos após teste de fotoestabilidade, lote 1

Ácidos Graxos	Tempo Zero %	Branco %	Foto %
8:0	3,30	2,69	3,74
10:0	2,40	2,44	2,84
12:0	54,60	55,28	54,23
14:0	24,80	24,63	25,37
16:0	5,80	5,47	6,01
18:0	0,90	1,35	1,28
18:1	5,90	6,04	5,63
18:2	2,30	2,02	0,83

Fonte: Próprio Autor

Tabela 8 - Comparação das medias do teor (%) de ácidos graxos após teste de fotoestabilidade, lote 2

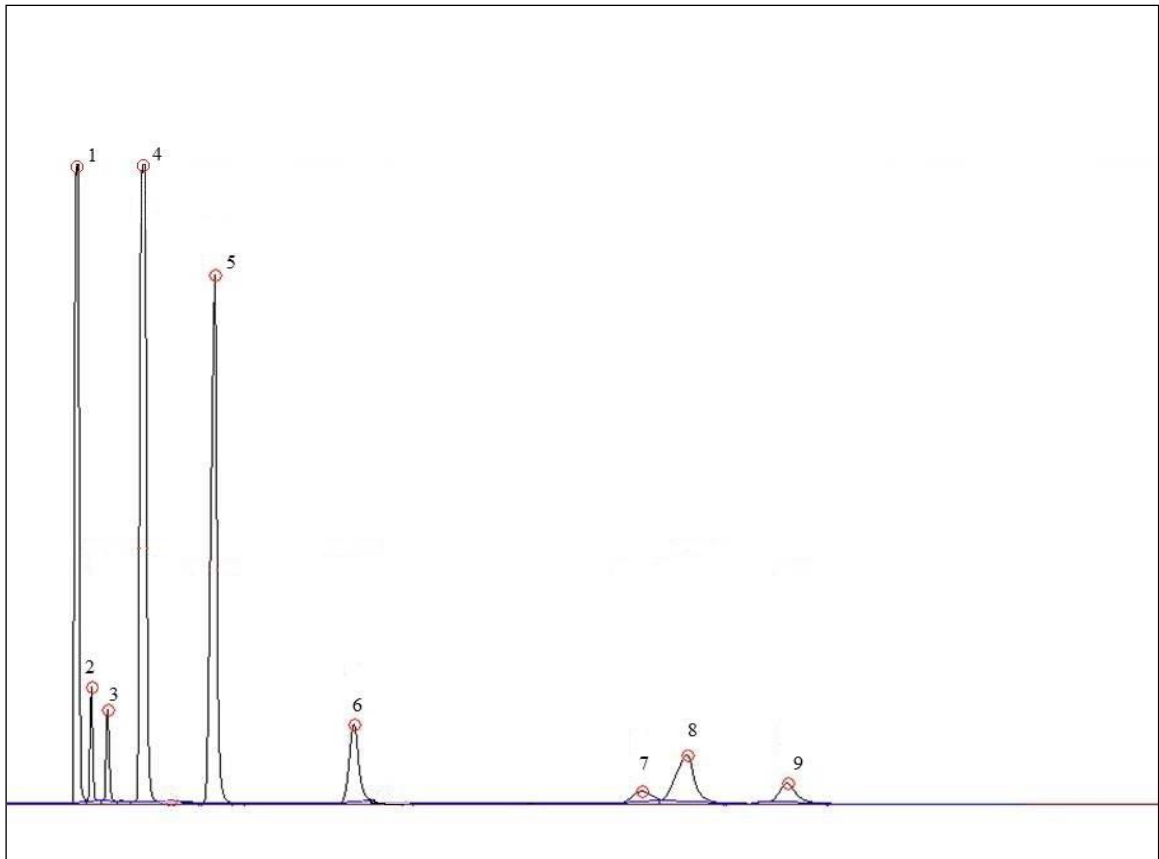
Ácidos Graxos	Tempo Zero %	Branco %	Foto %
8:0	4,90	2,82	3,46
10:0	3,00	2,63	2,83
12:0	57,00	48,66	52,59
14:0	23,10	27,45	25,79
16:0	4,80	6,66	5,67
18:0	1,10	1,43	1,90
18:1	4,80	7,10	6,27
18:2	1,30	3,21	1,43

Fonte: Próprio Autor

O percentual de ácido láurico foi analisado estatisticamente comparando as amostras no tempo zero com o branco e no tempo zero com a amostra após estresse. Os lotes não apresentaram diferença estatística entre eles, sugerindo que mantiveram o teor de ácido láurico mesmo após a amostra ser submetida ao processo de fotodegradação.

As figuras 21, 22, 23 e 24 apresentam os cromatogramas dos lotes 1 e 2 submetidos aos estresse de fotodegradação e do branco, onde pode-se observar que não há diferença entre os picos.

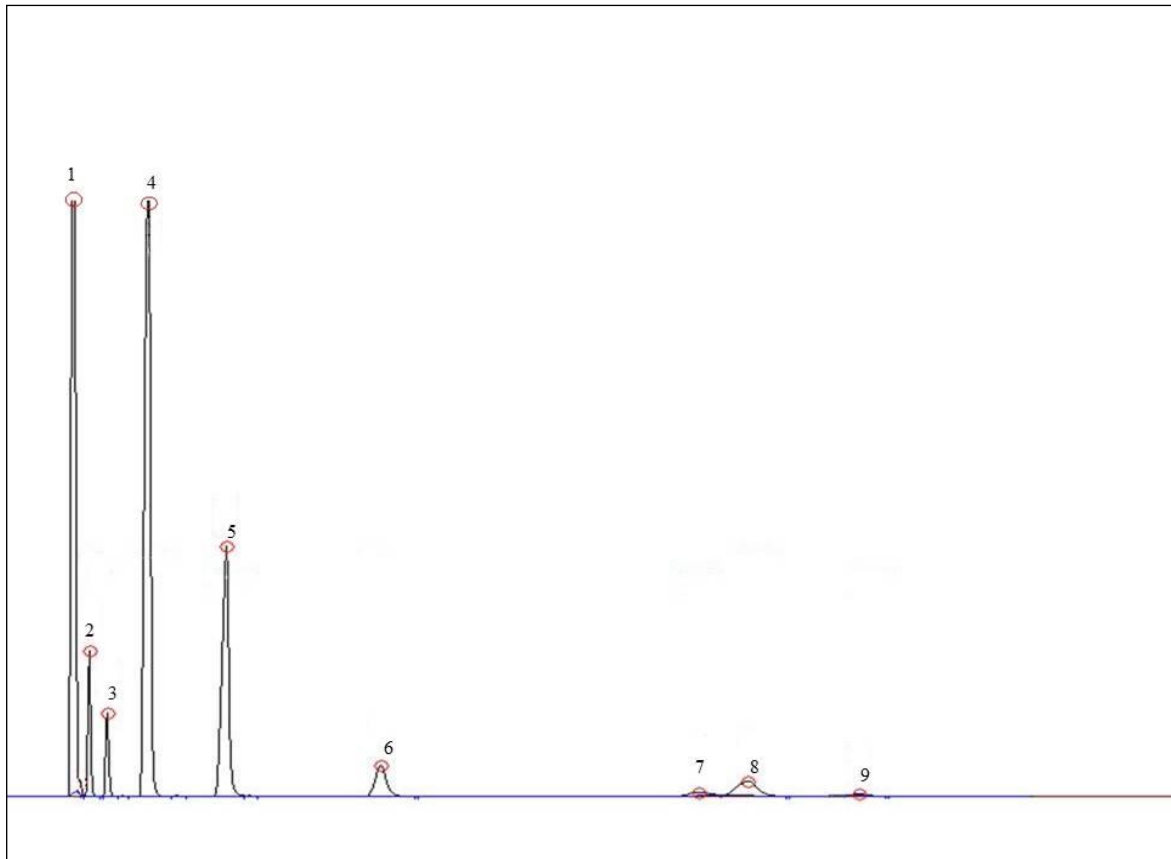
Figura 21 - Cromatograma da manteiga de tucumã, branco (lote 1)



Legenda: 1- Pentano; 2 – ácido caprílico; 3- ácido capríco; 4- ácido láurico; 5-ácido mirístico; 6- ácido palmítico; 7 – ácido esteárico; 8- ácido oleico; 9 – ácido linoleico.

Fonte: Próprio Autor

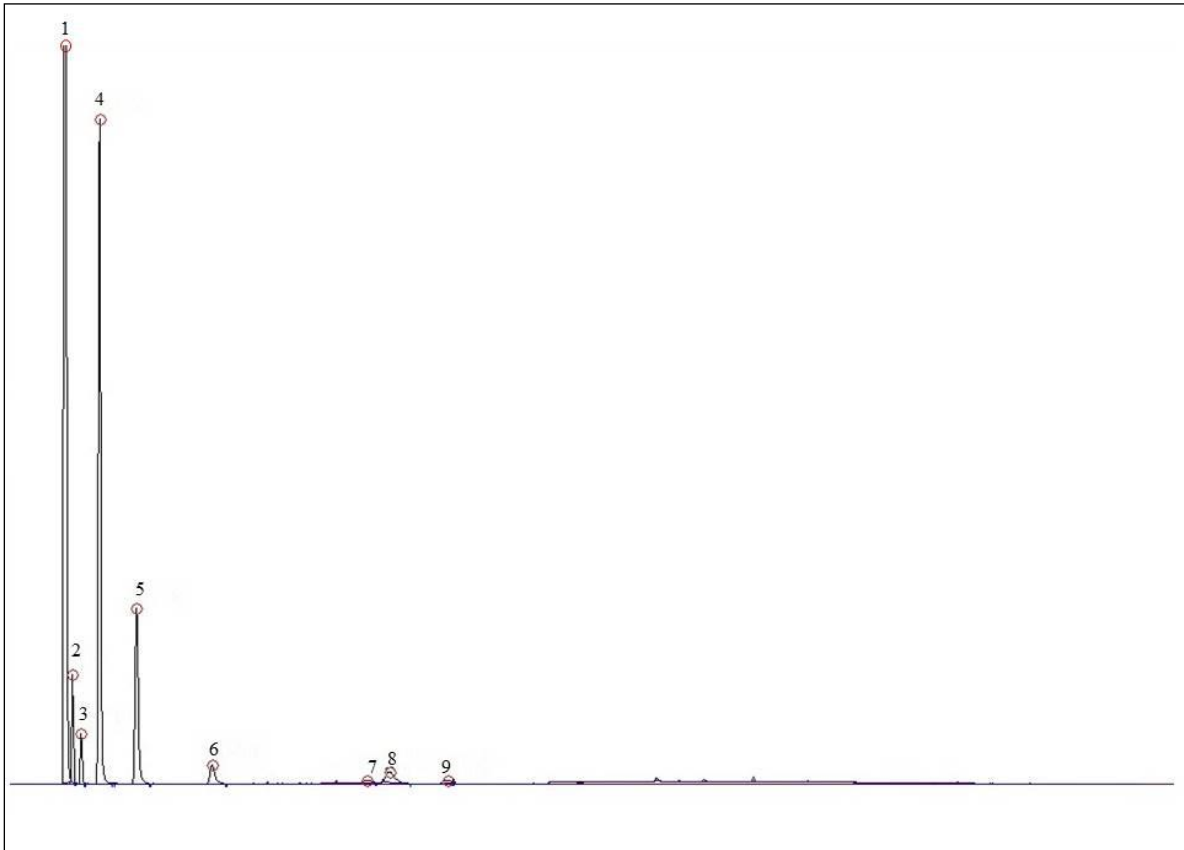
Figura 22 - Cromatograma da manteiga de tucumã, amostra fotodegradada (lote 1)



Legenda: 1- Pentano; 2 – ácido caprílico; 3- ácido capríco; 4- ácido láurico; 5-ácido mirístico; 6- ácido palmítico; 7 – ácido esteárico; 8- ácido oleico; 9 – ácido linoleico.

Fonte: Próprio Autor

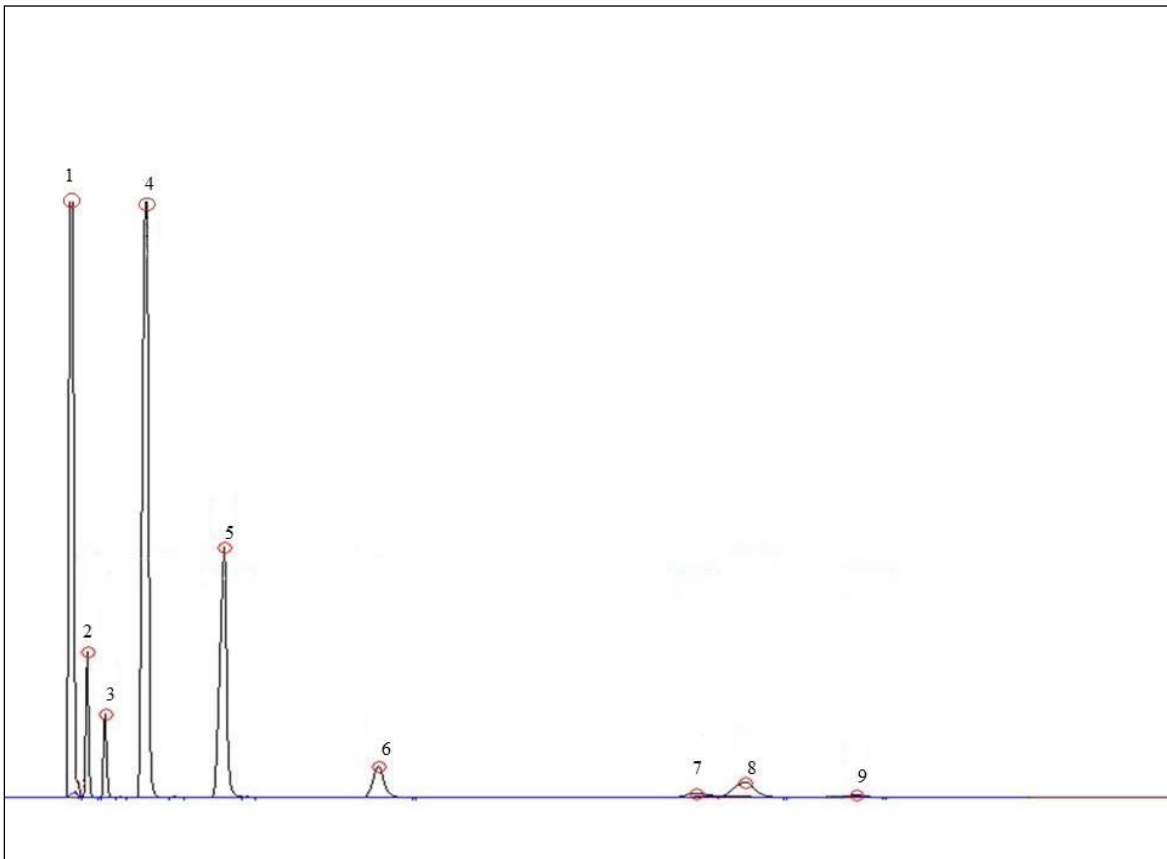
Figura 23 - Cromatograma da manteiga de tucuma, branco (lote 2)



Legenda: 1- Pentano; 2 – ácido caprílico; 3- ácido caprílico; 4- ácido láurico; 5-ácido mirístico; 6- ácido palmítico; 7 – ácido esteárico; 8- ácido oleico; 9 – ácido linoleico.

Fonte: Próprio Autor

Figura 24 - Cromatograma da manteiga de tucumã, amostra fotodegradada (lote 2)



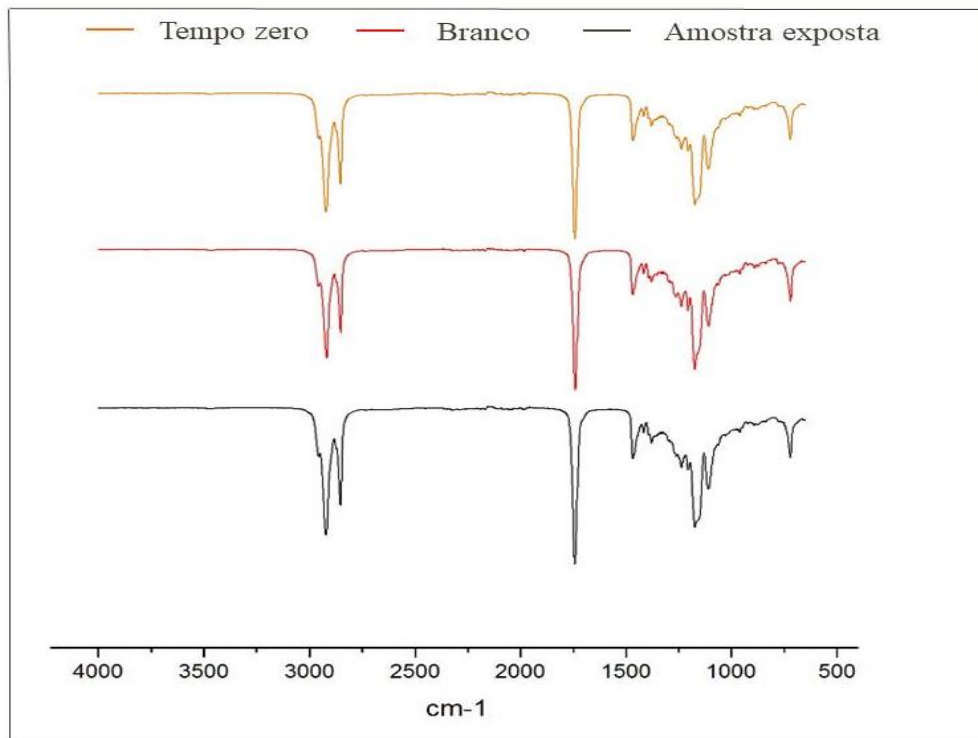
Legenda: 1- Pentano; 2 – ácido caprílico; 3- ácido capríco; 4- ácido láurico; 5-ácido mirístico; 6- ácido palmítico; 7 – ácido esteárico; 8- ácido oleico; 9 – ácido linoleico.

Fonte: Próprio Autor

As Figuras 25 e 26 mostram os infravermelhos da manteiga de tucumã, das amostras submetidas ao estresse de fotodegradação e do branco, onde se pode observar que não houve diferença nas bandas apresentadas.

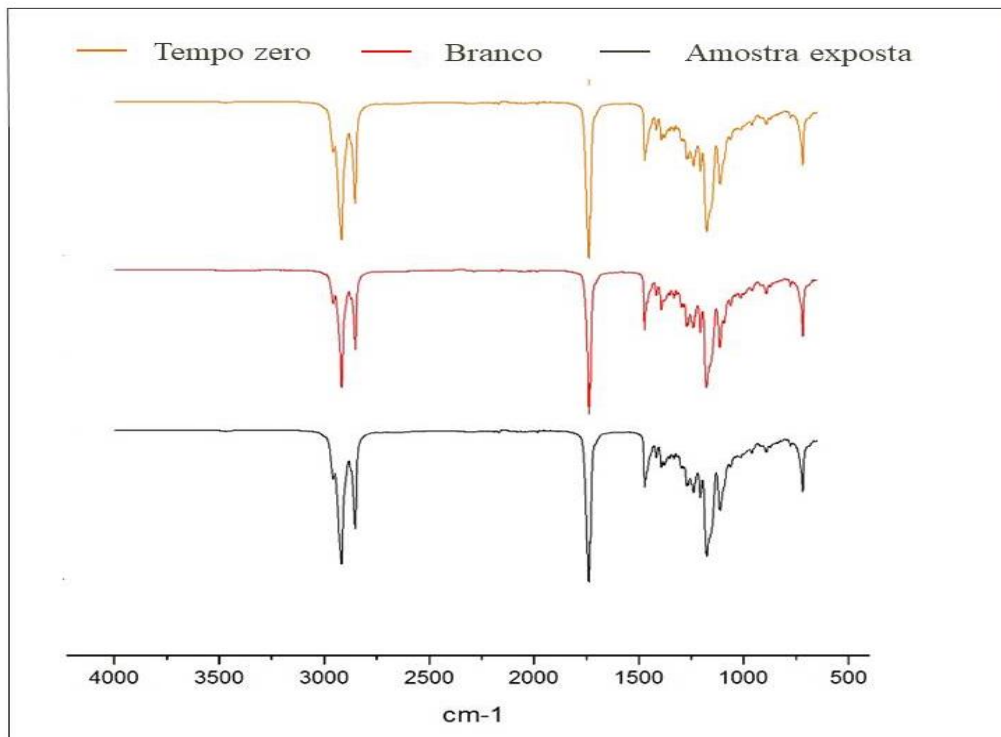
As análises por espectroscopia obtida da manteiga de tucumã no tempo zero, branco e após o teste de fotoestabilidade, demonstraram que não houve diferença entre as bandas apresentadas, apresentando apenas as características referentes às moléculas de triglicerídeos que compõem os ácidos graxos, conforme foi descrito no item 5.4.

Figura 25 - Infravermelho da manteiga de tucumã, branco e amostra fotodegradada, lote 1



Fonte: Próprio Autor

Figura 26 - Infravermelho da manteiga de tucumã, branco e amostra fotodegradada, lote 2



Fonte: Próprio Autor

A manteiga de tucumã por apresentar um teor de carotenoides de 280 ppm, foi capaz de conservar o teor de ácidos graxos na amostra mesmo após o estresse de fotodegradação.

O processo de foto-oxidação de óleos ocorre pela interação da clorofila no seu estado tripleto com moléculas vizinhas ou por combinação com o oxigênio molecular, produzindo oxigênio singleto, que ataca as ligações duplas dos compostos. Os carotenoides contribuem para evitar a foto-oxidação dos óleos, capturando a energia em excesso da clorofila e dispersando todo o O₂ que existir no sistema, diminuindo a possibilidade de fotodegradação do óleo. Desta forma, os óleos possuem substâncias naturalmente auto-oxidantes e anti-oxidantes e a estabilidade dos mesmos depende da quantidade de cada uma dessas substâncias (PEREIRA, 2008).

Apesar do teor de ácidos graxos ter se mantido sem muita variação após o processo de fotoestabilidade, pode-se observar mudança de coloração entre o branco e as amostras submetidas ao estresse, de amarelo claro para branco leite, respectivamente. Sugere-se que a perda da coloração possa ter ocorrido pela oxidação de carotenoides, tendo em vista que são eles que proporcionam a coloração amarelada a frutas, hortaliças.

Os carotenoides podem sofrer oxidação na presença de luz, calor e composto pró-oxidantes, em função da sua estrutura insaturada e conjugada, os produtos da sua degradação são muito complexos, resultando em formação de isômeros cis, epóxidos, diminuição da cor, perda da atividade pró-vitamina A e quebra da cadeia com formação de apocarotenoides (carotenoides com menos de 40 átomos de carbono). Uma autoxidação intensa irá resultar na quebra dos pigmentos e descoloração (MORAIS, 2006).

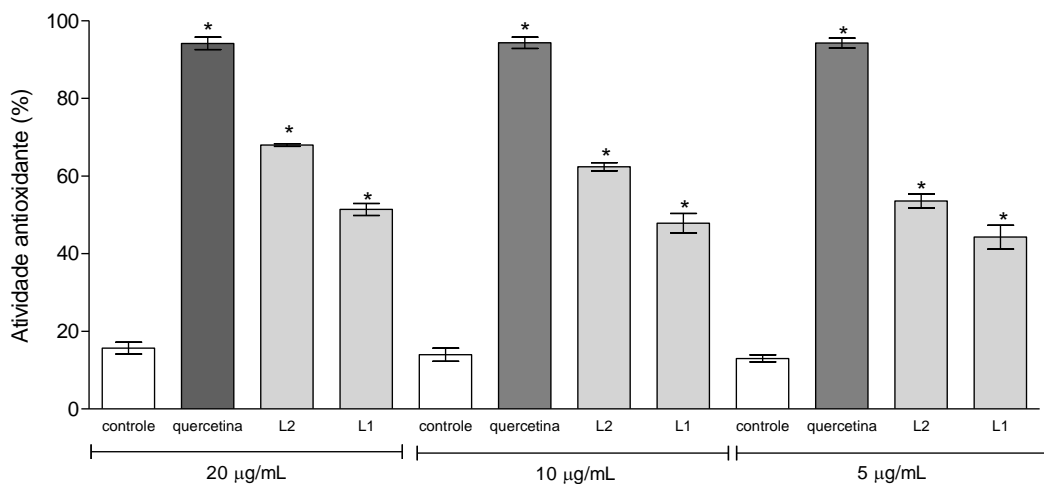
5.7 Atividade Antioxidante Celular

O CAA é um método mais biologicamente relevante do que os ensaios populares de atividade antioxidante da química porque é responsável por alguns aspectos da absorção, metabolismo e localização de compostos antioxidantes dentro das células. A diminuição da fluorescência celular quando comparada às células de controle, que neste caso foi a Quercetina, indica a capacidade antioxidante dos compostos.

O método mede a capacidade dos compostos para evitar a formação de diclorofluoresceína por radicais de peróxido gerados com AAPH em células hepatocarcinoma HepG2 humanas. A diminuição da fluorescência celular quando comparada às células de controle indica a capacidade antioxidante dos compostos.

A atividade antioxidante da manteiga de tucumã foi avaliada utilizando o teste de CAA e os resultados podem ser observados no Gráfico 1. Dentre os resultados observados podemos concluir que a concentração de 20µg da manteiga de tucumã apresentou resultado significativo com mais de 50% de atividade, sugere-se que a queda no percentual de atividade antioxidante do Lote1 em relação ao Lote2 seja devido ao tempo de armazenamento da amostra, que foi extraída um ano antes da realização do teste de CAA.

Gráfico 1 - Atividade antioxidante da manteiga de tucumã (Lote 2 e Lote 1) em células MRC-5 de fibroblasto humano.



Cada barra corresponde à média \pm E.P.M de três experimentos independentes. Quercetina foi utilizada como controle positivo. * $p < 0,05$ quando comparado com o grupo controle negativo por ANOVA (análise da variância) seguido por teste de Turkey.

Fonte: Próprio Autor

Garcia (2012) realizou ensaios de atividade antioxidante na polpa e casca do tucumã pelo método DPPH e comparando os valores de IC50 encontrados para os extratos do tucumã (casca = 8,98 µg/ml e polpa = 11,24 µg/ml) pelo método DPPH, pode-se afirmar que eles apresentam um potencial antioxidante duas vezes maior que o extrato aquoso de acerola, dez vezes maior que o extrato aquoso de caju, quatro vezes maior que extrato etanólico da casca de araticum (*Annona crassiflora*) e dez vezes maior que o chá verde (*Camelia sinensis*). O extrato da casca de tucumã apresentou valores semelhantes aos encontrados no extrato etanólico de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) (IC50 = 9,44 µg/ml) e no extrato de semente de uva desengordurada (IC50 = 8,08 µg/ml) (ROESLER *et al.*, 2007; ROTAVA *et al.*, 2009).

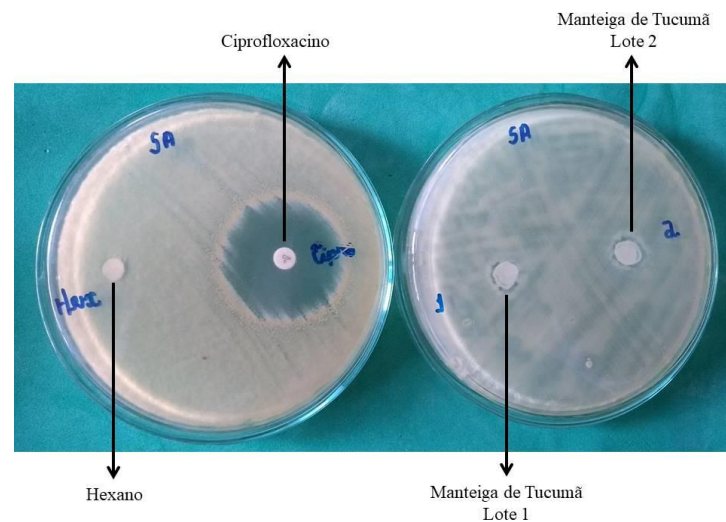
A atividade antioxidante do tucumã deve estar relacionada ao teor de carotenoides, pois segundo BARREIROS *et al.* (2006) e SILVA *et al.* (2010) os carotenoides apresentam grande capacidade de redução de radicais peroxidados, tendo como mecanismo pelo qual isso ocorre a adição desses radicais peróxidos a uma das duplas ligações 5-6, 5'-6' ou 15-15' da cadeia de um caroteno, o que provoca a formação de um composto altamente estabilizado que dá origem a dois éteres cíclicos mais o radical alcóxido. Essa reação ocorre a baixas pressões de oxigênio, sendo que um dos principais carotenoides com o qual se relaciona esse efeito é o beta-caroteno.

5.8 Atividade Antimicrobiana

Os dois lotes de manteiga de tucumã foram testados em 16 microrganismos, seguindo a metodologia de disco difusão, para a avaliação do seu potencial antimicrobiano. Os resultados podem ser observados na tabela 9, e nas figuras 27 e 28. Observando-se que não houve uma atividade inibidora apenas para *Pseudomonas fluorescens* e *Yersinia enterocolitica*.

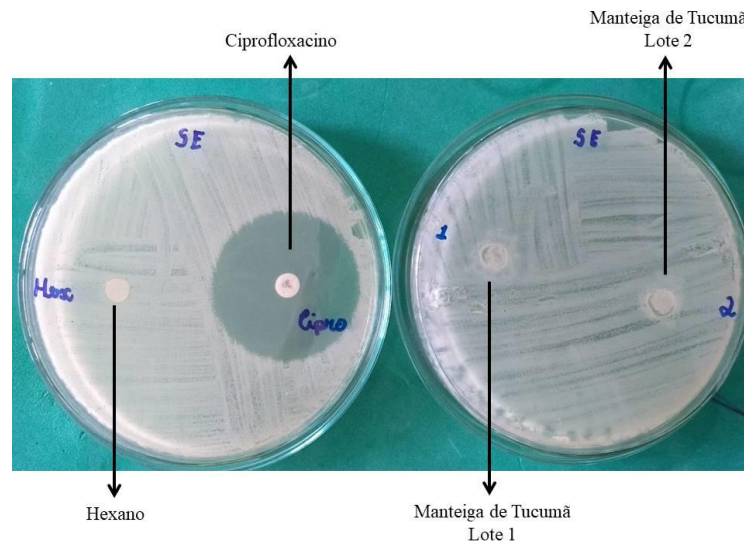
Tabela 9 - Atividade antimicrobiana da manteiga de Tucumã

Microrganismos	Tratamento	
	Média dos halos de inibição (mm)	
	Lote 1 (24 horas) / Desvio	Lote 2 (24 horas) / Desvio
	Padrão	Padrão
<i>Acinetobacter baumannii</i>	0,8 ± 0,11	0,8 ± 0,10
<i>Aeromonas hydrophila</i>	0,7 ± 0,10	0,7 ± 0,05
<i>Citobacter freundii</i>	0,8 ± 0,00	0,7 ± 0,05
<i>Edwardsiella tarda</i>	0,5 ± 0,07	0,6 ± 0,11
<i>Escherichia coli</i>	0,6 ± 0,14	0,5 ± 0,00
<i>Klebsiela pneumoniae</i>	0,5 ± 0,00	0,5 ± 0,05
<i>Morganella morganii</i>	0,7 ± 0,00	0,8 ± 0,07
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0,7 ± 0,11	0,7 ± 0,11
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	--	--
<i>Salmonella enterica</i>	0,8 ± 0,14	0,8 ± 0,35
<i>Serratia marcescens</i>	0,5 ± 0,07	0,8 ± 0,28
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,7 ± 0,15	0,8 ± 0,11
<i>Yersinia enterocolitica</i>	--	--
<i>Enterococcus faecalis</i>	0,6 ± 0,05	0,6 ± 0,05
<i>Candida parapsilosis</i>	0,7 ± 0,10	0,6 ± 0,11

Figura 27 - Atividade antimicrobiana de *Staphylococcus aureus* na manteiga de Tucumã

Fonte: Próprio Autor

Figura 28 - Atividade antimicrobiana de *Salmonella enterica* na manteiga de Tucumã



Fonte: Próprio Autor

A potencial atividade antibacteriana da manteiga de tucumã, está provavelmente ligada a sua composição rica em ácido láurico, pois segundo Dayrit (2015) o ácido láurico tem demonstrado importantes propriedades antimicrobianas e contra vários vírus e fungos, tendo três mecanismos principais: Destruição da membrana celular de bactérias gram-positivas e vírus revestidos com lipídios por processos físico-químicos; Interferências com processos celulares, como transdução de sinal e transcrição e Estabilização de membranas celulares humanas. A disponibilidade desses mecanismos múltiplos pode ser uma das razões pelas quais as bactérias não conseguiram evoluir a resistência contra a ação desse composto.

Estudos sobre a atividade antimicrobiana de ácidos graxos identificaram o ácido láurico como o mais ativo entre os ácidos graxos saturados e o mais ativo contra bactérias Gram-positivas (KABARA, 1972).

Jobim e colaboradores (2014), avaliou a atividade antimicrobiana de extrato etanólico da casca e polpa da espécie *Astrocaryum aculeatum*, frente a 37 microrganismos. Os resultados demonstram atividade antibacteriana significativa contra três importantes bactérias Gram-positivas (*Enterococcus faecalis*; *Bacillus cereus* e *Listeria monocytogenes*) e atividade antifúngica contra *Candida albicans*. Estes dados corroboram com os resultados apresentado no presente estudo, onde a manteiga de tucumã apresentou atividade antimicrobiana para *E. faecalis* e *Candida parapsilosis*.

Segundo Ferronato e colaboradores (2007) para se conhecer o modo de ação dos óleos seria necessário examinar separadamente cada componente do óleo, e sua combinação para averiguar se eles têm ação bactericida sozinhos ou sincronizados.

6 CONCLUSÃO

- A técnica empregada no processo de extração da manteiga de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*), não alterou suas características físico-químicas, principalmente mantendo um baixo índice de acidez, indicando que a amostra não sofreu processos de degradação.
- A manteiga extraída da amêndoa do fruto de tucumã (*A. aculeatum*) apresentou média de 90% de ácidos graxos saturados e 7% de insaturados. O ácido láurico mostrou-se majoritário na manteiga de tucumã, representando valor médio de 55,8%, dentre os ácidos graxos insaturados o ácido oléico foi o que apresentou maior média, com 7,15% da composição total.
- A manteiga de tucumã (*A. aculeatum*) apresentou-se termicamente estável até 259,17°C e pico de fusão em 31,03 °C.
- Os valores de carotenoides encontrados na manteiga da amêndoa de tucumã (*A. aculeatum*) foi de 280,163ppm \pm 7,95 para ambas as amostras.
- O espectro de infravermelho confirma a presença dos compostos básicos presente nos triacilgliceróis como a função éster e alcanos.
- Após o teste de fotodegradação, os lotes apresentaram perda menor que 10% no teor de ácidos graxos e não apresentaram mudança no espectro de infravermelho, sugerindo que a manteiga de tucumã (*A. aculeatum*) é fotoestável.
- A concentração de 20µg da manteiga de tucumã apresentou resultado com mais de 50% de atividade antioxidante.
- Os dois lotes de manteiga de tucumã apresentaram atividade antibacteriana para *Acinetobacter baumannii*; *Aeromonas hydrophila*; *Citobacter freundii*; *Edwardsiella tarda*; *Escherichia coli*; *Klebsiella pneumoniae*; *Morganella morganii*; *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella enterica*, *Serratia marcescens*; *Staphylococcus aureus*; *Enterococcus faecalis* e *Candida parapsilosis*.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. C. T. et al. Potencial Antimicrobiano Do Óleo De Coco No Tratamento De Feridas. *Revista da Rede de Enfermagem do Nordeste*, v. 13, n. 4, p. 880–887, 2012.
- ALVES, L.D.S. et al. Desenvolvimento de método analítico para quantificação do Efavirenz por espectrofotometria no UV-Vis. *Quím Nova (Online)*. v. 33, p. 1967-1972, 2010.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento técnico para óleos vegetais, gorduras vegetais e creme vegetal. RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005.
- ARAÚJO, A. A. S. Análise térmica e determinação dos parâmetros cinéticos de preparações farmacêuticas e novas especialidades de zidovudina. 2003. 241 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- BARBOSA, B. S. et al. Aproveitamento do Óleo das Amêndoas de Tucumã do Amazonas na Produção de Biodiesel. *Acta Amazonica*, v. 39, p. 371–376, 2009.
- BARBOSA, N. A. Caracterização de compostos bioativos em germoplasma de milho e aplicação em biopolímeros alimentícios. 2016. 161 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós - Graduação em Ciência dos Alimentos. Universidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais, 2016.
- BARNI, S. T. et al. Caracterização química e tecnológica das folhas, caules e planta inteira da *Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Br., Convolvulaceae, como matéria-prima farmacêutica. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 19(4): 865-870, Out./Dez. 2009.
- BARREIROS, A. L. B. S. et al. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. *Quim. Nova*, vol. 29, No. 1, 113-123, 2006.
- BARRY, A. L, THORNSBERRY, C. 1991. Susceptibility tests: Diffusion Test Procedures. In: Balows A, Hauser WJ, Hermann KL, Isenberg HD, Shamody HJ 1991. *Manual of clinical microbiology*. 5.ed. Washington, DC: American Society for Microbiology, p. 1117-1125.
- BASTOS, L. L. S. Germinação de sementes de *Oenocarpus* Mart.: Efeito do dessecamento em sementes de *Oenocarpus bacaba* Mart. e da temperatura em sementes de *Oenocarpus bataua* Mart. Dissertação (Mestrado) -INPA, Manaus, 2014.
- BEZERRA, V. S. Considerações sobre a palmeira Murumuruzeiro (*Astrocaryum murumuru* Mart.). Comunicado Técnico 130. Embrapa. Macapá – AP, 2012.
- BEZERRA, V.S. Aspectos do estado da arte, da produção e pesquisa com a palmeira murumuru (*Astrocaryum murumuru* Mart). In: Congresso brasileiro de plantas oleaginosas, óleos, gorduras e biodiesel, 5.; CLÍNICA TECNOLÓGICA EM BIODIESEL, 2. 2008, Lavras. Biodiesel: tecnologia limpa: anais completos. Lavras: UFLA, 2008. 1, CD-ROM.

- BIGON, J. P. Óleos vegetais como novos coestabilizadores para reações de polimerização em miniemulsão. 2015. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.
- BORA, P. S. et al. Caracterización de las fracciones proteicas y lípidicas de pulpa y semillas de tucuma (*Astrocaryum Vulgare Mart.*). *Cienc. Tecnol. Aliment.* Vol. 3, No. 2, pp. 111-116, 2001.
- BRASIL. Farmacopeia Brasileira. 5ª Ed, v. 2 / Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Anvisa, 2010. 546p.
- BRASIL. Resolução RDC nº01 de 29 de julho de 2005. Aprova o "Guia para a realização de estudos de estabilidade". Órgão emissor: ANVISA- Agência Nacional de Vigilância Sanitária.
- CALLEGARI, F. C.; CREN, E. C.; ANDRADE, M. H. C. Perspectivas da utilização dos óleos da macaúba (*Acrocomia aculeata (jacq.) Lodd. ex mart*) no desenvolvimento de cosméticos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química. XX. 2014. Florianópolis. 2014.
- CARAMENGA, H.K.; EPPLE, M. Basic principle of thermoanalytical techniques and their applications in preparative chemistry. *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, Weinheim, v.34, n.11, p.1171-1187, 1995.
- CASTELLÓ, M. L. Estudo da glicerina por Análises Térmicas. 2009. Dissertação (Mestrado em Tecnologias de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
- CASTRO, A. C. S. Determinação do perfil térmico da manteiga de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). 2014. 41 f. Trabalho de conclusão de curso (Farmácia) - Universidade Federal do Amazonas, Itacoatiara, 2014.
- CASTRO, A. G. Estudo da influência da curcumina na estabilidade oxidativa de biodiesel e óleos vegetais. 2013. 133 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.
- CLEMENT, C. R. et al. Domesticação e melhoramento de pupunha. In: BORÉM, A.; LOPES, M.T.G.; CLEMENT, C.R. Domesticação e melhoramento: Espécies amazônicas. Viçosa. Editora UFV, 2009, 486p.
- CLEMENT, C. R. et al. O potencial das palmeiras no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. *Agrociências*, Montevideo, v. 9, n. 1-2, p. 67-71, 2005.
- CLEMENT, C. R. Pupunha. In: CLAY, J. W.; SAMPAIO, P. T. B.; CLEMENT, C.R. Biodiversidade Amazônica. INPA, Manaus, p. 82-99, 2000.
- CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE. Normas de Desempenho para Testes de Sensibilidade Antimicrobiana: 15o Suplemento Informativo M100-S15, v. 25, n. 1, 2005.

- CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE. Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests: Approved Standard - twelfth edition MO2-A12, v 35, n 1, 2015.
- CORTEZ, Á. V. Monitoramento da estabilidade oxidativa do óleo de tucumã em diferentes condições de armazenamento. 2013. 47 f. Trabalho de conclusão de curso (Química Industrial) - Universidade Federal do Amazonas, Itacoatiara, 2013.
- COSTA, B. E. T. et al. Comparative study on the quality of oil extracted from two tucumã varieties using supercritical carbon dioxide. *Food Science and Technology*, v. 36, p. 322-328, 2016.
- COSTA, C. L. et al. Caracterização físico-química de óleos fixos artesanais do coco babaçu (*Orbignya phalerata*) de regiões ecológicas do estado do Maranhão, Brasil. *Pesquisa em Foco*, v. 20, n. 1, p. 27–38, 2015.
- COSTA, G. R. et al. Análise dos parâmetros de identidades de óleos vegetais em processos de frituras descontínua após adição de antioxidantes. *R. Interd.* v.6, n.2, p.48-53, abr.mai.jun. 2013.
- COSTA, K. M. B. Desacidificação de frações destiladas de produto líquido orgânico do craqueamento termo-catalítico de óleos vegetais via adsorção em γ -alumina e lama vermelha ativada. 2015. 186 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2015.
- CUNHA, D. A. S. et al. Aplicações de espectroscopia no infravermelho por transformada de fourier (FTIR) para caracterização de complexos. *Revista eletrônica Anais do Encontro de Iniciação Científica*. 2015.
- DAYRIT, F. M. The Properties of Lauric Acid and Their Significance in Coconut Oil. *J Am Oil Chem Soc.* v. 92:1–15. 2015.
- DIDONET, A. A. O mercado de um produto florestal não madeireiro e o resíduo sólido gerado pela sua comercialização: o caso do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey.) nas feiras de Manaus. 2012. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais), Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, 2012.
- EMBRAPA, Processamento mínimo de frutas e hortaliças: tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem / coordenador, Sergio Agostinho Cenci. — Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2011.
- FERNANDES, E. R. Conservação da polpa de bacaba (*Oenocarpus bacaba*) por tecnologia de obstáculos. 2015. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Programa de pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Tocantins, Palmas –TO, 2015.
- FERRARI, A. S. Avaliação de fitoquímicos e das atividades antioxidante celular e antiproliferativa do suco de Grumixama (*Eugenia brasiliensis*) e do suco de Cambuci (*Campomanesia phaea*). 2014. 97 f. Dissertação (Mestrado Biociências Aplicadas à Saúde). Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, Minas Gerais, 2014.

- FERRAZ, L. R. M. Desenvolvimento e avaliação da liberação *in vitro* de drug delivery system pH-dependente à base de benzimidazol e ZIF-8 visando a obtenção de uma terapia alternativa para a doença de Chagas. 2017. 183 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Programa de Pós – Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.
- FERREIRA JÚNIOR, R. S. Estudo da transformação de fase do cristal de L- isoleucina. HCl. H₂O. 2016. 69 f. Dissertação (Ciências dos Materiais). Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais. Universidade Federal do Maranhão. Imperatriz, 2016.
- FERREIRA, M. G. R; MEDEIROS, M. S. Bacaca (*Oenocarpus bacaba* Mart.). EMBRAPA, Porto Velho, 2005. (Informação técnica). Disponível em:<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/24783/1/folder-bacaca.pdf>> Acesso em 14 de novembro de 2017.
- FERRONATO, R. et al. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais produzidos por *Baccharis dracunculifolia* D.C. e *Baccharis uncinella* D.C. (Asteraceae). Brazilian Journal of Pharmacognosy. V. 17(2): 224-230, Abr./Jun. 2007.
- FOOD INGREDIENTS BRASIL. Os tipos e os efeitos da rancidez oxidativa em alimentos. Food Ingredients Brasil. Nº 29, 2014.
- FRANGE, R. C. C.; GARCIA, M. T. J. Desenvolvimento de emulsões óleo de oliva/água: avaliação da estabilidade física. Revista de Ciências Farmacêuticas Básica Aplicada, v. 30(3):263-271, 2009.
- FREITAS NETO, J. L. et al. Caracterização físico-química do potencial agente antineoplásico β-lapachona. Revista de Ciencias Farmaceuticas Basica e Aplicada, v. 33, n. 4, p. 545–553, 2012.
- GAMBARRA NETO, F. F. Classificação de óleos vegetais utilizando voltametria de onda quadrada e métodos quimioterápicos. 2008. 117 f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.
- GARCIA, L. F. G. Caracterização, avaliação antioxidante e citotóxica da polpa e da casca detucumã (*Astrocaryum aculeatum*). 2012. 91 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, Minas Gerais. 2012.
- GIOLITO, I. Desenvolvimento, classificação e aplicações dos métodos termoanalíticos. Rev. Quím. Ind., Rio de Janeiro, n.663, p.12-20,1988.
- HANTAO, L. W. et al., Fases estacionárias de líquidos iônicos em cromatografia gasosa: fundamentos, avanços recentes e perspectivas. Quím. Nova, Vol. 39, No. 1, 81-93, 2016.
- HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl ester from lipids.Londres. Lab. Pract., v.22, p. 475-476, 1973.

- HENDERSON, A. The palms of the Amazon. New York: Oxford University Press. 362p. 1995.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Óleos E Gorduras. Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos, p. 589–625, 2008. 4ª ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1ª Versão digital.
- IONASHIRO, M. G. Fundamentos da Termogravimetria, Análise Térmica Diferencial e Calorimetria Exploratória Diferencial. São Paulo: Giz Editorial, 2004, 98 pg.
- JAVIDNIA et al. Discrimination of edible oils and fats by combination of multivariate pattern recognition and FT-IR spectroscopy: A comparative study between diferente modeling methods Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 2013.
- JOBIM, M. L. et al. Antimicrobial activity of Amazon *Astrocaryum aculeatum* extracts and its association to oxidative metabolism. Microbiological Research, v. 169, n. 4, p. 314–323, 2014.
- JORGE, L.; LUZIA, D. M. M. Caracterização do óleo das sementes de *Pachira aquatica* Aublet para aproveitamento alimentar. Acta Amazonica, v. 42, p. 149 - 156, 2012.
- JOSÉ, A. C. et al. Germinação e tolerância à dessecação de sementes de bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.). Revista Brasileira de Sementes, 34: p. 651 –657, 2012.
- KABARA, J. J. et al. Fatty acids and derivatives as antimicrobial agents. Antimicrobial agents and Chemotherapy, v.2, n. 1, 1972.
- LEONARDI, G. R. Cosmetologia Aplicada. São Paulo: Medfarma Editora e Livraria, 2004.
- LEITÃO, A. M. Caracterização morfológica e físico-química de frutos e sementes de *Astrocaryum aculeatum* Meyer (Arecaceae), de uma floresta secundária. 2008. 91 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia /Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.
- LIMA, C. A. Caracterização bioquímica de lesões neoplásicas via espectroscopia de absorção no infravermelho por transformada de fourier. 2015. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo, 2015.
- LIMA, C. R. R. C. Identificação de ácidos graxos presentes no óleo de Castanha do Brasil em emulsões cosméticas. 2009. 127 f. Dissertação (Mestrado em Fármaco e Medicamento). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.
- LOPES, W. A.; FASCIO, M. Esquema para interpretação de espectros de substâncias orgânicas na região do infravermelho. Química Nova, v. 27, n. 4, p. 670-673, 2004.
- MATOS, J.R.; MACHADO, L.D.B. Análise térmica – termogravimetria. In: CANEVAROLO JUNIOR., S.V., (Ed.). Técnicas de caracterização de polímeros. São Paulo: Artliber, 2004. p.209-228.

- MATOS, P. R. R. Utilização de óleos vegetais como bases lubrificantes. 2011. 125 f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade de Brasília, Brasília, 2011.
- MELHORANÇA FILHO, A. L.; PEREIRA, M. R. R. Atividade antimicrobiana de óleos extraídos de açaí e de pupunha sobre o desenvolvimento de *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*. Biosci. J., v. 28, p. 598-603, 2012.
- MELO, M. A. M. F. Avaliação das Propriedades de Óleos Vegetais visando a Produção de Biodiesel. 2010. 114 f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.
- MERCÊ, A. L. R. et al. Fe (III) - Galactomannan Solid and Aqueous Complexes. Potentiometric, EPR. Spectroscopy and Thermal, p. 791–798. 2001.
- MERÇON, F. O que é uma Gordura Trans?. Química Nova Na Escola, v. 32, n. 2, p. 78–83, 2010.
- MEYER, J. M. Teor e composição de ácidos graxos de óleos de frutos de plameiras nativas. 2013. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo. 2013.
- MONTÚFAR, R. et al. *Oenocarpus bataua* Mart. (Arecaceae): Rediscovering a source of high oleic vegetable oil from Amazonia. J. Am. Oil Chem. Soc., 87: 167-172, 2010.
- MORAIS, F. L. Carotenóides: Características Biológicas e Químicas. 2006. 70 f. Monografia (Curso de Qualidade em Alimentos). Centro de Excelência em Turismo. Universidade de Brasília. Brasília, 2006.
- MORAIS, L. R. B. Química de oleaginosas : valorização da biodiversidade amazônica. Tradução: Ekkhard Gutjahr. Câmara Brasileira do Livro. Belém - PA. 2012.
- MORETTO, E.; FETT, R. Tecnologia de Óleos e Gorduras Vegetais. São Paulo: Varela. 150p. 1998.
- MOTHÉ, C. G.; AZEVEDO, A. D. Análise térmica de materiais. São Paulo: Artliber, 2009.
- MOURA, M. C. D. O. Caracterização do perfil em ácidos graxos do óleo de palmeiras encontradas no estado de Roraima. 2013. 132 f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2013.
- NICOLAU, A. Polímeros Obtidos a partir do ácido oleico : Obtenção e caracterização físico-química no estado sólido e em solução . 2009. 130 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- OLIVEIRA, C. F. et al. Caracterização Físico-química da Amêndoa de Tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.). In: Encontro Nacional sobre metodologias de laboratório, 13.

Belém - PA, 2008. Disponível em:
<<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27826/1/Resumo-Nadia-1.pdf>>

- OLIVEIRA, J. A. DE. Grau de saponificação de óleos vegetais na flotação seletiva de apatita de minério carbonatítico. 2005. 187 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral). Universidade Federal de Ouro Preto - Escola de Minas, Ouro Preto, 2005.
- OLIVEIRA, M. A. Análise térmica aplicada a fármacos e formulações farmacêuticas na indústria Farmacêutica. *Quim. Nova*, Vol. 34, No. 7, 1224-1230, 2011.
- OSTROSKY, E. A. et al. Métodos para avaliação da atividade antimicrobiana e determinação da concentração mínima inibitória (CMI) de plantas medicinais. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* 18(2): 301-307, Abr./Jun. 2008.
- PARCERIAS ESTRATÉGICAS. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. v. 19, n. 38, 2014. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, v. 19, n.38, 2014.
- PARDAUII, J. J. R. et al. Characterization, thermal properties and phase transition of amazonian vegetable oils. *J Therm Anal Calorim.* v.127:1221–1229, 2017.
- PASQUALIM, P. Estudo da microencapsulação de ácido salicílico com aplicação dermocosmética. 2015. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- PEREIRA, J. G. et al. Termogravimetria: um novo enfoque para a clássica determinação de cálcio em cascas de ovos. *Química Nova*, v.32, n. 6, p. 1661-1666, 2009.
- PEREIRA, S. A. et al. Prospecção sobre o conhecimento de espécies amazônicas - inajá (*Maximiliana maripa* Aublt.) e bacaba (*Oenocarpus bacaba* Mart.). *Revista GEINTEC*, Vol. 3.n. 2, p.110-122, 2013.
- PERES, T. B. Noções básicas de cromatografia. *Biológico*, São Paulo, v.64, n.2, p.227-229, jul./dez., 2002.
- PERISSINATO, A. G. Formulações sólidas de lactase: estudos de estabilidade acelerada, liberação e sua quantificação por espectroscopia no infravermelho. 2016. 79 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas. Universidade Federal de Alfenas. Minas Gerais, 2016.
- PESCE, C. Oleaginosas da Amazônia. 2 ed., ver. e atual./Celestino Pesce: Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural. 2009. 47-66p.
- PESSANHA, A. F. V. Desenvolvimento de formas farmacêuticas semi-sólidas á base de óleo de linhaça(*Linum usitatissimum* L .) com ação cicatrizante para tratamento e prevenção de úlceras de pressão. 2011. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.
- PIMENTEL, V. P. et al. Biodiversidade brasileira como fonte da inovação farmacêutica: uma nova esperança?.*Revista do BNDES*, n. 43, p. 41–89, 2015.

- PINTO, B. V. Estudo do comportamento térmico dos antidepressivos citalopram e escitalopram. Monografia (Química). Instituto de Química. Universidade. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2017.
- PINTO, T. J. A. et al. Controle Biológico de Qualidade de Produtos Farmacêuticos, Correlatos e Cosméticos. 2.ed. São Paulo: Atheneu Editora, 325 p. 2003.
- PONTES, A. C. A. A. Nanocápsulas de PLGA e gordura de murumuru contendo β -lapachona: preparação, caracterização e atividade citotóxica. 2016. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências da Saúde, Belém, 2016. Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas. 2016.
- PRASANTH KUMAR, P. K.; GOPALA KRISHNA, A. G. Physicochemical characteristics of commercial coconut oils produced in India. *Grasas Y Aceites*, v. 66, n. March, p. 1–11, 2015.
- QUEIROZ, J. A. L. de et al. Estrutura e dinâmica de floresta de várzea no estuário amazônico no estado do Amapá. *Floresta*, Curitiba, PR, v. 37, n. 3, set./dez. 2007.
- RADICE, M. et al. Chemical characterization and antioxidant activity of Amazonian (Ecuador) *Caryodendron orinocense* Karst. and *Bactris gasipaes* Kunth seed oils. *J. Oleo Sci.* 63, (12), p. 1243-1250, 2014.
- REBELLO, T. Guia de Produtos Cosméticos. 6a ed. São Paulo: Editora Senac, São Paulo, 2005.
- REDA, S. Y.; CARNEIRO, P. I. B. Óleos e Gorduras: Aplicações e Implicações. *Revista Analytica*, v. 27, p. 60–67, 2007.
- REIS, V. F. Recuperação de argilas clarificantes utilizadas no branqueamento de óleo vegetal. 2014. 36 f. Trabalho de conclusão de curso (Tecnologia de Alimento). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.
- RODRIGUES, A. M. C.; DARNET, S.; SILVA, L. H. M. Fatty acid profiles and tocopherol contents of buriti (*mauritia flexuosa*), patawa (*oenocarpus bataua*), tucuma (*astrocaryum vulgare*), mari (*poraqueiba paraensis*) and Inaja (*Maximiliana Maripa*) fruits. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 21, n. 10, p. 2000–2004, 2010.
- ROESLER, R. et al. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 27(1): 53-60, jan.-mar. 2007.
- ROTAVA, R. et al. Antibacterial, antioxidant and tanning activity of grape by-product. *te e tanante de subprodutos da uva*. *Ciência Rural*, v.39, n.3, mai-jun, 2009.
- SABINO, E. B. Desenvolvimento de sistema de vetorização a base de novo derivado tiofênico. 2011. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas – Universidade Federal do Piauí. Teresina, 2011.

- SANTOS, B. W. C. Análises biométricas de características bromatológicas de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) de maior teor de óleo provenientes de mercados de Porto Velho – Rondônia. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos) – Universidade Federal do Amazonas, Itacoatiara, 2014.
- SANTOS, M. F. G. et al. Amazonian Native Palm Fruits as Sources of Antioxidant Bioactive Compounds. *Antioxidants*, v. 4, n. 3, p. 591–602, 2015.
- SANTOS, M. J. T. Aproveitamento de resíduos da indústria de óleos vegetais produzidos na Amazônia. 2014. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia em Amilentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia em Amilentos, Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.
- SANTOS, M. F. G. Minor components in oils obtained from Amazonian palm fruits. *Grasas y Aceites*, v. 64 (5), p. 531-536, 2013.
- SANTOS, A. M. F. G.; ALVES, R. E.; ROCA, M. Carotenoid composition in oils obtained from palm fruits from the Brazilian Amazon. *Grasas y aceites*, v. 66, n. September, 2015.
- SARAIVA, S. A. Caracterização de Matérias-Primas e Produtos Derivados de Origem Graxa por Espectrometria de Massas. 2008. 76 f. Dissertação (Mestrado em Química) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- SENA, L. W. P. Obtenção e caracterização de carreadores lipídicos nanoestruturados a partir de gordura vegetal de Murumuru (*Astrocaryum murumuru* Mart.). 2016. 116 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Belém, 2016.
- SHAI, Y. ATR-FTIR studies in pore forming and membrane induced fusion peptides. *Biochimica et Biophysica Acta*, v.4c, p. 1-8. 2010.
- SILVA, E. C.; PAOLA, M. R. V.; MATOS, J. R. Análise térmica aplicada à cosmetologia. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, v. 43, n. 3, jul/set 2007.
- SILVA, J. P. P. et al. Caracterização física e química de lipídios estruturados obtidos a partir da interesterificação química da mistura de Murumuru e óleo de buriti. Em XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química (COBEQ), Florianópolis, Brasil, 2014.
- SILVA, K. E. R. et al. Modelos de Avaliação da Estabilidade de Fármacos e Medicamentos para a Indústria Farmacêutica. *Rev Cienc Farm Básica Apl*, 30(2):129-35. 2009.
- SILVA, L. E. O. Limites e potencialidades do tucumã como fonte de energia para regiões isoladas da Amazônia. 2012. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas) – Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

- SILVA, M. L. C. et al. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 31, n. 3, p. 669-682, jul./set. 2010.
- SILVEIRA, L. M. S. Metodologias de atividade antimicrobiana aplicadas a extratos de plantas: comparação entre duas técnicas de ágar difusão. *Rev. Bras. Farm.*, 90(2): 124-128, 2009 *Rev. Bras. Farm.*, 90(2), 2009.
- SILVERSTEIN, R.M.; BASSLER, G.C.; MORRILL, T.C. Identificação espectrométrica de compostos orgânicos. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 460pp, 2000.
- SINCH, T. C. Avaliação dos parâmetros físico-químicos e estabilidade de compostos bioativos em óleos de polpa e amêndoa de frutos amazônicos. 2015. 160 f. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. São José do Rio Preto, 2015.
- SINGH, T. C. Avaliação dos parâmetros físico-químicos e estabilidade de compostos bioativos em óleos de polpa e amêndoa de frutos amazônicos. 2015. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência dos Alimentos) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, 2015.
- SKOOG, D. A. et al. *Principles of Instrumental Analysis*, 4a ed., Saunders: New York, 2002, p. 571.
- SMITH, B. *Infrared Spectral Interpretation: A Systematic Approach*. New York: CRC Press. 200pp, 1999.
- SOLOMONS, T. W.G.; FRYHLE, C. B. *Química Orgânica*. v. 2. 9^a ed. LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., Rio de Janeiro, 2009.
- STORPIRTIS, S. et al. *Ciências Farmacêuticas - Biofarmacotécnica*. Estado: Guanabara Koogan, 2011. 321 p.
- TANAJURA, A. S. et al. Prospecção tecnológica sobre métodos para determinação da oxidação de óleos e biocombustíveis com ênfase em métodos óticos. *Cadernos de Prospecção*, v. 5, n. 3, p. 141–151, 30 set. 2012.
- THODE FILHO, S. et al. Deterioração de óleos vegetais expostos a diferentes condições de armazenamento. *REGET - Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 18, n. 2004, p. 7–13, 2014.
- TOMASSETTI, M. et al. TG and NMR analysis of commercial plant oil seeds. *Thermochim. Acta*, v. 190, p. 131-141, 1991.
- VASCONCELOS, B. E. C. Avaliação das características físicas, químicas e nutricionais dos óleos do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* e *Astrocaryum vulgare*) obtidos com CO₂ pressurizado. 2010. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.

- VECCHIO, S. et al. Thermal decomposition study of monovarietal extra virgin olive oil by simultaneous Thermogravimetry/ Differential Scanning Calorimetry: relation with chemical composition. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 57: 4793-4800, 2009.
- VIANNI, R.; BRAZ-FILHO, R. Ácidos gaxos naturais: Importância e ocorrência em alimentos. *Química Nova*, v. 19, p. 400-407,1996.
- WOLFE, K. L; LIU, R. H. Cellular antioxidant activity (CAA) assay for assessing antioxidants, foods, and dietary supplements. *Journal Agricultural Food Chemyshy*. 2007.
- YUYAMA, K. et al. Assessment and Physico-Chemical Characterization of Fruits from Different Tucuma Palm Tree Accesses for Keeping Their Preservation in Central Amazonia. *Journal of Agricultural Science*, v. 8, n. 3, p. 88, 2016.
- ZIELIŃSKA, A.; NOWAK, I. Fatty acids in vegetable oils and their importance in cosmetic industry. *Chemik*, v. 68, n. 2, p. 103–110, 2014.

Artigo 1 - Revisão sobre a morfoanatomia e as propriedades farmacológicas das espécies *Astrocaryum aculeatum* Meyer e *Astrocaryum vulgare* Mart.

Artigo submetido à revista electronica Scientia Amazonia

Uma revisão sobre a morfoanatomia e as propriedades farmacológicas das espécies *Astrocaryum aculeatum* Meyer e *Astrocaryum vulgare* Mart.

Stéfani Ferreira de Oliveira¹, José Pereira de Moura Neto², Keyla Emanuelle Ramos da Silva¹

¹Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas

²Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal do Amazonas

Resumo

As espécies *Astrocaryum aculeatum* Meyer e *Astrocaryum vulgare* Mart. são de grande importância econômica, ecológica e social para a região Norte, muitos estudos visam comprovar a eficácia dos subprodutos extraídos de todas as partes dos frutos dessas espécies. Portanto, o objetivo deste estudo foi compilar todas as informações destas espécies, relatando uma descrição morfológica e atividades farmacológicas. O levantamento bibliográfico revelou um espectro de atividades biológicas, dentre as quais estão as atividades anti-hiperglicemiante, citotóxica, lectínica, antimicrobiana, antioxidante e anti-inflamatória.

Palavras-Chave: anti-hiperglicemiante; antioxidante; anti-inflamatória.

Abstract

The species *Astrocaryum aculeatum* Meyer and *Astrocaryum vulgare* Mart. are of great economic, ecological and social importance for the North region, many studies aim to prove the efficacy of by-products extracted from all parts of the fruits of these species. Therefore, the objective of this study was to compile all the information of these species, reporting a morphological description and pharmacological activities. The bibliographic survey revealed a spectrum of biological activities, among which are the antihyperglycemic, cytotoxic, lectin, antimicrobial, antioxidant and anti-inflammatory activities.

Key-words: antihyperglycaemic; antioxidant; anti-inflammatory.

1. Introdução

A região Amazônica possui diversas espécies nativas com importante potencial econômico, como as oleaginosas, ricas em óleos e gorduras, que podem ser extraídos de suas sementes ou polpa, atraindo a atenção dos segmentos alimentício, farmacêutico e cosmético (SARAIVA, 2008; SANTOS *et al.*, 2015).

Dentre essas espécies destacam-se as *Astrocaryum aculeatum* Meyer, e *Astrocaryum vulgare* Mart. Ambas palmeiras pertencente à família Arecaceae, com ampla distribuição na América do Sul.

A espécie *A. vulgare*, também conhecida como tucumã comum, tucumã-do-Pará, “awarra” ou “ocherie” (Guiana Francesa), tucumã Pitanga, tucum bravo, encontra-se nas terras firmes (CALZAVARA, 1968). Possui distribuição geográfica ampla no Norte da América do Sul, concentrando-se principalmente na parte leste da Amazônia.

A espécie *Astrocaryum aculeatum* Meyer também conhecida como tucumã-do-amazonas ou tucumã-açu, é uma palmeira originada do Estado do Amazonas, tendo se dispersado por toda a América do Sul, podendo se estender ao litoral norte da América do Sul acima do Estado do Pará (FERRÃO, 1999).

A polpa dessas espécies é rica em caroteno (pro-vitamina A), proteínas, carboidratos, minerais e fibras, sendo amplamente consumida “*in natura*” ou na forma de suco, licor, sorvete e creme. Da polpa produz em média 37,5% de óleo amarelo e da amêndoa, de 30 a 50% de óleo branco (MENEZES,2012).

Diversos estudos vêm sendo realizados a fim de avaliar as atividades farmacológicas dos extratos obtidos da casca, polpa e amêndoa do tucumã. Sendo assim, este trabalho propõe realizar um levantamento bibliográfico sobre a morfoanatomia e as propriedades farmacológicas das espécies *Astrocaryum aculeatum* Meyer, e *Astrocaryum vulgare* Mart., visando contribuir com as informações científicas acerca da espécie, compiladas em um único artigo.

2. Metodologia

A síntese do artigo foi desenvolvida através de levantamentos de informações científicas e etnobotânica e expostas na forma de revisão literária.

A obtenção dos dados científicos foi efetuada através de consultas a banco de dados como Science Direct, Pubmed, Scielo, Domínio Público e SciFinder, utilizando informações

de trabalhos nacionais e internacionais, nos idiomas português, inglês e espanhol, consultadas no período de agosto a novembro de 2017.

O levantamento bibliográfico foi realizado buscando estudos publicados sobre a etnobotânica e atividades farmacológicas das espécies de tucumã *Astrocaryum aculeatum* Meyer e *Astrocaryum vulgare*.

3. Família Arecaeae

As palmeiras pertencem a família Arecaceae (=Palmae) e estão entre as espécies de maior longevidade no reino vegetal, bem como entre as plantas vasculares mais abundantes nos trópicos, fazem parte de um dos principais troncos da evolução das monocotiledôneas e está entre as angiospermas mais antigas do planeta. Mundialmente disseminadas e adaptadas a uma variedade de climas e solos, contudo, estão presentes em maior número de espécies nas regiões tropicais e subtropicais, com clima quente e úmido, desempenhando papéis importantes na estrutura e funcionamento de diversos ecossistemas, sendo fontes importantes de produtos florestais não madeireiros e tem importância, tanto ecológica quanto econômica (ELIAS *et al.*, 2015; ELIAS, 2017).

A família Arecaceae é mundialmente constituída por 250 gêneros e aproximadamente 2.700 espécies. Nas Américas são reconhecidos 67 gêneros e 789 espécies. No Brasil ocorrem naturalmente 47 gêneros: *Acrocomia* Mart., *Aiphanes* Willd.; *Allagoptera* Nees, *Ammandra* O.F.Cook, *Aphandra* Barfod, *Arenga* Labill., *Astrocaryum* G.Mey., *Attalea* Kunth, *Bactris* Jacq. ex Scop., *Barcella* (Trail) Trail ex Drude, *Borassus* L., *Butia* (Becc.) Becc., *Calyptrogyne* H.Wendl., *Calyptronoma* Griseb., *Caryota* L., *Ceroxylon* Bonpl. ex DC., *Chamaedorea* Willd., *Chelyocarpus* Dammer, *Cocos* L., *Copernicia* Mart. ex Endl., *Corypha* L., *Desmoncus* Mart., *Dictyocaryum* H.Wendl., *Elaeis* Jacq., *Euterpe* Mart., *Geonoma* Willd., *Hyospathe* Mart., *Iriarteia* Ruiz & Pav., *Iriartella* H.Wendl., *Itaya* H.E.Moore, *Leopoldinia* Mart., *Lepidocaryum* Mart., *Manicaria* Gaertn., *Mauritia* L.f., *Mauritiella* Burret, *Oenocarpus* Mart., *Phoenix* L., *Pholidostachys* H.Wendl. ex Hook.f., *Phytelephas* Ruiz & Pav., *Prestoea* Hook.f., *Raphia* P.Beauv., *Socratea* H.Karst., *Syagrus* Mart., *Thrinax* L.f. ex Sw., *Trithrinax* Mart., *Wendlandiella* Dammer e *Wettinia* Poepp. ex Endl. e 296 espécies (GERMANO *et al.*, 2014; CAXAMBÚ *et al.*, 2015; FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO, 2017).

Na região Norte estão presentes 34 gêneros e 157 espécies, sendo 117 dessas, presentes no estado do Amazonas (FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO, 2017).

São plantas monocotiledôneas, geralmente arborescentes e terrestres, dotadas de distintas formas, podendo apresentar estipe solitário ou cespitoso (touceira), subterrâneo (acaule) ou trepador. Podem ou não apresentar espinhos, recobrimdo totalmente ou de forma parcial a planta, e as folhas podem variar do tipo inteiras à forma de pinas (KAHN, 2008).

A época de produção de flores e frutos de cada espécie vegetal pode variar conforme o ano, a região e as condições climáticas. O comportamento dos indivíduos dentro de cada espécie, em relação à padronização na época e na duração da produção faz com que algumas espécies apresentem sincronia, e outras assincronia, apresentando padrões diferentes na produção de flores e frutos, na mesma área de ocorrência natural (LEITÃO, 2008)

Representam a terceira família de plantas mais importantes da região amazônica, por conta do seu potencial econômico e cultural, tendo o aproveitamento de praticamente todas as partes da planta (ZANINETTI, 2009).

As palmeiras compõem a dieta de animais e seres humanos, seus produtos podem ser utilizados na indústria cosmética, na produção de biodiesel, na construção de casas e como artesanato (HENDERSON *et al.*, 2000; ELIAS, 2017).

4. Gênero *Astrocaryum*

O gênero *Astrocaryum* está amplamente distribuído na América do Sul, se estendendo até o norte da América Central e Guatemala. No Brasil, o gênero está distribuído geograficamente com ocorrência confirmada na região Norte, nos estados do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, e Tocantins, na região Nordeste nos estados da Bahia, Maranhão e Piauí, na região Centro-Oeste nos estados de Goiás e Mato Grosso, na região Sudeste, nos estados de Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, na região Sul, nos estados do Paraná e Santa Catarina (FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO, 2017).

Tem-se no Brasil, o registro de 22 espécies pertencentes a este gênero: *Astrocaryum acaule* Mart., *Astrocaryum aculeatissimum* (Schott) Burret, *Astrocaryum aculeatum* G.Mey., *Astrocaryum campestre* Mart., *Astrocaryum chambira* Burret, *Astrocaryum ciliatum* F.Kahn & B.Millan, *Astrocaryum echinatum* Barb.Rodr., *Astrocaryum faranae* F.Kahn & E.Ferreira, *Astrocaryum farinosum* Barb.Rodr., *Astrocaryum giganteum* Barb.Rodr., *Astrocaryum gynacanthum* Mart., *Astrocaryum huaimi* Mart., *Astrocaryum jauari* Mart., *Astrocaryum javarense* Trail ex Drude, *Astrocaryum minus* Trail, *Astrocaryum murumuru* Mart., *Astrocaryum paramaca* Mart., *Astrocaryum rodriguesii* Trail, *Astrocaryum sciophilum* (Miq.) Pulle, *Astrocaryum sociale* Barb.Rodr., *Astrocaryum ulei* Burret, *Astrocaryum vulgare* Mart.

Na região Norte estão presentes 19 espécies e no estado do Amazonas 16 espécies (FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO, 2017).

O gênero está dividido em dois subgêneros: o subgênero *Pleiogynanthus*, caracterizado pela presença de várias flores pistiladas na base da ráquila, por um fruto com pericarpo liso e por folhas com a pina orientada em várias direções, e o subgênero *Monogynanthus*, que foi definido pela presença de somente uma flor pistilada na base da ráquila, pelo fruto com pericarpo espinhoso e as folhas com pinas regularmente arranjadas em um plano (BARCELAR-LIMA *et al.*, 2006).

As plantas deste gênero são constituídas de indivíduos monóicos, variando de pequeno a grande porte, dotados de um grande adensamento de espinhos, de estipe solitário ou cespitoso, que pode ser curto e subterrâneo ou aéreo com altura moderada. Folhas pinadas e reduplicadas, pecíolo longo, raque longa, pina regularmente arranjada, disposta em um plano e, eventualmente, folha mais ou menos inteira ou irregular arranjada em agrupamentos dispostos em diferentes planos, apresentando cor branca acinzentado na parte abaxial (BARCELAR-LIMA *et al.*, 2006; KAHN, 2008; LEITÃO, 2008).

Apresenta inflorescência interfoliar, ramificada, com um pedúnculo suportando um perfilo e uma bráctea peduncular; raque com numerosas ráquulas e a parte distal espessada; as flores apresentam-se em tríades na parte proximal da ráquila e distalmente somente flores estaminadas; flores estaminadas com três sépalas brevemente conadas na base e livre acima, três pétalas livres ou conadas. Apresenta fruto simples sementado, globoso a obovóide, espinhoso ou glabro, com estigma apical remanescente, deiscente ou indeiscente; endocarpo negro, espesso e duro com três poros laterais (LEITÃO, 2008; HENDERSON, 1995; KAHN, 2008).

5. Espécies *Astrocaryum aculeatum* Meyer e *Astrocaryum vulgare* Mart

Ambas espécies pertencem ao subgênero *Pleiogynanthus*. A espécie *Astrocaryum aculeatum* Meyer é uma palmeira originária provavelmente do estado do Amazonas-Brasil, onde há grande concentração da espécie, também é encontrado nos estados do Pará, Roraima, Mato Grosso, Rondônia e Acre, e nos países Colômbia, Venezuela, Guiana e Bolívia. É frequente na região metropolitana de Manaus, onde é encontrada entre cultivos, vegetações secundárias, pastos e áreas abertas resultantes de atividade humana, solos pobres e degradados (LEITÃO, 2008; DIDONET, *et al.*, 2014).

A espécie *A. aculeatum* Meyer. é uma palmeira solitária, monoica, de crescimento monopodial, arborescente, estipe ereto e solitário, que pode alcançar de 10 a 25 m de altura, o

estipe tem em média 12 a 40 cm de diâmetro, revestido com espinhos negros de até 15 cm de comprimento, finos, longos e pungentes, dispostos em anéis ao longo do tronco (MOURA, 2013; YUYAMA *et al.*, 2016).

As folhas pinadas com número de 5 a 15 contemporâneas, ascendentes, com bainha, pecíolo e raque cobertos por espinhos longos e achatados de cor negra ou castanha de até 10 cm de comprimento, bainha e pecíolo com 1,8 a 3,7 m de comprimento; raque com 1,4 a 6,4 m de comprimento; pinas lineares, em número de 73 a 130 de cada lado da raque, irregularmente arranjadas em grupos de dois a cinco pinas, dispostas em diferentes planos, as da porção mediana da folha de 1,0 a 1,4 m de comprimento de quatro a seis cm de largura. As inflorescências interfoliárias, ramificadas e eretas podem medir até 2m de comprimento, pedúnculo com 0,3 a 0,7 m de comprimento; bráctea peduncular de 1,2 a 2,2 m de comprimento, inserida próximo ao ápice do pedúnculo, densamente espinhosa na face inferior com espinhos negros ou castanhos. As flores pistiladas mais concentradas na parte basal das ráquulas do espádice, e as estaminadas, em maior quantidade, ocupando o restante de cada ráquila. A inflorescência ocorre normalmente no período entre os meses de julho a janeiro. A etapa de frutificação pode ter início entre 4 e 8 anos de crescimento das árvores, quando estas podem chegar a altura média de 1,5 até 5 metros (GENTIL, 2005; LEITÃO, 2008; VASCONCELOS, 2010).

Cada inflorescência apresenta em média 432 ráquulas com flores unissexuais. As flores femininas são maiores e ocorrem em menor quantidade, cerca de 500 a 1.200 flores pistiladas situadas na parte basal dos ramos da espádice, sempre ladeadas por duas masculinas e possuem três pétalas aderidas ao estigma. Já as masculinas, são actinomorfas e displostêmones, maiores, acontecem em maior quantidade, cerca de 190.000 a 260.000 flores estaminadas, ocupando o restante de cada ramo. Ambas são de coloração bege e do tipo cálice (BACELAR-LIMA *et al.*, 2006; LEITÃO, 2008).

A antese das flores femininas é vespertina ficando viáveis por 24 horas. As masculinas iniciam sua antese após o término das femininas ficando viáveis por apenas 6 horas. O odor é produzido nas pétalas e anteras. Os grãos de pólen são de tamanho grande, medindo 62,7 a 88,0 μm , e a viabilidade polínica é de 95% (BACELAR-LIMA *et al.*, 2006).

Os frutos podem ser encontrados durante todo o ano, porém a maior oferta ocorre de fevereiro a agosto. Uma palmeira produz em média de 3 a 4 cachos por ano e um cacho médio possui até 240 frutos, mas pode haver cachos de 35 a 700 frutos, o peso do fruto varia de 20 a 100 gramas, a produção em média pode chegar a cerca de 50 kg de frutos/ano, mesmo em solos pobres (ZANINETTI, 2009; DIDONET, 2012).

Os frutos normalmente são de forma ovalada ou arredondada, com variação no comprimento de 31,2 a 54,2 mm e no diâmetro de 25,0 a 48,0 mm, pesam de 60 a 80 g e apresentam cálice e corola persistentes; o epicarpo liso e duro possui coloração verde-amarelada e mede 1,0 a 1,5 mm de espessura; o mesocarpo apresenta coloração amarelo-alaranjada, compacto, firme, fibroso, e oleaginoso de 7,0 a 8,0 mm de espessura e produz cerca de 37,5% de óleo amarelo comestível, o endocarpo pétreo, negro, consistente e lenhoso, medindo 2,0 a 5,0 mm de espessura, variando de 6,0 a 22,9mm de diâmetro, contendo no interior uma amêndoa (endosperma) que produz cerca de 30-50% de óleo como matéria graxa de cor branca, sólida a temperatura ambiente. As sementes globulares, oblongas e raramente elipsóides, medem cerca de 4,0 cm de diâmetro e pesam 22 a 53 g (ARAUJO *et al.*, 2005; OLIVEIRA, *et al.*, 2008; FERREIRA, *et al.*, 2008).

A espécie *Astrocaryum vulgare* Mart. apresenta de 2 a 20 estipes, com diâmetro de 15 a 20 cm, atinge até 10 m de altura cobertos com espinhos pretos com cerca de 20 cm de comprimento. Apresentam folhas pinatífidas, com acúleos no raquis que podem atingir até 5m de comprimento (LIMA, 1986).

A espécie floresce entre os meses de março a julho e frutifica na época chuvosa, de janeiro a abril. Produz de 2 a 3 cachos anualmente, podendo chegar a mais de 5, com cerca de 1m cada. Cada cacho pesa entre 10 a 30 quilos e contém de 200 a 400 ou mais frutos, em média, uma palmeira produz 750 frutos. Os frutos são elipsoides, verdes que adquirem cor amarelo alaranjada quando maduros, com diâmetro de 2,5 a 3,5 cm, comprimento de 3,5 a 4,5 cm (SHANLEY, 2005).

A polpa de cor alaranjada apresenta uma consistência pastosa/oleosa, pouco fibrosa. Da amêndoa se extrai óleo comestível com taxa de 30-50% de óleo branco (VASCONCELOS, 2010; LIMA *et al.*, 2011).

Ambas as espécies desenvolvem-se bem em solos pobres e degradados, áreas de pastagem, roçado, capoeira e margem de estradas, formando grandes e muitas vezes, densas manchas nessas áreas. No interior da floresta podem ser encontradas em pequenas densidades. Apresentam a capacidade de rebrotar após queimadas e regenera-se facilmente por perfilhar (ZANINETTI, 2009; GUEDES, 2006).

6. Uso e aproveitamento do tucumã

O tucumanzeiro teve seu aproveitamento inicialmente pelos indígenas e seu uso se estende aos povos amazônicos, podendo ser utilizado em praticamente sua totalidade, apresentando uso variado.

O estipe é utilizado na construção de cercas e para confecção de arco; as folhas, além do emprego na manufatura de cestos, chapéus, abanadores e esteiras, é extraído o “tucum”, fibra de alta qualidade com a qual são confeccionadas redes para dormir, sacos, bolsas e redes de pesca (DIDONET, 2012; LEITÃO, 2008)

O endocarpo é largamente usado no artesanato e na indústria de biojóias e a semente serve de complemento alimentar para animais domésticos, além de extrair-se dela óleo que pode ser utilizado como biodiesel e como insumo na indústria cosmética e alimentícia (DIDONET, 2012; LEITÃO, 2008).

6.1 Consumo e conservação da polpa

O tucumã raramente é vendido em supermercados, os frutos inteiros ou a polpa em forma de lâminas são comercializado em feiras livres. O consumo do fruto é de grande importância econômica no estado do Amazonas, gerando emprego e renda para a população que vive onde a palmeira é encontrada (DIDONET *et al*, 2014).

A polpa é consumida na forma *in natura*, como recheio de tapioca e sanduiche, processada na forma de sorvete, pasta, suco, licor e doce; sendo considerado uma fonte alimentícia altamente calórica rica em fibras, apresenta vitamina E e uma quantidade expressiva do precursor da vitamina A, atingindo 52000 UI por 100 g, sendo o valor três vezes maior do que na cenoura, noventa vezes maior do que o abacate, suprimindo a dose diária necessária para crianças e adultos (GUEDES, 2006; FERREIRA, 2008).

Maia (2013) em sua pesquisa avaliou a resposta à ingestão do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) no tratamento da dislipidemia induzida por dieta em camundongos wistar sedentários e exercitados. A indução da dislipidemia foi realizada seguindo de tratamento com ração a base de tucumã associado ou não a natação, dividindo os animais em 4 grupos, formando o Grupo Controle Sedentário (GCS) o Grupo Controle Exercitado (GCE), o Grupo Tratamento Sedentário (GTS) e o Grupo Tratamento Exercitado (GTE), verificando-se o ganho de massa corporal, consumo de ração, a concentração plasmática de colesterol, triglicerídeos, HDL-c, LDL-c, VLDL, proteínas totais, além dos hormônios insulina e leptina. O grupo GCE apresentou tendência ao maior consumo alimentar e os grupos que consumiram a polpa do fruto tucumã apresentaram uma tendência ao maior ganho de massa corporal. A análise descritiva demonstrou que os grupos que consumiram a dieta acrescida do fruto tucumã apresentaram uma tendência ao maior ganho de massa corporal. O grupo GCE apresenta uma propensão a maior concentração plasmática do colesterol, assim como os GTS e GTE apresentam maiores valores absolutos para os triglicerídeos e para o VLDL Os lipídios

HDL-c e LDL-c mostraram-se elevados nos grupos que consumiram tucumã. Através da pesquisa realizada pode-se observar que o fruto tucumã (*Astrocayum aculeatum* Meyer) não apresenta efeito hipolipidêmico, visto que os animais apresentaram concentrações elevadas dos lipídeos e da glicose plasmática, desta forma o consumo da polpa do fruto tucumã (*A. aculeatum* Meyer) em grandes concentrações deve ser realizado com cautela principalmente por indivíduos que apresentem hiperlipidemia e hiperglicemia prévias.

YUYAMA *et al.* (2008) relatou em seu estudo, que o tucumã desidratado e pulverizado, pode ser estocado e consumido por um período de 150 dias, independentemente do tipo de embalagem e temperatura de armazenagem, Viabilizando o aproveitamento da polpa desidratada como ingrediente nutricional em alimentos formulados, visando à suplementação de pró-vitamina A.

O armazenamento da polpa de tucumã de modo que conserve as propriedades nutricionais, tem sido um desafio para quem comercializa a mesma. Azevedo *et al.* (2017), realizou um estudo utilizando embalagens a vácuo, associada ao congelamento da polpa, e observou que este processo permite a conservação da maioria das principais características nutricionais da polpa de tucumã *in natura*, por 30 dias de armazenamento, sugerindo o que este procedimento possa ser empregado no comércio alimentício local.

6.2 Óleo do Tucumã: composição

A extração do óleo contido nas diferentes partes do fruto pode ser feita por prensa hidráulica por batelada, prensa mecânica contínua ou por solventes (ZANINETTI, 2009).

Da semente, extrai-se a manteiga, que apresenta-se como matéria graxa de cor branca, sólida a temperatura ambiente. A composição de ácidos graxos da manteiga de tucumã das espécies *A. aculeatum* Meyer e *A. vulgare* Mart. podem ser observadas na Tabela 10, conforme foram descritas por Pardauil *et al* (2017) e Barbosa *et al*(2009).

Tabela 10 - Comparação do perfil de ésteres metílicos de ácidos graxos da manteiga da amêndoa de tucumã

Ácidos Graxos	<i>A.Aculeatum</i> Meyer (%)	<i>A. vulgare</i> Mart. (%)
Ácido Caprílico	2,03	-
Ácido Cáprico	1,83	-
Ácido Láurico	51,42	48,00
Ácido Mirístico	26,09	25,00
Ácido Palmítico	5,55	6,00
Ácido Esteárico	2,36	2,00
Ácido Oléico	5,97	13,50
Ácido Linoléico	2,09	3,70
Ácido Araquídico	-	0,10

Fonte: Pardauil *et al.*, 2017; Barbosa *et al.*, 2009.

As espécies apresentam perfis semelhantes e em ambas o ácido láurico é o composto em maior concentração.

Na indústria de cosméticos, o óleo pode ser utilizado para diversas finalidades, pois é rico em alguns ácidos graxos apreciados para a composição de cosméticos. A alta concentração de ácido graxo láurico do óleo da amêndoa do tucumã qualifica-o com propriedades excelentes para saponificação (GUEDES, 2006), além de comporta-se como carreador de princípios ativos, pois é capaz de aumentar sua permeabilidade através da pele (ARAUJO *et al.*, 2005).

Segundo Castro (2014) a manteiga de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) apresenta-se termicamente estável até 287,98°C, tendo como pico de fusão a temperatura de 38,24°C e a 371,79°C a degradação da manteiga.

O óleo da polpa do tucumã contém 25,6% de ácidos graxos saturados e 74,4% de insaturados, compostos pelos ácidos graxos palmítico, esteárico, oléico e linoléico. Tem ponto de fusão entre 12 e 13°C, índice de saponificação de 191,4, índice de iodo de 74,6, acidez livre de 3% calculada em ácido oléico (MORAIS, 2012; ARAUJO *et al.*, 2005).

7. Atividades Farmacológicas

7.1 Atividade anti-hiperglicemiante

Baldissera (2017a) realizou um estudo investigando o efeito da administração oral do óleo da polpa de tucumã (*Astrocaryum vulgare*) nos níveis de glicose e insulina, estado oxidativo e parâmetros genotóxicos pancreáticos de ratos diabéticos induzidos por aloxano.

Os resultados demonstraram um aumento significativo na ingestão de água e ingestão alimentar, glicemia, níveis de espécies reativas do ácido tiobarbitúrico (TBARS), índice de danos e frequência de danos. Por outro lado, o peso corporal, os níveis de insulina, a catalase (CAT) e as atividades de superóxido dismutase (SOD) e a viabilidade celular diminuíram no grupo diabético/água em comparação com o grupo controle/água. Os achados demonstraram que o tratamento com óleo de tucumã causa um efeito hipoglicêmico melhorando os níveis de insulina e o estado antioxidante/oxidante e tem um efeito protetor contra o dano pancreático induzido por estresse oxidativo em ratos diabéticos induzidos por aloxano.

Em outro estudo Baldissera (2017b), avaliou o tratamento com óleo da polpa de tucumã (*Astrocaryum vulgare*) em camundongos diabéticos, a fim de evita alterações nas enzimas séricas do sistema purinérgico, levando a uma melhora do sistema imunológico. O tratamento com óleo de tucumã foi capaz de modular as alterações causadas pela hiperglicemia provavelmente pela presença de compostos de carotenóides, mantendo níveis normais de ATP, ADP, AMP e adenosina, moléculas que poderiam exibir propriedades antiinflamatórias, dependendo da concentração, caracterizando dessa forma que o óleo de tucumã é um composto natural promissor com ação protetora contra diabetes e seus efeitos colaterais, como mudanças no sistema purinérgico, melhorando o sistema imunológico.

7.2 Atividade Citotóxica

Os extratos da casca e polpa de Tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) foram avaliados por Sagrillo (2015) quanto a diminuição dos efeitos citotóxicos do peróxido de hidrogênio nos linfócitos humanos. Este estudo quantificou as moléculas bioativas e determinou o efeito protetor *in vitro* de extratos etanólicos isolados da casca e polpa de tucumã. O efeito citoprotetor de tucumã foi avaliado em culturas de linfócitos expostas a H₂O₂. Os resultados confirmaram que o extrato de polpa de tucumã é rico em β-caroteno e quercetina, no entanto, níveis elevados destes compostos também foram encontrados no extrato de casca de tucumã. Os extratos também continham quantidades significativas de rutina, ácido gálico, ácido cafeico e ácido clorogênico. Apesar das diferenças quantitativas na concentração dessas moléculas bioativas, ambos os extratos aumentaram a viabilidade das células expostas a H₂O₂ em concentrações variando de 300 a 900 µg / mL. As caspases 1, 3 e 8 diminuíram significativamente em células concomitantemente expostas a H₂O₂ e esses extratos, indicando que a crioproteção de tucumã envolve a modulação da apoptose.

7.3 Atividade Lectínica

Aragão (2015) realizou um estudo sobre a atividade lectínica do extrato do mesocarpo do tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.). As lectinas são proteínas de origem não imune capaz de ligar-se seletivamente e reversivelmente a diversos tipos de carboidratos sem alterar a estrutura de nenhum resíduo glicosil ligante, podendo apresentar ação fungicida, inseticida, antimicrobiana e de regeneração tecidual de células, despertando o interesse da sua investigação para aplicação na área clínica e biotecnológica. Foi realizada a extração e purificação da lectina, bem como a atividade lectínica das frações purificadas frente à hemaglutinação de células, apresentando resultado positivo apenas no extrato bruto, nas frações purificadas é necessário o estudo de outros métodos de purificação que não interfiram significativamente na concentração proteica e atividade biológica final do fruto.

7.4 Atividade Antimicrobiana

Jobim *et al.* (2014) avaliou a atividade antimicrobiana de extrato etanólico da casca e polpa da espécie *Astrocaryum aculeatum*, frente a 37 microorganismos e o potencial papel de desequilíbrio do metabolismo oxidativo como mecanismo causal da atividade antimicrobiana. Os resultados apresentaram atividade bactericida significativa contra três importantes bactérias Gram-positivas (*Enterococcus faecalis*; *Bacillus cereus* e *Listeria monocytogenes*) e atividade antifúngica contra *Candida albicans*, sugerindo que o mecanismo de ação antimicrobiana do tucumã deve envolver um desequilíbrio redox que interfere o crescimento do microorganismo e / ou provoca aumento da mortalidade.

Emmi (2013) avaliou a influência dos óleos extraídos da polpa do tucumã (*Astrocaryum vulgare*) e pupunha (*Bactris gasipae*) na composição do biofilme dental e dinâmica do processo de desmineralização em esmalte. A análise do biofilme compreendeu na avaliação da quantidade de unidades formadoras de colônias de *Streptococcus mutans*, *Streptococcus totais* e *Lactobacillus caseal*; dosagem de carboidratos totais e dosagem da capacidade antioxidante ao Trolox. Os óleos testados reduziram a agregação bacteriana e a perda mineral, sendo que o óleo de tucumã apresentou efeito tardio, enquanto que o óleo da pupunha mostrou resultado mais imediato, sendo o óleo do tucumã menos efetivo na prevenção da cárie dental que o óleo da pupunha.

7.5 Atividade Antioxidante

Santos *et al* (2015) realizou um estudo com os extratos metanólicos de frutos de palmeiras amazônicas, dentre elas o tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) e constatou que o tucumã e o buriti são fontes consideráveis de carotenóides totais e fontes relevantes de flavonóides amarelos, a bacaba e o tucumã como fonte de polifenóis totais e alta capacidade antioxidante, a bacaba (através de todos os métodos) e o tucumã (através dos métodos β -caroteno / ácido linoleico e DPPH).

Carneiro (2017) avaliou a genotoxicidade/antigenotoxicidade pelo teste do micronúcleo em células do sangue periférico do óleo da polpa do tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). Os resultados demonstraram um evidente potencial protetor ao DNA celular, para todas as concentrações utilizadas, provando assim seu potencial antigenotóxico, ao mesmo tempo que não demonstra a possibilidade genotóxica a ser produzida pelo óleo fixo do tucumã para todas as concentrações utilizadas, firmando-se como eficiente agente antigenotóxico, produzindo efeitos satisfatórios enquanto protetor a danos no DNA celular, tanto para 24h quanto em 48h após sua administração, alcançando melhores resultados após 48h.

7.6 Atividade Anti-inflamatória

Bony (2012a) caracterizou quimicamente e avaliou as propriedades anti-inflamatórias em um modelo *in vivo* com choque endotóxico e modelo de inflamação pulmonar, do óleo da polpa de tucumã da espécie *Astrocaryum vulgare* M. No modelo de choque endotóxico, o tratamento com óleo da polpa de tucumã diminuiu as citocinas pró-inflamatórias e o aumento das citocinas anti-inflamatórias. No modelo de inflamação pulmonar, o tratamento com o óleo da polpa de tucumã reduziu os números de eosinófilos e linfócitos recuperados nos lavados bronco-alveolares, sugerindo que a administração de óleo da polpa de tucumã pode efetivamente neutralizar uma resposta inflamatória aguda e crônica *in vivo* que provavelmente é mediada por ácidos graxos e compostos menores.

Em outra pesquisa realizada por Bony (2012b) avaliando a composição química e propriedades antiinflamatórias da fração etanólica insaponificável do óleo da polpa do tucumã (*Astrocaryum vulgare* M.) em macrófagos ativados J774 e em modelo de choque endotóxico em camundongos. Sua composição química caracterizou-se de: teores de carotenóide, fitosterol e tocoferol representam 125,7, 152,6 e 6,8 $\mu\text{g} / \text{mg}$ do extrato, respectivamente. A fração etanólica insaponificável diminuiu fortemente o óxido nítrico (NO), prostaglandina E2, fator de necrose tumoral (TNF) α e produção de interleucina (IL) -6 e -10 em células J774 ativadas, além disso, inibiu a expressão de NO sintase induzível e ciclooxigenases-2 *in vitro*. As propriedades anti-inflamatórias da fração etanolica insaponificavel também foram

confirmadas *in vivo* por modulação da concentração sérica de TNF α , IL-6 e IL-10 em um modelo de choque endotóxico. O pré-tratamento com fração insaponificável do óleo de tucumã, é um meio promissor para reduzir a produção de quantidades excessivas de moléculas pró-inflamatórias.

8. Conclusão

As espécies *A. aculeatum* Meyer e *A. vulgare* Mart. abundantes na região norte, apresentam grande potencial para a produção e comercialização de novos fármacos com eficiência igual ou superior aos comercializados atualmente, conforme vem mostrando as pesquisas voltadas para as atividades farmacológicas apresentadas.

Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. Os autores e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista Scientia Amazonia detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

REFERÊNCIAS

- ARAGÃO, A. B.; THOMAZ, S. M. O. Purificação e avaliação da atividade lectínica do extrato de tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) nativo da região Amazônica. *Journal of Basic and Applied Pharmaceutical Sciences*, v. 36, 2015.
- ARAÚJO, A. A. S. Análise térmica e determinação dos parâmetros cinéticos de preparações farmacêuticas e novas especialidades de zidovudina. 2003. 241 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- ARAÚJO, V. F. et al. Plantas da Amazônia para produção cosmética: uma abordagem química - 60 espécies do extrativismo florestal não-madeireiro da Amazônia. Organização Internacional de Madeiras Tropicais. Brasília, 2005.
- BACELAR-LIMA, C. G.; MENDONÇA, M. S.; BARBOSA, T. C. T. S. Morfologia Floral de uma População de Tucumã *Astrocaryum aculeatum* G. Mey. (Arecaceae) na Amazônia Central. *Acta Amazonica*. v.36(4), p. 407 – 412, 2006.
- BALDISSERA, M. D. et al. Antihyperglycemic, antioxidant activities of tucumã oil (*Astrocaryum vulgare*) in alloxan-induced diabetic mice, and identification of fatty acid profile by gas chromatograph: New natural source to treat hyperglycemia. *Chemico-Biological Interactions*. v. 270, p. 51–58, 2017a.
- BALDISSERA, M. D. et al. Treatment with tucumã oil (*Astrocaryum vulgare*) for diabetic mice prevents changes in seric enzymes of the purinergic system: Improvement of immune system. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, v.94, p. 374-379, 2017b.
- BARBOSA, B. S. et al. Aproveitamento do Óleo das Amêndoas de Tucumã do Amazonas na Produção de Biodiesel. *Acta Amazonica*, v. 39, p. 371–376, 2009.
- BONY, E. et al. Awara (*Astrocaryum vulgare* M.) pulp oil: Chemical characterization, and anti-inflammatory properties in a mice model of endotoxic shock and a rat model of pulmonary inflammation. *Fitoterapia*, v. 83, p. 33–43, 2012a.
- BONY, E. et al. Chemical Composition and Anti-inflammatory Properties of the Unaponifiable Fraction from Awara (*Astrocaryum vulgare* M.) Pulp Oil in Activated J774 Macrophages and in a Mice Model of Endotoxic Shock. *Plant Foods Hum Nutr*. v. 67, p. 384–392, 2012b.
- CALZAVARA, B. B. Fruticultura tropical amazônica. In: I SEMINÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. Cruz das Almas, Bahia, 1968.
- CARNEIRO, A. B. A. et al. Efeito da *Astrocaryum aculeatum* (Tucumã) na toxicidade da Doxorubicina: modelo experimental in vivo. *Acta Paul Enferm*. v. 30(3), p. 233-9, 2017.

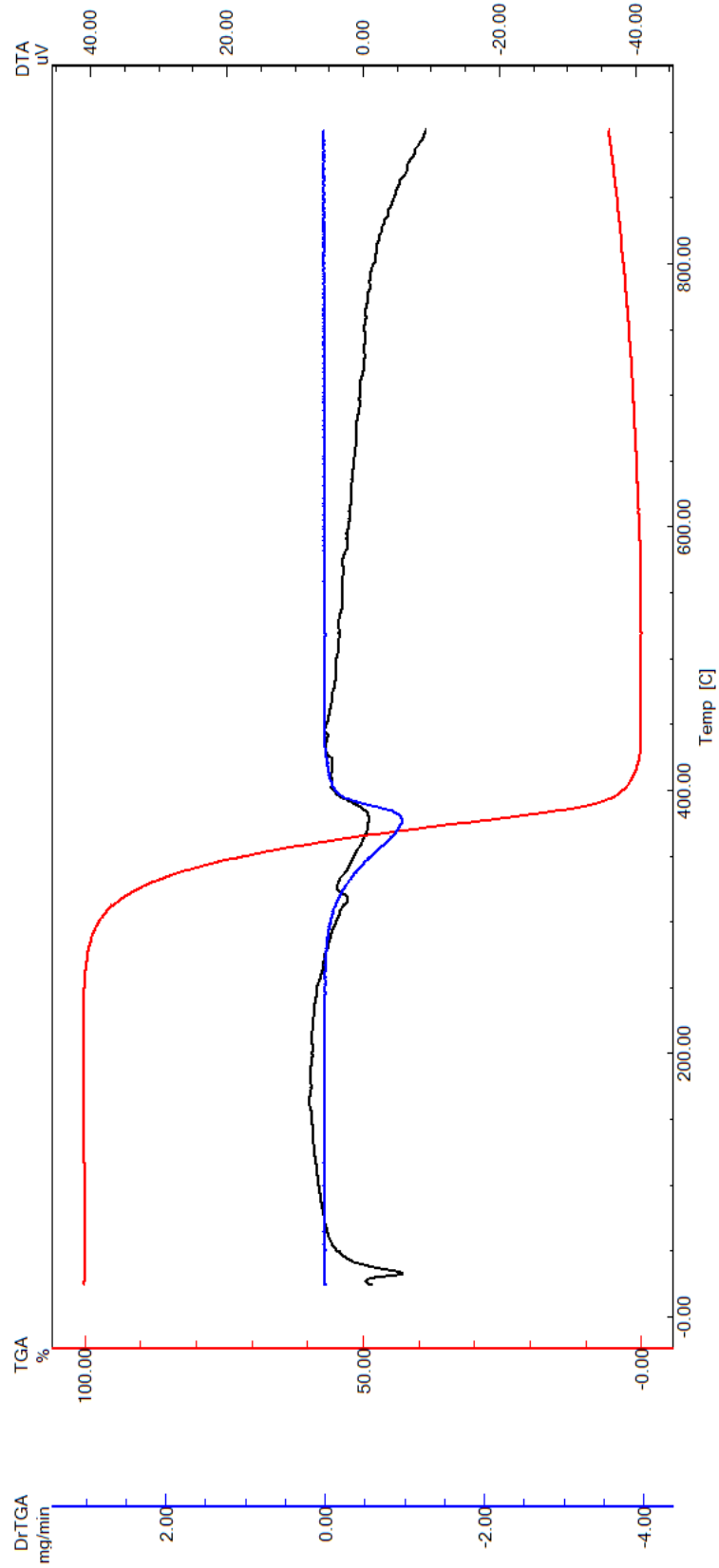
- CASTRO, A. C. S. Determinação do perfil térmico da manteiga de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). 2014. 41 f. Trabalho de conclusão de curso (Farmácia) - Universidade Federal do Amazonas, Itacoatiara, 2014.
- CAXAMBÚ, M. G. et al. Palmeiras (Araceae) nativas do município de Campo Mourão, Paraná, Brasil. *Rodriguesia - Revista do Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. v. 66, p. 259-270, 2015.
- DIDONET, A. A. O mercado de um produto florestal não madeireiro e o resíduo sólido gerado pela sua comercialização: o caso do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey.) nas feiras de Manaus. 2012. 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais), Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, 2012.
- ELIAS, G. A. Palmeiras (Arecaceae) em Santa Catarina, Sul do Brasil. 2017. 191 f. Tese (Doutorado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Criciúma, SC, 2017.
- ELIAS, G. A.; CORRÊA, P. F.; ZANETTE, V. C.; SANTOS, R. Arecaceae: análise bibliométrica das espécies nativas do estado de Santa Catarina, Brasil. *Ciência e Natura*, v.37 n.1, jan.-abr. p. 85 – 92, 2015.
- EMMI, D. T. Influência dos óleos do tucumã (*Astrocaryum vulgare*) e da pupunha (*Bactris gasipae*) na composição do biofilme dental e dinâmica do processo de cárie em esmalte: um estudo in situ. 98 f. Tese (Doutorado em Odontologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.
- FERRÃO, J. E. M. Fruticultura tropical: espécies frutos comestíveis. v. 1. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 1999. 625p.
- FERREIRA, E. S. et al. Caracterização físico-química do fruto e do óleo extraído de tucumã (*astrocaryum vulgare* mart). *Alimentos e Nutrição*, v. 19, n. 4, p. 427–433, 2008.
- Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 21 Set. 2017.
- GENTIL, D. F. O.; FERREIRA, S. A. N. Morfologia da plântula em desenvolvimento de *Astrocaryum aculeatum* Meyer (Arecaceae). *Acta Amazonica*, v. 35, n. 3, p. 337–342, 2005.
- GERMANO, C. M. et al. Comunidades ribeirinhas e palmeiras no município de Abaetetuba, Pará, Brasil. *Scientia Plena*, v. 10, n. 11, p. 1–10, 2014.
- GUEDES, M. M. Estudo da extração de óleo da polpa de tucumã por co 2 supercrítico. 2006. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.
- HENDERSON, A. *The palms of the Amazon*. New York: Oxford University Press. 362p. 1995.
- JOBIM, M. L. et al. Antimicrobial activity of Amazon *Astrocaryum aculeatum* extracts and its association to oxidative metabolism. *Microbiological Research*, v. 169, n. 4, p. 314–323, 2014.

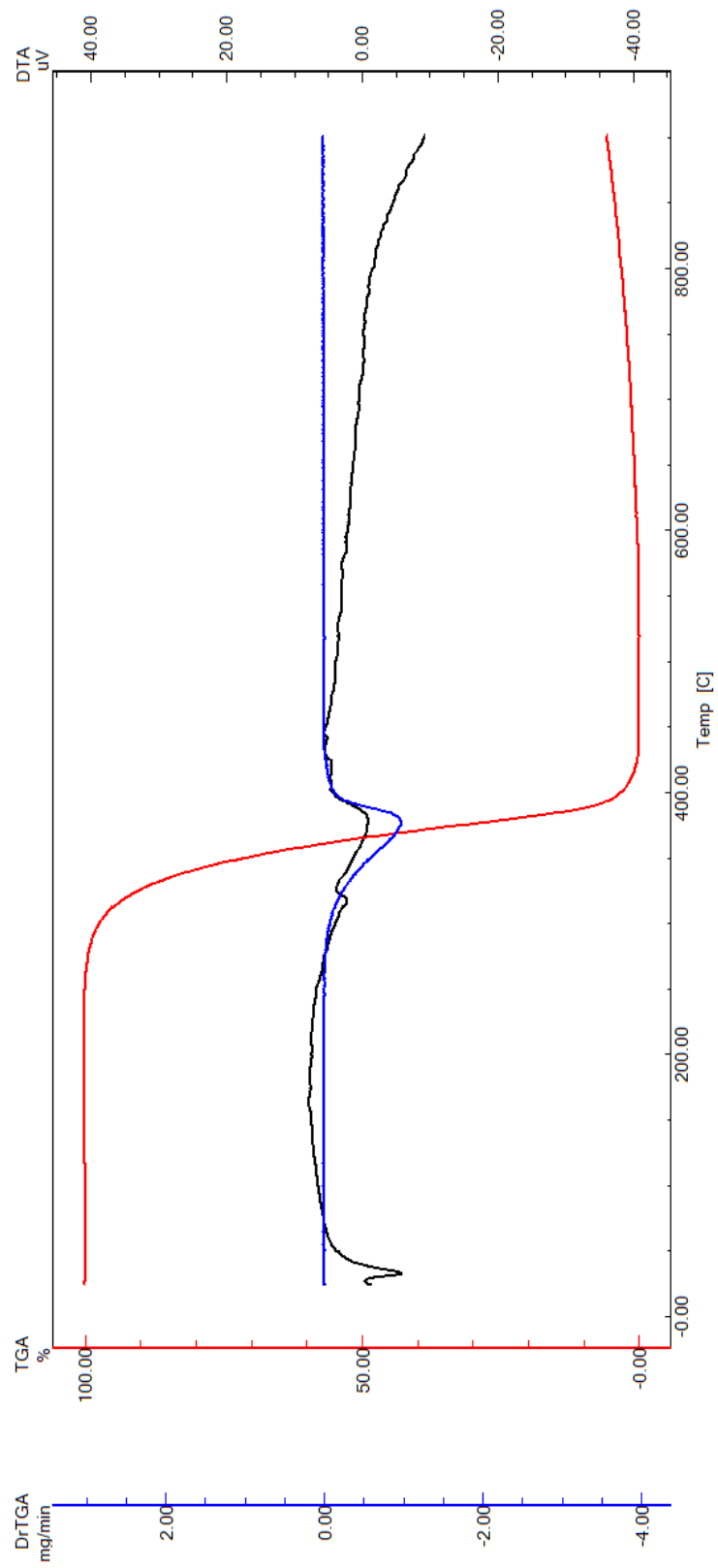
- KAHN, F. The genus *Astrocaryum* (Arecaceae). *Rev. peru. biol.* 15(supl. 1): 031- 048. Noviembre, 2008.
- LEITÃO, A. M. Caracterização morfológica e físico-química de frutos e sementes de *Astrocaryum aculeatum* Meyer (Arecaceae), de uma floresta secundária. 2008. 91 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia /Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2008.
- LIMA, A. L. S.; LIMA, K. S. C.; GODOY, R. L. O.; ARAUJO, M.; PACHECO, S. Aplicação de baixas doses de radiação ionizante no fruto brasileiro tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.). *Acta Amazonica.* v. 41(3), p. 377 – 382, 2011.
- LIMA, R. R. TRASSATO, L. C.; COELHO, V. O tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.): principais características e potencialidade agroindustrial. Belém: EMBRAPA, jul. 1986. 25p. (Boletim de pesquisa, 75)
- MAIA, G. C. H. M. Resposta à ingestão do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) no tratamento da dislipidemia induzida por dieta em ratos wistar sedentários e exercitados. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Amazonas, Amazonas, 2013.
- MENEZES, A. J. E.A; HOMMA, A. K. O; OLIVEIRA, M. E. C; MATOS, G. B. Exploração do óleo de tucumã do Pará (*Astrocaryum vulgare* Mart.) na mesorregião da ilha do Marajó – Município de Soure – Pará. II Congresso Brasileiro de Recursos Genéticos. Belém- PA, 2012.
- MORAIS, L. R. B. Química de oleaginosas: valorização da biodiversidade amazônica. Tradução: Ekkhard Gutjahr. Câmara Brasileira do Livro. Belém - PA. 2012.
- MOURA, M. C. D. O. Caracterização do perfil em ácidos graxos do óleo de palmeiras encontradas no estado de Roraima. 2013. 132 f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2013.
- OLIVEIRA, C. F. et al. Caracterização Físico-química da Amêndoa de Tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.). In: Encontro Nacional sobre metodologias de laboratório, 13. Belém - PA, 2008. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27826/1/Resumo-Nadia-1.pdf>>
- PARDAUII, J. J. R. et al. Characterization, thermal properties and phase transition of amazonian vegetable oils. *J Therm Anal Calorim.* v.127:1221–1229, 2017.
- SAGRILLO, M. R. et al. 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. et al. Amazonian Native Palm Fruits as Sources of Antioxidant Bioactive Compounds. *Antioxidants,* v. 4, n. 3, p. 591–602, 2015.

- SANTOS, M. F. G.; ALVES, R. E.; ROCA, M. Carotenoid composition in oils obtained from palm fruits from the Brazilian Amazon. *Grasas y aceites*, v. 66, n. September, 2015.
- SARAIVA, S. A. Caracterização de Matérias-Primas e Produtos Derivados de Origem Graxa por Espectrometria de Massas. 2008. 76 f. Dissertação (Mestrado em Química) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- VASCONCELOS, B. E. C. Avaliação das características físicas, químicas e nutricionais dos óleos do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* e *Astrocaryum vulgare*) obtidos com CO2 pressurizado. 2010. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.
- YUYAMA, L. K. O. et al. Processamento e avaliação da vida-de-prateleira do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) desidratado e pulverizado. *Ciência e Tecnologia em Alimentos*, v. 28, n. 2, p. 408–412, 2008.
- ZANINETTI, R. A. Caracterização do óleo de frutos de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) para produção de biodiesel. 2009. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agranomia) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2009.

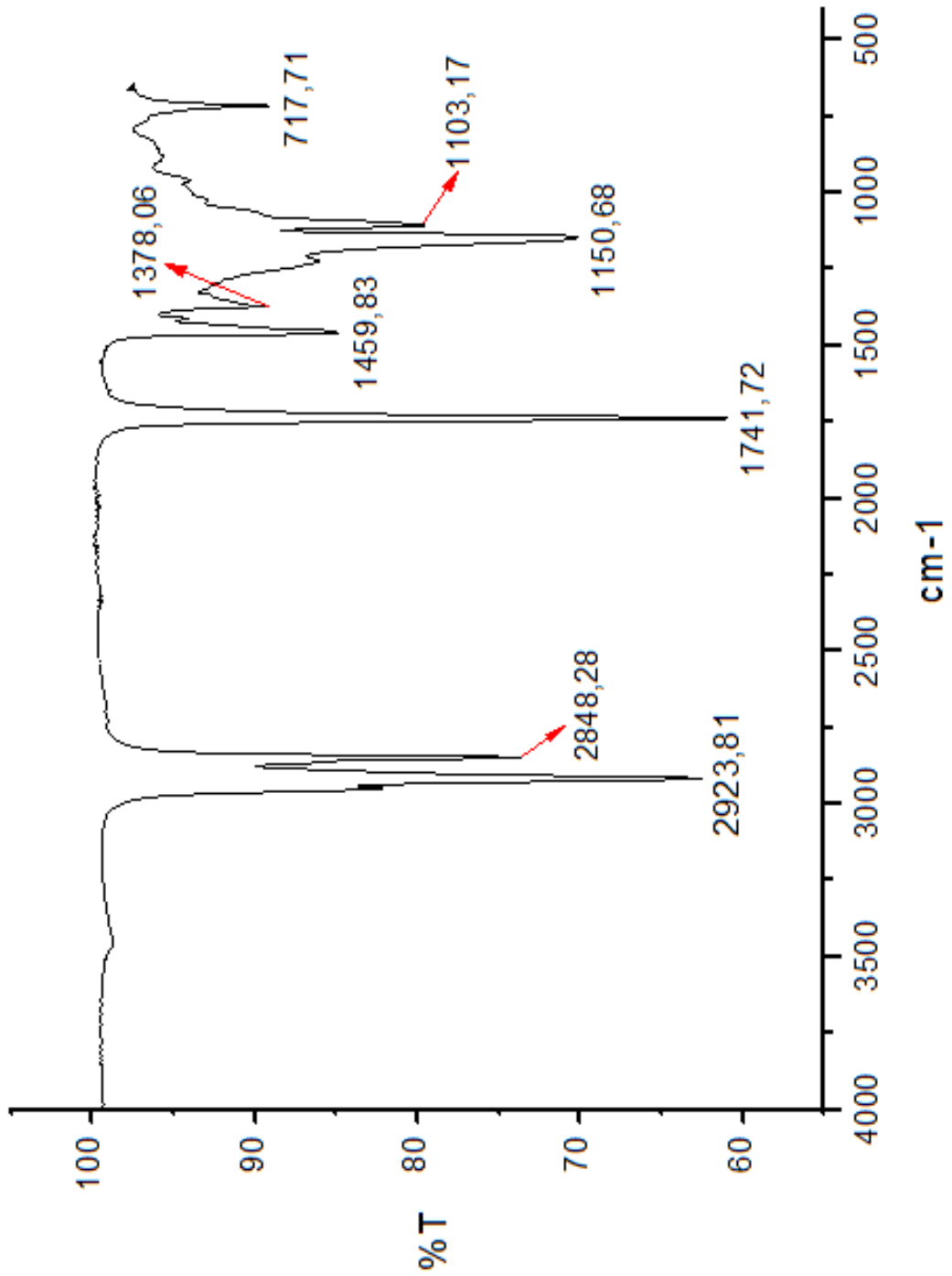
APÊNDICE

APÊNDICE A – Curvas TG/DTG/DTA da manteiga de Tucumã (Lote 1)

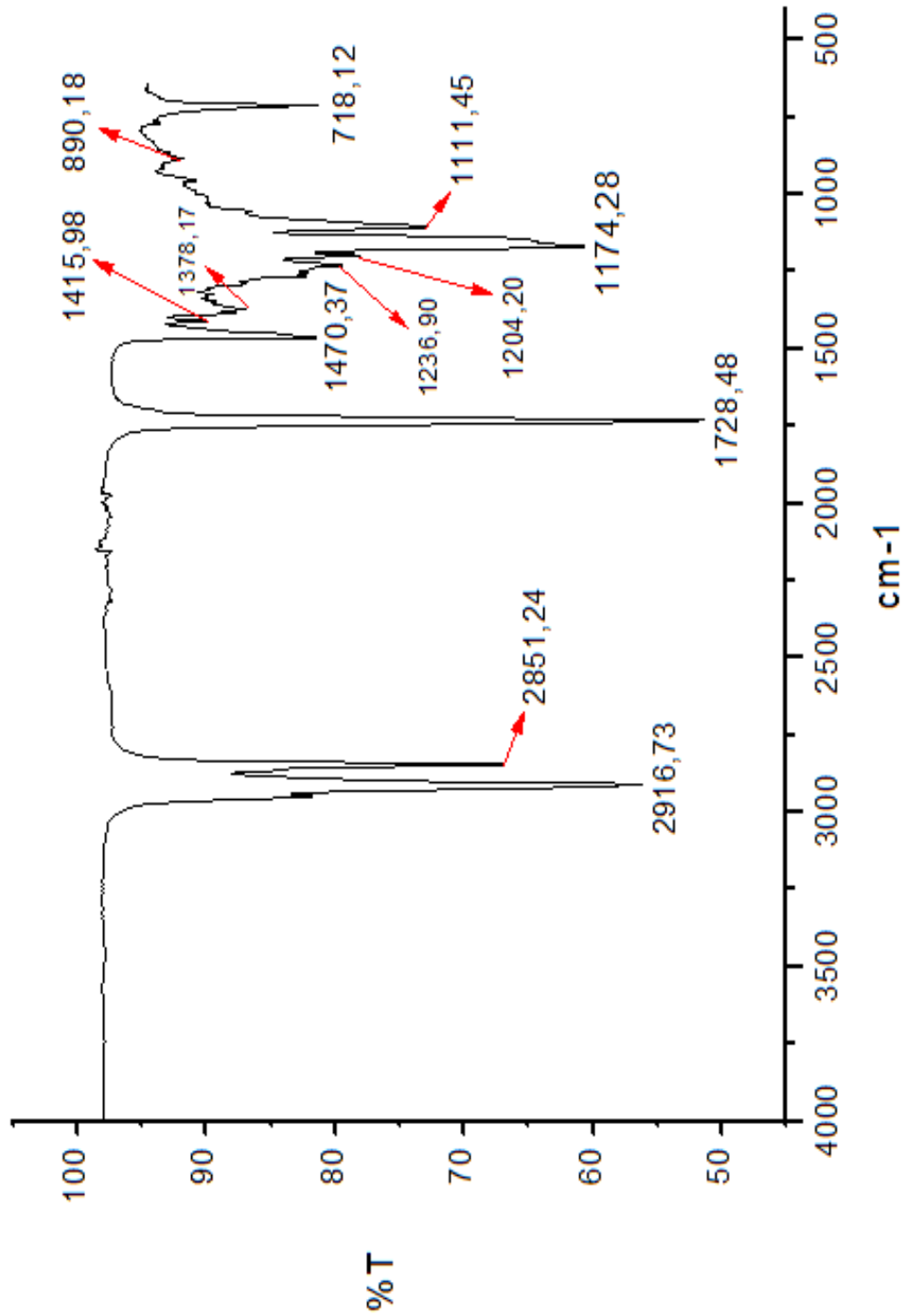


APÊNDICE B – Curvas TG/DTG/DTA da manteiga de Tucumã (Lote 2)

APÊNDICE C – Infravermelho da manteiga de tucumã no tempo zero, lote 1



APÊNDICE D – Infravermelho da manteiga de tucumã no tempo zero, lote 2



ANEXO

ANEXO A – Submissão do artigo a revista Scientia Amazonia.

editor@scientia-amazonia.org <editor@scientia-amazonia.org>
Para: Keyla Ramos <ramos.keyla@gmail.com>

23 de janeiro de 2018 16:18

Prezada Professora Doutora Keyla Ramos,

Acuso o recebimento do artigo de revisão e informo a Vossa Senhoria e demais autores que o manuscrito será enviado para a análise. Aproveito a oportunidade para agradecer a colaboração dos autores com a Revista Eletrônica Scientia Amazonia.

Atenciosamente,

Maria Cristina dos Santos
Editora da Revista Eletrônica Scientia Amazonia