

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA  
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA – EST  
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**MATHEUS SILVA TAVARES**

**ESTUDO DO EXTRATO AQUOSO DO PÓ DO CAROÇO DE AÇAÍ (*Euterpe  
oleracea*) TORRADO PARA FINS DE PRODUÇÃO DE BEBIDA SABOR CAFÉ.**

MANAUS

2023

**MATHEUS SILVA TAVARES**

**ESTUDO DO EXTRATO AQUOSO DO PÓ DO CAROÇO DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea*) TORRADO PARA FINS DE PRODUÇÃO DE BEBIDA SABOR CAFÉ.**

**Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Química da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.**

Orientador: Profa. Dra. Regina Yanako Moriya  
Coorientador: Profa. Dra. Patrícia de Souza Pinto Hidalgo

MANAUS

2023

### Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
**Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade do Estado do Amazonas.**

T231ee Tavares, Matheus Silva  
ESTUDO DO EXTRATO AQUOSO DO PÓ DO  
CAROÇO DE AÇAÍ (Euterpe oleracea) TORRADO PARA  
FINS DE PRODUÇÃO DE BEBIDA SABOR CAFÉ /  
Matheus Silva Tavares. Manaus : [s.n], 2023.  
73 f.: color.; 21 cm.

TCC - Graduação em Engenharia Química -  
Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2023.  
Inclui bibliografia  
Orientador: Moriya, Regina Yanako  
Coorientador: Hidalgo, Patrícia de Souza Pinto

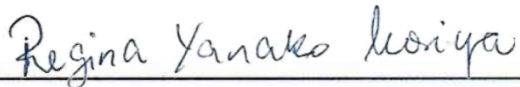
1. Caroço do açaí. 2. Resíduo. 3. Grau de torra. 4.  
Extrato aquoso. 5. Fibras. I. Moriya, Regina Yanako  
(Orient.). II. Hidalgo, Patrícia de Souza Pinto (Coorient.).  
III. Universidade do Estado do Amazonas. IV. ESTUDO  
DO EXTRATO AQUOSO DO PÓ DO CAROÇO DE AÇAÍ  
(Euterpe oleracea) TORRADO PARA FINS DE  
PRODUÇÃO DE BEBIDA SABOR CAFÉ

**MATHEUS SILVA TAVARES**

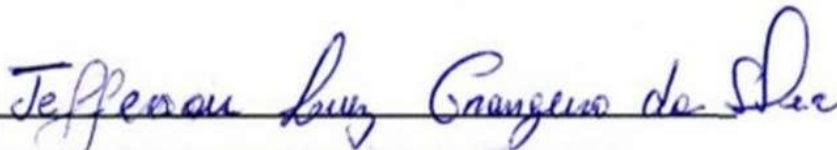
**ESTUDO DO EXTRATO AQUOSO DO PÓ DO CAROÇO DE AÇAÍ (*Euterpe oleracea*) TORRADO PARA FINS DE PRODUÇÃO DE BEBIDA SABOR CAFÉ.**

**Monografia de Conclusão de Curso para obtenção do título de Engenheiro, Habilitação em Engenharia Química – Escola Superior de Tecnologia, Universidade do Estado do Amazonas.**

**Banca Examinadora:**



**Profa. Dra. Regina Yanako Moriya – Orientadora**



**Prof. Dr. Jefferson Luiz Grangeiro da Silva - UEA**



**Prof. MSc. Edson Queiroz da Fonseca Júnior – Uninorte**

**Conceito:**

**Manaus, 21 de agosto de 2023**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a Deus e a minha família que sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos. Em especial a minha mãe, meu pai e minha irmã por todo apoio e incentivo para que a realização deste sonho fosse possível.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus que sempre esteve comigo ao longo da minha caminhada e jamais me abandonou em nenhum momento sequer. Obrigado, Senhor, por não deixar eu desistir ao longo dessa jornada e por sempre me sustentar nos momentos difíceis.

Aos meus pais, Wania Mary e Jander Tavares, que sempre estiveram ao meu lado desde o início desta caminhada e nunca me abandonaram, principalmente nos momentos de dificuldade. Obrigado por nunca deixarem faltar nada para que eu conseguisse realizar este meu sonho. Essa conquista é nossa, afinal sem vocês nada disso seria possível.

A minha irmã, Giovanna Tavares, por todo incentivo, ajuda e compreensão. Obrigado por todo apoio, essa conquista também é sua!

A todos meus familiares, em especial as minhas tias, Jeane Tavares e Silvia Kátia, ao meu tio Jaspe Tavares e meu avô José Gualberto Tavares que sempre me incentivaram e acreditaram em mim ao longo da minha trajetória.

A minha amiga e namorada Emily Victória, que sempre segurou na minha mão e foi meu apoio nos momentos de dificuldade. Obrigado por todo carinho, apoio e compreensão nos momentos de ausência.

A minha orientadora Dra. Regina Moriya que foi uma das partes fundamentais para a realização deste trabalho. Agradeço por toda ajuda e compartilhamento dos seus conhecimentos ao longo da graduação, e por acreditar que eu poderia desenvolver esse trabalho da melhor maneira possível, sempre me mostrando soluções que eu não consegui enxergar sozinho. Muito obrigado!

A minha coorientadora Dra. Patrícia Hidalgo, que sempre me ajudou ao longo da graduação. Obrigado por todos conhecimentos compartilhados ao longo desse período e por ser uma das melhores professoras que tive a oportunidade de trabalhar ao longo desses anos. Levarei seus ensinamentos para sempre comigo. Muito obrigado!

A todos meus colegas de turma, em especial a Matheus Colares e Caio Ricardo. Obrigado pela companhia e conhecimentos compartilhados ao longo desses mais de 5 anos.

A todo corpo docente do curso de Engenharia Química que tanto contribuíram para a minha formação acadêmica. Obrigado por todos os conhecimentos compartilhados.

Agradeço a Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e todos os funcionários por todo suporte durante todos esses anos, tanto com a infraestrutura quanto ao quadro de professores.

*“Pois o Senhor é quem dá sabedoria; de sua boca  
procedem o conhecimento e o discernimento.  
(Provérbios 2:6)”*

## RESUMO

No Brasil, é produzido mais de um milhão de toneladas de açaí (*Euterpe oleracea*) por ano, com a finalidade de obter a polpa do fruto. Entretanto, 93% do fruto é considerado resíduo (caroço). Com isso, têm-se diversas aplicações com o caroço de açaí, dentre elas a produção de uma bebida com sabor e aroma semelhante ao do café. Em função da geração de resíduo no preparo da polpa de açaí, o objetivo deste trabalho é preparar uma bebida com aroma e sabor semelhante ao café, utilizando os processos de torrefação e moagem. Para o desenvolvimento do estudo foi realizado a torrefação nos caroços de açaí, realizando um planejamento fatorial 2<sup>2</sup>, tendo como variáveis independentes o tempo e a temperatura, e analisando a amostra que obteve o maior grau de torra. De acordo com o planejamento fatorial o percentual da amostra que teve o maior grau de torra foi de 35,36% e sendo a amostra escolhida para a realização dos procedimentos de moagem, análise granulométrica, características físico-químicas e extração. Os caroços de açaí foram moídos e levados à análise granulométrica por peneiramento para a determinação do tamanho das partículas, a peneira de 28 mesh com abertura de 600 µm, teve o maior percentual retido de amostra, com 57,24%. Ao ser comparado aos parâmetros do café comercializado no Brasil, o tamanho da partícula obtida para os caroços de açaí torrado e moído é considerada média. Após as análises realizadas, encontrou-se os seguintes valores para os parâmetros da caracterização físico-química do pó do caroço de açaí: 24,01% de carboidratos, 2,47% de umidade, 8,58% de proteínas, 1,27% de lipídios, 0,96% de cinzas e 62,71% de fibras. Destacou-se os teores de fibras e de carboidratos, podendo ter uma bebida que auxilia nas questões funcionais do intestino grosso e uma boa fonte de energia. Com a realização do processo de extração por percolação, foi possível obter um teor extrativo de 22,74%, tendo assim uma boa afinidade entre o soluto (pó do caroço de açaí torrado) e o solvente (água). A partir do extrato aquoso, foi possível determinar a atividade antioxidante e compostos fenólicos presentes na amostra, sendo 5,62 µM FeSO<sub>4</sub>/g e 64,38 mgEAG/100g, respectivamente. Ao comparar tanto a determinação de atividade antioxidante pelo FRAP quanto os compostos fenólicos presentes no extrato aquoso do café obtidos na literatura, 0,62 µM FeSO<sub>4</sub>/g e 35,39 mgEAG/100g respectivamente, têm-se valores mais significativos nas amostras do pó de caroço de açaí torrado. Portanto, o presente estudo demonstrou que a bebida obtida a partir do pó de caroço de açaí torrado serve como mais uma alternativa para substituir o café, sendo uma bebida com uma boa fonte de energia e que pode auxiliar em problemas intestinais. Além de ser uma opção para geração de renda, uma vez que a principal matéria-prima é considerada resíduo.

**Palavras-chaves:** Caroço de açaí, resíduo, grau de torra, fibras.

## ABSTRACT

In Brazil, more than one million tonnes of açai (*Euterpe oleracea*) are produced per year, with the purpose of obtaining the fruit pulp. However, 93% of the fruit is considered waste (stone). Thus, there are several applications for the açai stone, including the production of a beverage with a flavour and aroma similar to coffee. Due to the generation of waste in the preparation of açai pulp, the objective of this work is to prepare a drink with aroma and flavour similar to coffee, using the roasting and grinding processes. For the development of the study, the roasting was carried out on the açai stones, performing a 2<sup>2</sup> factorial planning, having as independent variables the time and temperature, and analysing the sample that obtained the highest degree of roasting. According to the factorial planning the percentage of the sample that had the highest degree of roasting was 35.36% and being the sample chosen to perform the grinding procedures, granulometric analysis, physicochemical characteristics and extraction. The açai stones were ground and taken to the granulometric analysis by sieving to determine the particle size, the 28 mesh sieve with an opening of 600  $\mu$ m, had the highest percentage retained of sample, with 57.24%. When compared to the parameters of coffee commercialised in Brazil, the particle size obtained for roasted and ground açai stones is considered average. After the analyses carried out, the following values were found for the parameters of the physicochemical characterisation of the açai stone powder: 24.01% carbohydrates, 2.47% moisture, 8.58% protein, 1.27% lipids, 0.96% ash and 62.71% fibre. The fibre and carbohydrate contents stood out, being able to have a drink that helps in the functional issues of the large intestine and a good source of energy. With the realisation of the percolation extraction process, it was possible to obtain an extractive content of 22.74%, thus having a good affinity between the solute (roasted açai stone powder) and the solvent (water). From the aqueous extract, it was possible to determine the antioxidant activity and phenolic compounds present in the sample, being 5.62  $\mu$ M FeSO<sub>4</sub>/g and 64.38 mgEAG/100g, respectively. When comparing both the determination of antioxidant activity by FRAP and the phenolic compounds present in the aqueous extract of coffee obtained in the literature, 0.62  $\mu$ M FeSO<sub>4</sub>/g and 35.39 mgEAG/100g respectively, there are more significant values in the samples of roasted açai stone powder. Therefore, the present study demonstrated that the beverage obtained from the roasted açai stone powder serves as another alternative to replace coffee, being a beverage with a good source of energy and that can help with intestinal problems. In addition to being an option for income generation, since the main raw material is considered waste.

Key words: Açai stone, residue, degree of roasting, fibers.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fruto do açaí ( <i>Euterpe Oleracea</i> ) .....	18
Figura 2 – Caroços de açaí: (a) com fibras e (b) desfibrados .....	19
Figura 3 – Fluxograma da produção de café .....	21
Figura 4 – Divisão dos compostos fenólicos .....	22
Figura 5 – Moinho de faca.....	26
Figura 6 – Moinho de martelo .....	27
Figura 7 – Moinho de bola.....	27
Figura 8 – Extração sólido-líquido.....	29
Figura 9 – Fluxograma com os procedimentos realizados com o pó do caroço de açaí.....	34
Figura 10 – Equipamentos utilizados na torrefação.....	35
Figura 11 – Moinho de facas utilizado no processo.....	37
Figura 12 – Peneiras granulométricas utilizadas na determinação dos tamanhos das partículas dos caroços de açaí torrados e moídos.....	38
Figura 13 – Processo de extração em Soxhlet.....	41
Figura 14 – Obtenção do percentual de carboidratos na amostra do caroço de açaí.....	42
Figura 15 – Espectrofotômetro UV/VIS.....	48
Figura 16 – Caroços de açaí após o processo de torrefação a 270°C durante 1 hora.....	51
Figura 17 – Gráfico de Pareto com a estimativa dos principais efeitos da interação entre as variáveis independentes (temperatura e tempo) pela variável dependente (grau de torra) .....	52
Figura 18 – Análise granulométrica: (a) amostra moída utilizada na análise granulométrica (b) quantidade de amostra retida na peneira de 28 mesh.....	53
Figura 19 – Extrato aquoso seco do pó do caroço de açaí torrado.....	54
Figura 20 – Amostra com a quantidades de cinzas presentes na amostra do caroço de açaí.....	56
Figura 21 – Extrato hexânico seco.....	57
Figura 22 – Tubos de ensaios com amostra utilizada para a determinação de atividade antioxidante.....	60

Figura 23 – Curva da absorbância pela concentração de sulfato ferroso utilizado para a determinação da atividade antioxidante.....	61
Figura 24 – Curva da absorbância pela concentração de ácido gálico para a determinação dos compostos fenólicos.....	62

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Característica físico-química do café e do caroço de açaí in natura.....	20
Tabela 2 – Influência dos graus de torras em relação as características sensoriais .....	25
Tabela 3 – Percentual de retenção em peneiras de 12,16, 20 e 30 mesh para o café torrado e moído.....	28
Tabela 4 – Níveis de temperatura e tempo utilizados no planejamento fatorial do processo de torrefação.....	36
Tabela 5 – Variações de temperatura e tempo no processo de torrefação .....	36
Tabela 6 – Preparo das soluções para curva-padrão da atividade antioxidante .....	44
Tabela 7 – Volumes contidos na curva-padrão do método de Folin-Ciocalteu.....	47
Tabela 8 – Volumes de reagentes e das amostras do extrato para o ensaio do Folin-Ciocalteu.....	48
Tabela 9 – Graus de torras obtidos após o processo de torrefação.....	50
Tabela 10 – Dados obtidos na análise granulométrica do pó do caroço de açaí.....	52
Tabela 11 – Características físico-químicas do pó do caroço de açaí do presente estudo e da logomarca Raízes do Açaí.....	55
Tabela 12 – Atividade antioxidante do extrato aquoso do caroço de açaí pelo método da capacidade de redução do ferro (FRAP).....	61
Tabela 13 – Compostos fenólicos totais presentes na amostra do extrato aquoso do pó do caroço de açaí.....	62

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
AAT	Atividade antioxidante total
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Sulfato de cobre pentahidratado
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESL	Extração sólido-líquido
$\text{FeSO}_4$	Sulfato ferroso
FRAP	Capacidade redutora do ferro
HCl	Ácido clorídrico
$\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Tartarato duplo de sódio e potássio
$m_0$	Massa antes da torrefação, g
$m_1$	Massa da amostra inicial antes da extração, g
$m_2$	Massa da amostra obtida após a extração, g
$m_{c1}$	Massa da amostra inicial, g
$m_{c2}$	Massa de cinzas obtida, g
$m_{ca1}$	Massa de glicose correspondente a 10 mL das soluções de Fehling, g
$m_{ca2}$	Massa da amostra, g
$m_f$	Massa após a torrefação, g
$m_{f1}$	Massa inicial da amostra, g
$m_{f2}$	Massa de fibra na amostra, g
$m_{l1}$	Massa da amostra inicial, g
$m_{l2}$	Massa de lipídios obtida, g
$m_{u1}$	Massa antes do aquecimento em estufa, g
$m_{u2}$	Massa após o aquecimento em estufa, g
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	Carbonato de sódio
NaOH	Hidróxido de sódio
$v_1$	Volume da amostra preparada, mL
$v_2$	Volume gasto na titulação, mL
UEA	Universidade do Estado do Amazonas

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	18
2.1 AÇAÍ .....	18
2.2 CAROÇO DE AÇAÍ.....	19
2.3 COMPOSTOS FENÓLICOS.....	22
2.4 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	23
2.5 PROCESSO DE TORREFAÇÃO.....	24
2.6 PROCESSO DE MOAGEM.....	25
2.7 GRANULOMETRIA.....	28
2.8 EXTRAÇÃO SÓLIDO LÍQUIDO (ESL).....	28
2.9 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS.....	30
<b>2.9.1 Umidade</b> .....	30
<b>2.9.2 Cinzas</b> .....	31
<b>2.9.3 Lipídios</b> .....	31
<b>2.9.4 Fibras</b> .....	31
<b>2.9.5 Carboidratos</b> .....	32
<b>2.9.6 Proteínas</b> .....	32
2.10 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	33
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	34
3.1 AQUISIÇÃO E PRÉ-TRATAMENTO DO AÇAÍ.....	34
3.2 PROCESSO DE TORREFAÇÃO.....	35
3.3 PROCESSO DE MOAGEM.....	37
3.4 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	37
3.5 EXTRAÇÃO.....	38
3.6 CARATERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA.....	39
<b>3.6.1 Determinação de umidade</b> .....	39
<b>3.6.2 Determinação de cinzas</b> .....	40
<b>3.6.3 Determinação de lipídios</b> .....	40
<b>3.6.4 Determinação de carboidratos</b> .....	41

<b>3.6.5 Determinação de fibras</b> .....	43
<b>3.6.6 Determinação de proteínas</b> .....	44
3.7 DETERMINAÇÃO DE ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	44
3.8 DETERMINAÇÃO DE FENÓLICOS TOTAIS.....	46
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	50
4.1 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE TORRA.....	50
4.2 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	52
4.3 TEOR DE EXTRAÇÃO.....	53
4.4 DETERMINAÇÃO DA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA.....	54
<b>4.4.1 Teor de umidade</b> .....	55
<b>4.4.2 Teor de cinzas</b> .....	56
<b>4.4.3 Teor de lipídios</b> .....	57
<b>4.4.4 Teor de fibras</b> .....	58
<b>4.4.5 Teor de carboidratos</b> .....	59
<b>4.4.6 Teor de proteínas</b> .....	59
4.5 DETERMINAÇÃO DE ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	60
4.6 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS.....	62
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	64
<b>6 PERSPECTIVAS</b> .....	66
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	67

## 1 INTRODUÇÃO

O açaí (*Euterpe oleracea*) é um fruto nativo da Amazônia e pode ser visto com mais frequência nos estados do Pará, Amapá, Maranhão e Amazonas. O fruto é oriundo do açaizeiro e é um fruto arredondado de coloração roxa devido aos pigmentos naturais chamados antocianinas. Apresenta um grande valor social, cultural e nutricional, além de ter um crescimento significativo da comercialização para outras regiões do Brasil e a exportação para outros países (RIBEIRO, 2019).

Segundo dados obtidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2021, a produção nacional de açaí se totalizou em 1.485.113 toneladas, tendo o estado do Pará como o maior produtor. Apesar da produção anual de açaí ir aumentando a cada ano que passa, dados do próprio IBGE apontam que para a obtenção de polpa do açaí, 93% do total da produção é resíduo (caroço), ou seja, apenas 7% do fruto é aproveitado para a obtenção da polpa.

A taxa percentual de resíduos sólidos e orgânicos obtida no processo de produção de açaí em polpa acarreta diversos problemas ambientais decorrentes do acúmulo e despejo indevido em lugares inadequados como, por exemplo, às margens de rios, podendo ocasionar a redução da taxa de oxigênio e presença da eutrofização (PEREIRA; RODRIGUES JUNIOR, 2013).

O caroço do açaí tem um grande potencial em aplicações industriais e artesanais, gerando alternativas para a redução do resíduo gerado após a retirada da polpa, como por exemplo, na geração de energia elétrica, compostagem de adubo orgânico, obtenção de carvão ativado, sendo também um substrato da fermentação em estado sólido para a produção de enzimas de interesse industrial, além do uso para a produção de bijuterias e na alimentação de animais. O caroço de açaí triturado e torrado é aproveitado para a preparação de uma bebida quente aromática que se assemelha ao sabor do café (GOMES et al, 2009).

A bebida obtida a partir do pó do caroço de açaí visa o reaproveitamento do resíduo obtido na produção de polpa de açaí e também uma alternativa para pessoas que por motivos clínicos não possam ingerir ou queiram reduzir a quantidade de cafeína consumida

diariamente. Podendo auxiliar, em questões ambientais e também na saúde das pessoas, uma vez que, conforme a literatura, o caroço do açaí possui a presença de alguns compostos fenólicos que são importantes para o crescimento e reprodução de plantas, sendo compostos que demonstram eficiência na prevenção a oxidação (NACZK; SHAHIDI, 2004; RODRIGUES et al., 2006).

Diante do exposto, este trabalho tem como principal objetivo realizar análises químicas e biológicas com o pó do caroço de açaí buscando utilizar seu uso para o preparo de uma bebida com aroma semelhante ao café utilizando as operações unitárias de torrefação, moagem e peneiramento em escala laboratorial.

Para alcançar o objetivo geral, se faz necessário os seguintes objetivos específicos:

- i. Obter a partir do processo de torrefação do caroço de açaí em diferentes temperaturas e tempos o maior grau de torra;
- ii. Realizar análise granulométrica do caroço de açaí moído;
- iii. Preparar o extrato aquoso do pó do caroço de açaí e determinar o teor de extração;
- iv. Avaliar características físico-químicas do pó do caroço de açaí;
- v. Determinar a atividade antioxidante e teor de fenólicos do extrato aquoso do pó caroço de açaí.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 AÇAÍ

O açaizeiro apresenta folhas compostas e pinadas as quais contém um arranjo que variam de 40 até 80 pares de folíolos. O açaí (Figura 1) é um fruto sésstil, drupáceo, esférico com um diâmetro que varia de 1 a 2 cm, e peso médio de 1,5 gramas e apresenta uma coloração preto-púrpura no estágio maduro (GASPARINI et al., 2015; NOGUEIRA; DE SANTANA; GARCIA, 2015). Além disso, é uma espécie rica em lipídios, proteínas, fibras e antocianinas (CEDRIM; BARROS; NASCIMENTO, 2018; PALA et al., 2017).

Figura 1 – Fruto do açaí (*Euterpe oleracea*).



Fonte: OLIVEIRA ET AL (2017).

O Brasil é o maior produtor de açaí do mundo. Muitas empresas do ramo alimentício têm investido cada vez mais neste fruto, não apenas visando o cultivo, mas também na mão de obra. O crescimento de mercado foi tanto que nos últimos anos a polpa do açaí, que era consumida apenas nos estados da região norte do Brasil, começou a ser comercializada em outros estados e países como, por exemplo, China, Japão e Estados Unidos (MENEZES; TORRES; SABAA SRUR, 2008). Portanto, o açaí tem relevância socioeconômica.

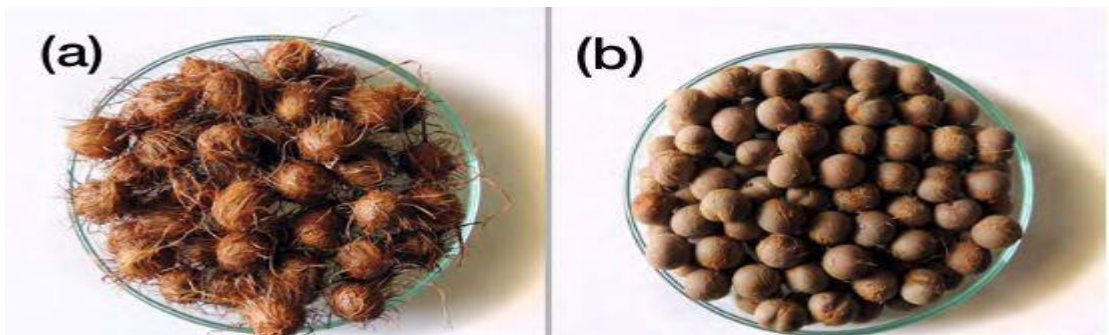
A polpa do açaí é encontrada com maior facilidade do que propriamente o fruto que com o acréscimo de água é conhecida popularmente apenas como açaí. De acordo com estudos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) em 100 g da polpa de açaí tem-se aproximadamente 2,37 g de proteínas, 5,96 g de gorduras, 50 mg de cálcio, 33 mg de fósforo e 0,9 mg de ferro (SUFRAMA, 2003).

A polpa do fruto também apresenta um teor alto de óleo de cerca 53%, em base seca sendo considerado excelente fonte de ácidos graxos essenciais. Entretanto, com o crescimento da produção de açaí veio também as questões ambientais com um maior acúmulo e desperdício de resíduos sólidos e orgânicos, que neste caso é o caroço de açaí (LIMA, 2015).

## 2.2 CAROÇO DE AÇAÍ

Mais de 90% da produção de açaí corresponde a resíduo gerado que é composto por caroços e camadas mais grossas (LIMA, 2015). O caroço de açaí é correspondente ao endocarpo e amêndoa do fruto, sendo um subproduto da cadeia produtiva do açaí (CEDRIM; BARROS; NASCIMENTO, 2018). De acordo com Rodrigues-Zúñiga e colaboradores (2008), o caroço de açaí tem aproximadamente 53,20% de celulose, 22,30% de lignina e 12,26% de hemicelulose. A Figura 2 demonstra o caroço de açaí com fibras e sem fibras.

Figura 2 – Caroços de açaí: (a) com fibra e (b) desfibrados.



Fonte: DOMINGUES, R. A; MATIETTO, M. S. P. O.; NOGUEIRA, A. F. (2017).

O poder público visualiza os caroços que resultam do processo de extração da polpa de açaí como resíduos urbanos o que dificulta a coleta correta desses resíduos (ALMEIDA et al., 2017). De acordo com a Lei 12.305/10, a não geração, redução, reaproveitamento, reciclagem, tratamento e, por fim, a destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos é de responsabilidade compartilhada do governo, mercado e sociedade para possibilitar um desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010).

Com o decorrer dos anos, diversos estudos foram desenvolvidos para encontrar alternativas para se utilizar o resíduo do processo do caroço de açaí, tais como, produção de mudas, carvão, combustíveis e matérias-primas para indústria automobilística e de etanol, fertilizantes, farelo e adubo (PAES-DE-SOUZA et al., 2011) e ser utilizado até mesmo na construção civil após queima e combinação de material argiloso.

A biomassa residual do açaí tem sido outra alternativa que pode ser uma fonte potencial para diversas aplicações, principalmente de caráter biotecnológico como processos de fermentação, matéria-prima para indústrias alimentícias e farmacêuticas (DE LIMA et al., 2019). Apesar das múltiplas aplicações envolvendo o caroço de açaí, ainda há poucos processos fabris que utilizam o residual do processo da polpa de açaí, dando ainda mais importância a estudos científicos que são desenvolvidos para encontrar alternativas para a destinação mais adequada desse resíduo.

A alternativa do caroço de açaí para a produção de uma bebida sabor café apresenta algumas vantagens, como por exemplo, a bebida não contém cafeína, no qual é uma das principais causadoras de insônia e mal estar em algumas pessoas. Além de apresentar características semelhantes de cor, sabor e aroma quando comparada a bebida cafeeira e bons valores nutricionais (ALENCAR, 2005). A Tabela 1, demonstra uma comparação das características físico-químicas do café tradicional e do caroço do açaí in natura.

Tabela 1 – Características físico-químicas do café e do caroço de açaí in natura.

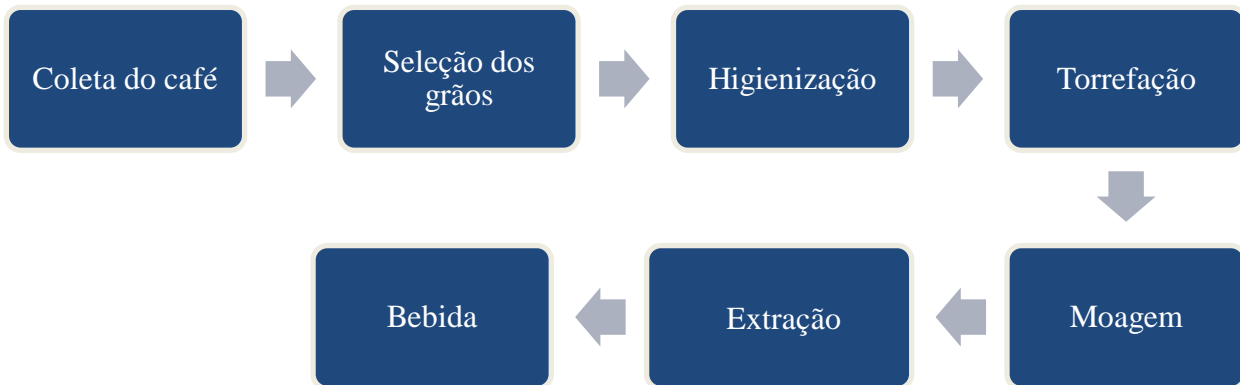
<b>Parâmetros</b>	<b>Café Tradicional Torrado (g/100g)</b>	<b>Caroço do açaí in natura (g/100g)</b>
Carboidratos	41,19	26,66 ± 2,87
Umidade	9,63	3,85 ± 0,01
Proteínas	13,87	3,03 ± 0,06
Lipídios	9,27	2,19 ± 0,08
Cinzas	4,56	1,58 ± 0,03
Fibras	21,48	62,69 ± 0,01

Fonte: LAGO (2002); LIMA (2015).

Além do caroço de açaí, os grãos de milho (*Zea mays*) tem sido uma alternativa para substituir o café, principalmente por conter um sabor e aroma similar. Os grãos de milho apresentam uma boa atividade antioxidante e são uma fonte rica de fibra. A alternativa mais utilizada para substituir o café é a cevada (*Hordeum vulgare*) e assim como os grãos de milho é um cereal que apresenta uma boa atividade oxidante e compostos ricos em fibras que beneficiam o organismo humano (MOURINHO, 2013).

Apesar da diferenciação dos grãos para a obtenção de uma bebida sabor café, basicamente, os procedimentos para chegar-se ao produto final é semelhante ao processo que ocorre na produção de café. O Fluxograma 1 apresenta os procedimentos necessários para a produção do café torrado.

Figura 3 – Fluxograma de produção de café.



Fonte: ADAPTADO DE GONZALEZ (2004).

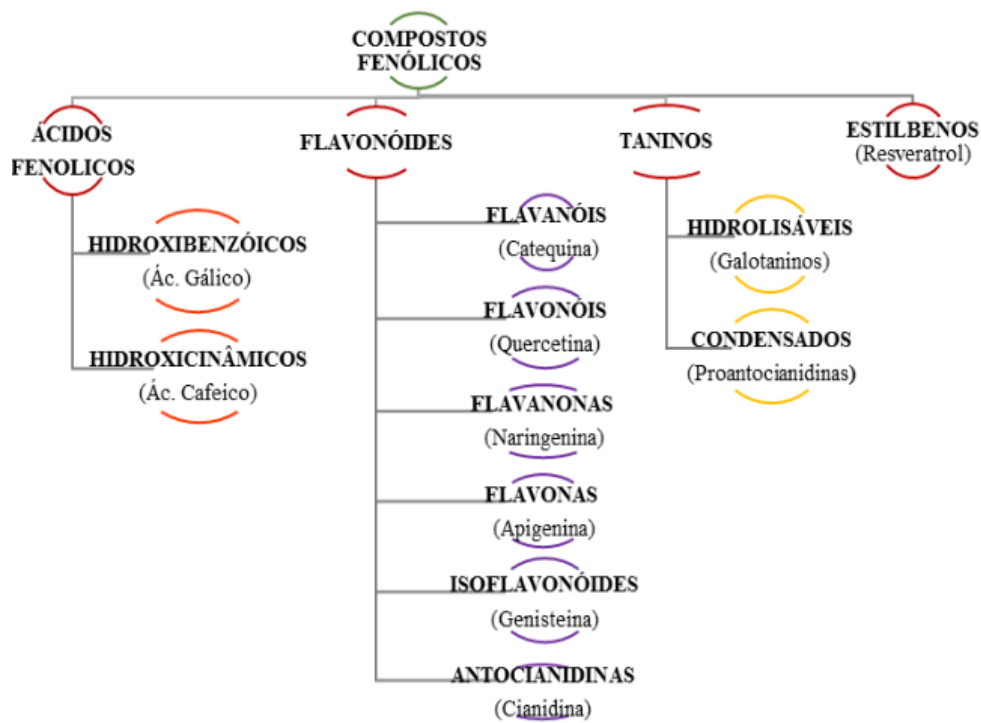
A produção de uma bebida similar ao café realizada utilizando caroços de açaí surgiu no interior do Estado do Pará, com agricultores locais. A bebida passa pelo mesmo processamento que ocorre com o café. O caroço de açaí concentra a maior parte dos nutrientes do fruto e possui benefícios, tais como, regulação do intestino, controle da hipertensão, diabetes e ação antioxidante (REIMÃO; PRESTES; MELO, 2022). Conforme Reimão, Prestes e Melo (2022), a bebida obtida a partir do caroço de açaí não possui cafeína e é indicada a pessoas que queiram reduzir ou não podem ingerir qualquer quantidade da substância.

## 2.3 COMPOSTOS FENÓLICOS

As propriedades apresentadas pelos compostos fenólicos que estão presentes nos alimentos, podem ser esclarecidas pela interação realizada com o genoma humano. A atividade antioxidante ocorre devido a modulação de fatores de transcrição envolvidos em vias de sinalização (CARDOZO, 2013; CIMINO, 2013). Os compostos fenólicos são metabólitos secundários que estão presentes em plantas e estão envolvidos no sistema de defesa dessas plantas contra organismos patogênicos ou raios ultravioletas (SOARES, 2016).

A presença dos compostos fenólicos nos alimentos tem uma relação com a cor e condições sensoriais de um determinado alimento. Analisando quimicamente, esses compostos apresentam o composto fenol em sua estrutura, no qual há a presença de um ou mais anéis aromáticos. Já foram identificados cerca de 10.000 compostos fenólicos, sendo classificados em: flavanóides, taninos, estilbenos e ácidos fenólicos e alguns destes grupos apresentam subclasses (SOARES, 2016). A Figura 4 demonstra a divisão dos compostos fenólicos nas suas classes e subclasses.

Figura 4 – Divisão dos compostos fenólicos.



Fonte: SOARES (2016).

Conforme resultados obtidos por Afonso (2017), verificou-se que para o café torrado encontrou-se uma quantidade de fenólicos de  $35,39 \pm 3,69$  mgEAG/100g. Os compostos fenólicos são degradados quando uma amostra é colocada em altas temperaturas (FARAH; DONANGELO, 2006). Costa (2020) ao analisar os compostos fenólicos presentes no caroço de açaí torrado encontrou a quantidade de  $81,33 \pm 0,78$  mgEAG/100g.

Portanto, a análise quantitativa dos compostos fenólicos em alimentos, em especial no caroço do açaí, tem relevância pois permite a identificação dos grupos presentes possibilitando a análise da atividade antioxidante que são atribuídas a estes fitoquímicos. Além de permitir o desenvolvimento de pesquisas que auxiliam a encontrar fontes alternativas de atividade antioxidante para o desenvolvimento do organismo humano (SOARES, 2016).

#### 2.4 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

Os compostos antioxidantes são substâncias que desaceleram as reações de degradação oxidativa, ou seja, a velocidade de oxidação é reduzida por um ou mais mecanismos, como inibição de radicais livres e complexação de metais. Os compostos antioxidantes podem ser divididos em antioxidantes primários e secundários contendo diferentes propriedades protetivas.

Conforme Vignoli (2011) um dos mecanismos utilizados para a determinação da atividade antioxidante é a capacidade redutora do ferro (FRAP), que foi inicialmente desenvolvido para medir o poder redutor do plasma, mas o ensaio foi adaptado para determinação de antioxidantes em frutos e vegetais. Vignoli (2011) encontrou para o café tradicional torrado apresentou uma atividade antioxidante pelo FRAP de  $0,62 \mu\text{M FeSO}_4/\text{g}$ .

Os antioxidantes primários são aqueles capazes de inibir ou atrasar a oxidação por inativação de radicais livres, por conta da presença de átomos de hidrogênio ou de elétrons, transformando os radicais em substâncias estáveis. Já os antioxidantes secundários apresentam uma variedade no modo de agir, como a ligação de íons metálicos (alteração de valência), conversão de hidroperóxidos em espécies não-radicaais ou a absorção de radiação ultravioleta (UV). Portanto, a presença dos compostos com propriedades antioxidantes nos alimentos é importante para a prevenção e tratamento de diversas doenças.

## 2.5 PROCESSO DE TORREFAÇÃO

De acordo com Cortez (2001), o processo de torração é definido como a passagem de um determinado grão por um aquecimento controlado que desencadeia uma série de reações exotérmicas, e proporciona um determinado sabor e aroma no grão estudado, sem que tais reações ultrapassem o ponto ideal e se inicie o processo de carbonização. Assim como ocorre no processo de torrefação do café, um alto ponto de torrefação determina se a bebida aromática com sabor café será forte, amarga e com uma coloração mais escura (PEDROSA, 2018).

Geralmente os torradores utilizados para torrar um determinado grão utilizam a troca de calor por convecção e condução (SILVA; MORELLI; JOAQUIM, 2015). Durante a etapa de torrefação, ocorre o tratamento térmico do caroço de açaí e semelhantemente como ocorre no processo do café, define o desenvolvimento de aroma e sabores para bebida obtida do caroço de açaí.

Três fases englobam o processo de torrefação, sendo elas: secagem, pirólise e resfriamento. Primeiro, ocorre o processo de secagem, onde a umidade interna do grão é reduzida correspondendo à evaporação da água, nesta etapa a temperatura atinge até 290°C. Uma grande porcentagem da umidade contida no caroço é retirada durante os primeiros cinco minutos de torra. Com o passar do tempo, percebe-se a alteração da cor do caroço (SILVA, 2008).

O processo de pirólise, ocorre a uma temperatura aproximada de 200°C, na qual diversas reações pirolíticas acontecem e alteram de maneira substancial a composição química do caroço de açaí. Nesta fase do processo sucede a liberação de vários compostos aromáticos. Por fim, ocorre o resfriamento dos caroços o qual finaliza o processo de pirólise e estabiliza a umidade interna do caroço de açaí (GONZALEZ, 2004).

Com o intuito de obter o ponto ótimo no processo de torra de um determinado grão é necessário analisar o grau de torra, o qual é um fator que está diretamente ligado a qualidade da bebida final, sendo definido como o gosto cultural de cada região devido às diferentes possibilidades causadas pelo perfil de torra (MELO, 2004). Portanto, quanto maior o grau de torra, maior será a perda de massa do grão, além de variar de acordo com a qualidade de um

determinado grão que é usado e a perda do mesmo varia entre 14% a 20% (CARNEIRO, 2017).

O grau de torra pode ser dividido em três tipo: torra clara, torra média e torra escura. A torra clara apresenta uma acidez acentuada e aroma e sabor suave com um pequeno amargor. Já na torra média há um aroma e sabor mais acentuado e na torra escura há a diminuição de acidez e um sabor amargo (ALVES, 2012). Portanto, para se realizar um melhor controle do grau de torra se faz necessário a observação da cor e da perda de massa. A Tabela 2, demonstra a influência do grau de torra do café em relação a perda de peso e as características sensoriais presentes na amostra.

Tabela 2 – Influência dos graus de torras em relação as características sensoriais.

<b>Temperatura °C</b>	<b>Torração</b>	<b>Perda de peso %</b>	<b>Características Sensorial</b>
215	Moderamente Clara	15	Limpo, áspero
221	Média Clara	16	Chocolate ao leite
230	Média	17	Caramelo, chocolate amargo
237	Moderamente Escura	19	Leve queimado
243	Escura	20	Pungente queimado

Fonte: SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICAN – SCAA (2021).

## 2.6 PROCESSO DE MOAGEM

A moagem é um processo no qual o tamanho da partícula é reduzido e é a última etapa de fragmentação, onde a redução da partícula é ocasionada pela combinação de impacto, compressão, abrasão e atrito a um determinado tamanho de acordo com as características do equipamento utilizado para moer uma determinada amostra (UNICAMP, 2017).

O processo de moagem afeta diretamente no tempo de escoamento no preparo da bebida. Quanto mais fina for a amostra do caroço de açaí moído, menor será sua velocidade de escoamento da água, tem-se uma bebida mais encorpada e com um sabor mais amargo. Se o processo de moagem não for fino o suficiente, o café não produzirá com efetividade a

presença de alguns aromas (BASSETO; SANTO, 2016). O processo de moagem pode ser realizado utilizando diversos tipos de moedores, onde os principais serão citados abaixo:

- Moinho de facas

Neste equipamento (Figura 5), o processo de redução da partícula ocorre através da ação de facas cortantes, aumentando a superfície de contato e as partículas que são menores que a abertura da peneira, que está localizada no interior do moedor, consigam atravessar para o ponto de coleta. Com este equipamento é possível moer materiais secos, como grãos, plásticos, ossos entre outros tipos de materiais. Chegando a moer materiais secos de até 20mm, possuindo peneiras com aberturas de 10, 20 e 30 mesh (UNICAMP, 2017).

Figura 5 – Moinho de faca



Fonte: IFAM (2017).

- Moinho de martelo

Este tipo de moinho (Figura 6) é bastante utilizado para produzir uma amostra mais fina de um determinado material. Dentro de um cilindro, um rotor de alta velocidade com a presença de inúmeras articulações que realizam o impacto com o material colocado através de um orifício presente na parte superior do equipamento. O processo de moagem ocorre pelo impacto do material com os martelos e com as placas de britamento, além de ocorrer o corte e o atrito que são importantes para que a moagem aconteça (STREIT, 2000).

Figura 6 – Moinho de martelo



Fonte: FURLAN (S/N).

- Moinho de bolas

É um equipamento no formato de um cilindro horizontal e na sua parte interna estão localizadas esferas que são movidas por um motor de baixa velocidade, conforme demonstrado na Figura 7. Ao ocorrer um movimento circular dentro do cilindro, ocorre o cascadeamento das esferas que se atritam com o material depositado. Com o choque e cisalhamento, provoca-se a redução do material a uma granulometria mais fina. Este tipo de moedor é indicado para materiais mais duros, que apresentam dificuldade na sua fragmentação (AZEVEDO, 2004).

Figura 7 – Moinho de bola



Fonte: METSO MINERALS (2006).

De acordo Basseto e Santo (2016), há diferentes graus de moagem: o pulverizado, fino, média e grosso. O tempo de preparo da bebida está diretamente ligado ao grau de moagem. Para a preparação do café árabe, a moagem mais indicada é o pulverizado pois não é necessário coar. Utiliza-se filtragem na moagem fina, do médio é realizado o café expresso e a moagem grossa é indicado para café preparado em cafeteiras italianas.

## 2.7 GRANULOMETRIA

A granulometria de um determinado grão é definida industrialmente como grossa, média e fina e é determinada conforme as recomendações dos fabricantes dos moinhos. No entanto, não se pode associar as características químicas do processo e a qualidade do produto final (MORAES; TRUGO, 2001).

Na produção de café, por exemplo, é nos processos de filtração e extração que são definidas as características da moagem. Pouco se sabe sobre a influência da granulometria do pó de café sobre o rendimento e na qualidade da bebida (MORAES; TRUGO, 2001). Com base na Associação Brasileira da Indústria de Café (ABIC, 2020) a Tabela 3 demonstra a retenção em peneiras granulométricas de 12, 16, 20, 30 mesh e o fundo sob agitação durante o tempo de 10 minutos.

Tabela 3 – Percentual de retenção em peneiras de 12,16, 20 e 30 mesh para o café torrado e moído.

Moagem	% de retenção		
	Peneiras 12 e 16	Peneiras 20 e 30	Fundo
Grossa	33	55	12
Média	7	73	20
Fina	0	90	10

Fonte: ABIC (2020).

## 2.8 EXTRAÇÃO SÓLIDO-LÍQUIDO (ESL)

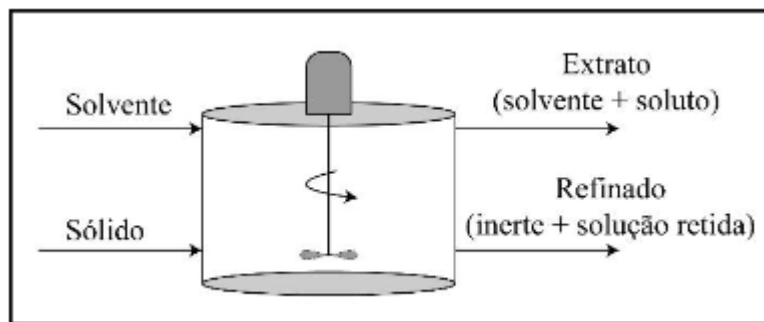
A extração sólido-líquido (ESL) é um método que é utilizado na purificação e separação dos componentes que estão presentes em uma determinada mistura, tornando possível o isolamento de um componente puro presente em uma mistura. Portanto, a extração é uma operação unitária que consiste em um processo de transporte de massa de uma fase para outra com o principal objetivo de separar um ou mais componentes (BECKER, 1978; WILLIAMS, 2005).

Robiquet foi quem aplicou esse processo pela primeira vez, no ano de 1835, no qual extraiu compostos de flores (HUI et al., 2007). A extração de materiais sólidos acontece pela

dissolução dos mesmos em um solvente líquido. Esse procedimento também é conhecido como lixiviação ou ESL (OLIVEIRA, 2018).

O processo de ESL acontece pelo contato de um determinado solvente e um soluto que se deseja extrair, o que resulta no transporte de massa difusivo do soluto para o solvente. (BART; PILZ, 2011). Após ocorrer a extração a mistura é separada em duas correntes, o extrato que consiste no solvente com a presença do soluto dissolvido e a outra chamada de resíduo ou refinado que é o sólido que não teve interação (inerte) mais a solução que ficou retida (OCON; TOJO, 1896; GEANKOPLIS, 2003; DUTTA, 2009). A Figura 8 demonstra como ocorre o processo de extração.

Figura 8 – Extração sólido-líquido.



Fonte: SILVA (2019).

O teor ou eficiência de extração mensura o quanto do soluto será removido a partir da matriz sólida, esse teor de extração depende dos seguintes parâmetros do solvente, do sólido e do tipo de extração escolhida:

1. Tamanho das partículas e porosidade do sólido: Esses dois parâmetros são importantes, pois podem influenciar diretamente na eficiência da extração devido ao fato de que quanto mais poroso o material estudado for maior a facilidade do solvente em penetrar no sólido e entrar em contato direto com o soluto (CUSSLER, 2009). Já o tamanho da partícula, quanto menor for maior será a eficiência do processo devido a maior área de contato entre sólido e solvente (CUSSLER, 2009; DUTTA, 2009).

2. Solvente: O solvente deve possuir algumas características, como a solubilidade entre o soluto deve ser a maior possível, possuir baixa viscosidade, ter o ponto de ebulição baixo e ser fácil de separar do soluto (OCON; TOJO, 1986; DUTTA, 2009).
3. Temperatura: O aumento deste parâmetro aumenta a eficiência da ESL, que a solubilidade é diretamente proporcional a temperatura. Se o solvente ou o sólido forem sensíveis à temperatura, corre o risco de acontecer a limitação desse parâmetro no momento da extração, pois ocorreria degradação do componente sensível (CUSSLER, 2009; DUTTA, 2009).

O extrato do caroço de açaí torrado e moído é referente a quantidade de substâncias capazes de solubilizarem em água fervente. O grau de torra exerce uma influência considerável no teor de extrato aquoso (NASCIMENTO et al, 2007). Pelo ponto de vista do rendimento industrial, é desejável no café ou no caroço do açaí um maior teor de extração, assegurando um produto mais encorpado, característica apreciada pela maioria dos consumidores (PINTO, 2002). O ministério da saúde, através da portaria de número 377, de 26 de abril de 1999 afirma que o extrato aquoso para produtos descafeínados tem que ter um teor de extração mínimo de 20% em g/100g.

## 2.9 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

As características físico-químicas ou composições centesimais estão relacionadas diretamente as condições de plantio, tipo de solo, altitude, colheita, espécie e são importantes para determinar a qualidade do produto final (ELIAS, 2019). Sendo divididas pelos teores de umidade, cinzas, lipídios, fibras, carboidratos e proteínas,

### 2.9.1 Umidade

Em todos alimentos, independente dos processos de industrialização que tenham sido submetidos, contêm água em menor ou maior proporção. A umidade representa a água contida em um determinado alimento. Portanto, o percentual de umidade corresponde à perda em peso sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida. Além da água, outras substâncias que são volatizadas também podem ser removidas (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

O teor de umidade é um fator que influencia na qualidade do café, pois facilita a atividade microbiana e enzimática, afetando a preservação do produto e alterando suas características fundamentais, como aroma e sabor (AGNOLETTI, 2015). Conforme a portaria de Nº 377 do Ministério da Saúde (1999), o percentual máximo de umidade permitido pela legislação brasileira no café comercializado é de 5% em g/100g.

### **2.9.2 Cinzas**

Cinzas é o nome dado ao resíduo obtido por aquecimento de um produto em uma temperatura próxima a 550-570°C e representam a quantidade da matéria inorgânica presente em um dateterminada amostra (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Conforme a legislação brasileira, o percentual máximo de cinzas presentes no café comercializado é de 5% em g/100g (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1999). Um teor elevado desse parâmetro pode indicar uma quantidade elevada de impurezas (BRASIL, 2010).

### **2.9.3 Lipídios**

Os lipídios são compostos orgânicos altamente energéticos, contendo ácidos graxos essenciais ao organismo e atuam como transportadores das vitaminas lipossolúveis. Sendo insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos. A determinação deste parâmetro é realizado, na maioria dos casos, pela extração pelo solvente hexano (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Um café com maior quantidade de lipídeos tende a apresentar melhores aromas e sabor, conhecido como “flavor” (NASCIMENTO, 2007). Entretanto, também está mais propenso a sofrer oxidação lipídica durante o armazenamento do produto final (ELIAS, 2019).

### **2.9.4 Fibras**

A quantidade de matéria orgânica presente em um alimento é chamado de fibras. O termo fibra é definido como os componentes das paredes celulares vegetais incluídas a dieta humana que resistem à ação das secreções do trato gastrointestinal. As fibras são responsáveis pelo aumento da viscosidade do conteúdo gastrointestinal, retarda o esvaziamento e a difusão de nutrientes, diminuem o tempo de trânsito intestinal, aumentam

o peso das fezes e tornam mais lenta a absorção da glicose e retardam a digestão do amido. (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

As fibras tem um papel importante na saúde humana e sua presença em alimentos auxilia as pessoas a terem uma alimentação saudável, pois ajudam no controle e redução de colesterol e glicose, agem como prebiótico, principalmente com a presença da inulina, composto presente na composição química do caroço de açaí, ajudam a reduzir problemas cardiovasculares, na redução de hipertensão arterial e auxiliam pessoas obesas na redução de peso, uma vez que as fibras ocupam o lugar das calorias e nutrientes da dieta (BERNAUD, 2013).

### **2.9.5 Carboidratos**

O principal carboidrato presente em grão e caroços é a sacarose. O teor de carboidratos está relacionado às questões do tipo de espécie, cultivo entre outros aspectos associados ao plantio dos grãos. Além disso, a torra também é importante para a avaliação deste parâmetro, uma vez que está relacionada a uma maior ou menor perda dos compostos durante o processamento térmico (ELIAS, 2019).

Os carboidratos são importantes para o café, pois são precursores do sabor e aroma característico, a partir da origem de várias substâncias como furanos, aldeídos e ácidos carboxílicos, que influenciam na qualidade final do produto (AGNOLETTI, 2015). Além disso, os açúcares têm grande importância durante o processo de torra, na formação da cor, onde reagem com aminoácidos, pela Reação de Maillard, uma vez que ocorre o escurecimento não enzimático, dando origem as melanoidinas, compostos desejáveis responsáveis pela cor mais escura e também compostos voláteis que são responsáveis pelo aroma (AGNOLETTI, 2015; MUINHOS, 2017).

### **2.9.6 Proteínas**

Os atributos sensoriais do café são provenientes da quebra de proteínas, tendo a formação de compostos aromáticos e interação dos aminoácidos derivados (SANTOS, 2010). Por conta das reações de degradações, o teor de proteína bruta dos grãos que passam pelo processo de torra é diminuído após o processo de torra devido ao fato dos grãos estarem

exposto a temperaturas elevadas (FERNANDES ET AL., 2013). Durante a Reação de Maillard, onde os grupamentos amino reagem com os açúcares redutores dando origem a compostos pigmentados. Então, as proteínas promovem a formação de diversos compostos importantes para a característica sensorial do café (EUGÊNIO, 2010).

## 2.10 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

O planejamento experimental representa um aglomerado de ensaios com cunho científico e estatísticos, no qual se determina a variação de diversos parâmetros nos resultados de um dado processo ou sistema (BUTTON, 2012).

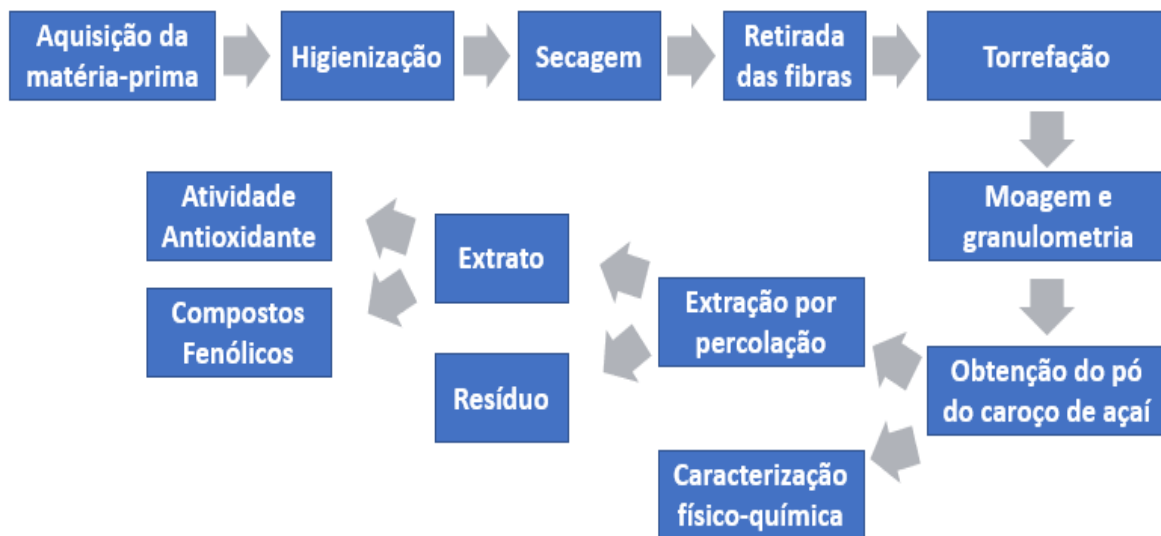
Portanto, o planejamento experimental tem como principal objetivo determinar o número ideal de experimentos, de tal forma que se obtenha resultados com um alto grau de confiabilidade e para isso é necessário um empenho do projetista ou pesquisador responsável conhecendo o problema em questão com profundidade (BUTTON, 2012).

Com a realização de um planejamento adequado, ocorre um aprimoramento de processos, uma redução da variação dos resultados, tempo de análise e dos custos envolvidos no projeto. Então, aplicando o planejamento experimental, é possível realizar a avaliação e comparações de métodos distintos, análise de materiais diversos, a escolha de parâmetros de maneira a otimizar o desempenho do processo, que ocorre utilizando três termos muito importantes no planejamento experimental: qualidade, produtividade e competitividade (BUTTON, 2012).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Para a obtenção do pó do caroço de açaí, foi necessário a realização dos passos contidos na Figura 9. Todas as etapas de preparo do caroço de açaí, para uso de bebida sabor café, foram realizadas no laboratório de Engenharia Química, localizado na Universidade do Estado do Amazonas (UEA) no campus da Escola Superior de Tecnologia.

Figura 9 – Fluxograma com os procedimentos realizados com o pó do caroço de açaí.



Fonte: PRÓPRIA (2023).

#### 3.1 AQUISIÇÃO E PRÉ-TRATAMENTO DO AÇAÍ

Durante esta etapa, foi realizado a aquisição do açaí juntamente com a realização do pré-tratamento que englobou as seguintes etapas: higienização, secagem e retirada das fibras.

Foi realizado a aquisição de 2 kg do fruto do açaí na feira da Manaus Moderna, no qual foi levado para o laboratório de Engenharia Química, localizado na Escola Superior de Tecnologia para a realização do experimento.

Para a higienização, o açaí foi a banho maria sob um aquecimento durante 1 hora. Após isso, a água foi escoada e o açaí passou por um breve resfriamento até atingir a temperatura ambiente. Então, para a retirada da polpa, o açaí foi friccionado manualmente obtendo assim o caroço de açaí despulpado. Foram selecionados os caroços que não

apresentarem nenhum dano. Os caroços foram secos em estufa por um período de 1 hora e 30 minutos em uma temperatura de 60°C para a retirada da água dos caroços.

Após o processo de secagem, os caroços de açaí passaram pelo processo de retirada das fibras, onde os mesmos foram esfregados uns aos outros de maneira que as fibras foram retiradas manualmente.

### 3.2 PROCESSO DE TORREFAÇÃO

Para a realização do processo de torrefação dos caroços de açaí, foi utilizado o planejamento fatorial 2<sup>2</sup>, onde foram avaliados dois fatores: temperatura e tempo. Pesou-se aproximadamente 200g dos caroços de açaí para cada amostra que foram torradas em chapa aquecedora conforme os níveis e variação de tempo e temperatura que estão na Tabela 4 e na Tabela 5. A temperatura foi aferida utilizando um termômetro e o tempo foi contado através de um cronômetro. A Figura 10 demonstra os equipamentos utilizados no processo de torra.

Figura 10 – Equipamentos utilizados na torrefação.



Fonte: PRÓPRIA (2023).

Tabela 4 – Níveis de temperatura e tempo utilizados no planejamento fatorial 2<sup>2</sup> do processo de torrefação.

Níveis	Temperatura (°C)	Tempo (min)
-	210	30
0	240	45
+	270	60

Fonte: PRÓPRIA (2023).

Tabela 5 – Variações de temperatura e tempo no processo de torrefação.

Matriz Codificada		Temperatura (°C)	Tempo (min)
-	-	210	30
+	-	270	30
-	+	210	60
+	+	270	60
0	0	240	45
0	0	240	45
0	0	240	45

Fonte: PRÓPRIA (2023).

Após a realização da torrefação nas diferentes variações de tempo e temperatura, foi determinado o grau de torra a partir da Equação 1.

$$\% \text{Grau de torra} = \frac{m_0 - m_f}{m_0} * 100 \quad (01)$$

Onde:

$m_0$ : Massa antes da torrefação;

$m_f$ : Massa após a torrefação.

Portanto, após a conclusão do processo de torrefação, foram realizados os processos de moagem, análise granulométrica, extração e as características físico-químicas da amostra que obteve o maior grau de torra.

### 3.3 PROCESSO DE MOAGEM

Após o processo de torrefação, os caroços de açaí foram moídos utilizando um moinho de facas durante o período de 1 hora. A Figura 11 mostra o moinho de facas que foi utilizado para moer os caroços de açaí torrados.

Figura 11 – Moinho de facas utilizado no processo.



Fonte: PRÓPRIA (2023).

Após a moagem, foi realizado com o material moído a análise granulométrica por peneiramento para determinação do tamanho da amostra.

### 3.4 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Para a realização da análise granulométrica, foi pesado 50g da amostra obtida no item 3.3. com as peneiras devidamente encaixadas. Foi realizado o despejo da amostra na parte superior da torre de peneiras. As peneiras foram desencaixadas uma a uma e todo o material da amostra foi pesado. Foram utilizadas peneiras de 28 mesh, 48 mesh, 65 mesh. A Figura 12 demonstra as peneiras granulométricas que foram utilizadas durante o procedimento.

Figura 12 – Peneiras granulométricas utilizadas na determinação dos tamanhos das partículas dos caroços de açaí torrados e moídos.



Fonte: PRÓPRIA (2023).

### 3.5 EXTRAÇÃO

Foi realizado a extração por percolação da amostra do pó do caroço de açaí que obteve o maior grau de torra. Inicialmente, foi pesado 100g de amostra do caroço de açaí torrado e moído no qual foi colocado em papel de filtro em um funil. Foi aquecido 1 L de água a 100°C. Após a água começar a ebulir, deu-se início ao processo de extração colocando a água na amostra.

Após ocorrer todo o escoamento do solvente, o extrato líquido foi levado ao rotaevaporador para a retirada de grande parte do solvente. O extrato do caroço de açaí foi colocado em um frasco previamente pesado e levado ao banho de areia a 80°C, para retirada total do solvente que ainda ficou presente na amostra. Obtendo assim o extrato seco do caroço de açaí. Portanto, após a obtenção da massa do extrato seco calculou-se o teor de extração conforme mostrado na Equação 2.

$$\% \text{Teor de extração} (\% g/g) = \frac{m_2}{m_1} * 100 \quad (02)$$

Onde:

$m_1$ : Massa da amostra inicial antes da extração;

$m_2$ : Massa de extrato obtida após a extração.

### 3.6 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Após o processo de extração, foi realizado a determinação da caracterização físico-química por percentuais de umidade, cinzas, lipídios, carboidratos, fibras e proteínas totais, em triplicata, da amostra que apresentou o maior grau de torra. Sendo utilizada a metodologia proposta pelo Instituto Adolf Lutz (2008).

Foi feito a aquisição de um pó do caroço de açaí torrado da marca Raízes do Açaí produzido na Ilha do Marajó localizado no estado do Pará, no qual também foi realizado as caracterizações físico-químicas utilizando este pó do caroço de açaí para realizar o comparativo dos percentuais encontrados com o do pó do caroço de açaí do presente estudo.

#### 3.6.1 Determinação de umidade

Inicialmente foram pesado 5 g de amostra, em triplicata, que posteriormente foi aquecida a 105° C em estufa durante 24 horas. Após isso, o material foi resfriado em dessecador e pesado. O processo foi repetido até a amostra atingir o peso constante. Ao atingir o ponto ideal, foi calculada a diferença de massa de antes e depois do aquecimento. O percentual de umidade foi determinado pela Equação 3.

$$\% \text{umidade} = \frac{mu_1 - mu_2}{mu_1} * 100 \quad (03)$$

Onde:

$mu_1$ : Massa antes do aquecimento em estufa (g);

$mu_2$ : Massa após o aquecimento em estufa (g).

### 3.6.2 Determinação de cinzas

Inicialmente, foram pesados cerca de 5 g de pó do caroço de açaí, em triplicata, em cápsula de porcelana seca. A amostra foi levada a mufla e aquecida a 550°C em um período de 5 horas, após este tempo, a amostra foi resfriada em dessecador até a temperatura ambiente e posteriormente a amostra foi pesada. A Equação 4 demonstra como foi obtido o teor de cinzas da amostra do pó do caroço de açaí.

$$\% \text{cinzas} = \frac{100 * mc_2}{mc_1} * 100 \quad (04)$$

Onde:

mc<sub>1</sub>: Massa da amostra inicial (g);

mc<sub>2</sub>: Massa de cinzas obtida (g).

### 3.6.3 Determinação de lipídios

Para a determinação de lipídios, foi pesado cerca de 50 g de amostra dentro de um cartucho feito com papel de filtro e amarrado com fio de lã. O cartucho de papel de lã foi transferido para dentro do extrator tipo Soxhlet. Sendo acoplado ao extrator um balão volumétrico de fundo chato de 1000 mL com 500 mL hexano e algumas pedras de ebulição. Foi mantido sob aquecimento a 105°C. Foi realizado a extração em Soxhlet três vezes em um intervalo de 6 horas para cada extração.

Após o fim das extrações, o solvente foi rotaevaporador, e inserido em banho de areia até a total retirada do solvente obtendo no final o extrato hexânico que concentra a quantidade de lipídios presentes na amostra. A Equação 5 demonstra como foi calculado o teor de lipídios da amostra de caroço de açaí.

$$\% \text{lipídios} = \frac{100 * ml_2}{ml_1} * 100 \quad (05)$$

Onde:

$m_1$ : Massa inicial da amostra (g);

$m_2$ : Massa de lipídios obtida (g).

A Figura 13 demonstra como foi realizado o processo de extração de lipídios do pó do caroço de açaí.

Figura 13 – Processo de extração de lipídios em Soxhlet



Fonte: PRÓPRIA (2023).

Para a determinação da quantidade de carboidratos e fibras das amostras, foi utilizado o material desengordurado (resíduo) da extração a partir do solvente hexano.

### 3.6.4 Determinação de carboidratos

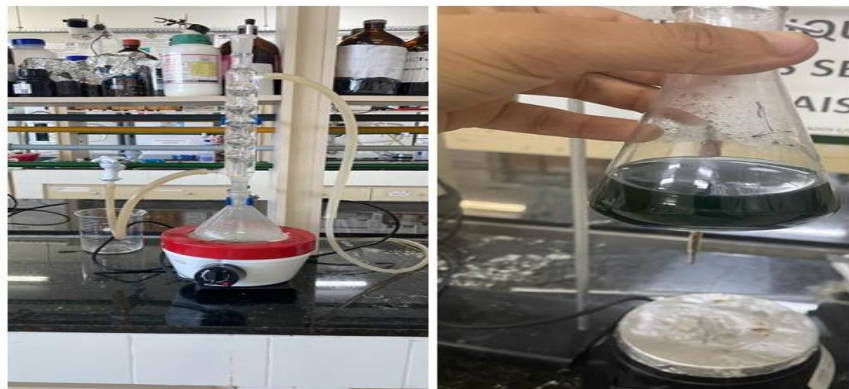
Para a determinação do percentual de carboidratos, foi utilizado o método de determinação de açúcares totais no qual foi preparado as soluções de Fehling A e Fehling B descritas a seguir.

A Solução de Fehling A foi preparada utilizando-se 7,0g de Sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) em 100 mL de água. Já a solução de Fehling B foi preparada

utilizando 34,6g de tartarato duplo de sódio e potássio ( $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) e 10,0g de hidróxido de sódio ( $\text{NaOH}$ ) em 100 mL de água.

Após o preparo das soluções, foi pesado cerca de 5g do resíduo da extração hexânica do pó do caroço de açaí, no qual foi transferido para um balão volumétrico de 500 mL, com o auxílio de água. Adicionou-se 5 mL de ácido clorídrico. Após isso, a amostra foi aquecida em manta aquecedora e foi adaptado o refrigerador de refluxo ao balão volumétrico. A amostra ficou aquecendo durante 3 horas a contar a partir do momento que se teve início do ponto de ebulição. Após isso, aguardou-se a amostra ser resfriada e então neutralizou-se a mesma utilizando hidróxido de sódio a 40% (m/v). O pH da amostra foi verificado com auxílio de papel indicador. Logo após a verificação do pH, a amostra foi transferida para um balão volumétrico de 250 mL. Completou-se o volume do balão volumétrico com água e logo após o mesmo foi agitado. A amostra foi filtrada, em papel de filtro seco. O filtrado foi transferido para uma bureta de 25 mL. Foi adicionado em um erlenmeyer chato de 250 mL, 10 mL de cada uma das soluções de Fehling A e B e 40 mL de água. A mistura das soluções A e B de Fehling com água foi aquecida a  $100^\circ\text{C}$  até chegar ao seu ponto de ebulição. E então teve o início do processo de titulação sobre a solução do balão em ebulição, em agitação contínua, até que a solução passe de azul para uma solução avermelhada, foi anotado o volume em que a titulação modificou a coloração da solução. A Figura 14 demonstra como ocorreu o processo de refluxo e o titulado que foi necessário para obtenção do percentual de carboidratos na amostra do caroço de açaí desengordurada (resíduo da extração de lipídios).

Figura 14 – Obtenção do percentual de carboidratos na amostra do caroço de açaí.



Fonte: PRÓPRIA (2023).

A Equação 6 demonstra como foi determinada a quantidade de carboidrato na amostra do caroço de açaí.

$$\% \text{Carboidratos} = \frac{100 * v_1 * mca_1}{v_2 * mca_2} * 100 \quad (06)$$

Onde:

$v_1$ : Volume da amostra preparada (mL);

$v_2$ : Volume gasto na titulação (mL);

$mca_1$ : Massa de glicose correspondente a 10 mL das soluções de Fehling (g);

$mca_2$ : Massa da amostra (g).

### 3.6.5 Determinação de fibras

Para a determinação da quantidade de fibra na amostra, foi utilizado o procedimento de fibra total. Segundo o Instituto Adolf Lutz (2008).

Inicialmente, preparou-se uma solução ácida em um béquer de 1000 mL, onde foi misturado 500 mL de ácido acético glacial, 450 mL de água, 50 mL de ácido nítrico e 20g de ácido tricloroacético.

Após a preparação da solução ácida, foi utilizado 5g do resíduo da extração hexânica obtido na determinação de lipídios, no qual foi transferido para um balão volumétrico de 1000 mL. Foi adicionada 100 mL da solução ácida e então adaptou-se um condensador de refluxo ao balão volumétrico e aqueceu-se em manta aquecedora a 100°C durante 40 minutos a partir do momento que a solução ácida foi adicionada. Após o período de tempo determinado, a amostra foi filtrada em filtro a vácuo. A amostra sólida foi lavada com água e filtrada, após isso realizou-se a medição de pH com papel de filtro até ser sinalizado que a mesma estava neutralizada. Após a filtração, a amostra foi aquecida em estufa a 105°C, por um período de duas horas. A amostra foi resfriada em dessecador a temperatura ambiente. A amostra foi pesada e o processo de aquecimento e resfriamento foi repetido até quando se verificou que a amostra ficou com peso constante. Após isso, a amostra foi levada a incineração em mufla a 550°C durante 3 horas. Ao final da incineração a amostra foi pesada

novamente. A perda de peso é igual a quantidade de fibra bruta determinada a partir da Equação 7.

$$\%Fibras = \frac{100 * mf_2}{mf_1} \quad (07)$$

Onde:

mf<sub>1</sub>: Massa inicial da amostra (g);

mf<sub>2</sub>: Massa de fibras na amostra (g).

### 3.6.6 Determinação de proteínas

O teor de proteínas da amostra foi determinado a partir da diferença dos outros componentes obtidos na Equação 8.

$$\%Proteínas = 100\% - (\%carboidratos + \%cinzas + \%fibras + \%umidade + \%lipídios) \quad (08)$$

### 3.7 DETERMINAÇÃO DE ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

O teste de atividade antioxidante foi determinado pelo método de capacidade redutora do ferro (FRAP). Inicialmente foi preparado a solução padrão de sulfato ferroso 2mM onde foi dissolvido 27,8 mg de sulfato ferroso em um balão volumétrico de 50 mL que foi completado com água destilada. A solução foi homogeneizada e foi transferida para um frasco de vidro âmbar que foi devidamente etiquetado. A partir da solução padrão de sulfato ferroso, foram preparadas soluções com variadas concentrações para a obtenção da curva padrão, como pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6 – Preparo das soluções para curva-padrão da atividade antioxidante.

Solução de sulfato ferroso (mL)	Água destilada (mL)	Concentração final (µM)
2,5	7,5	500
5,0	5,0	1.000
7,5	2,5	1.500
10	0	2.000

FONTE: RUFINO et al (2006).

Após a obtenção das soluções para curva-padrão, foi preparado o reagente FRAP. Em um balão volumétrico de 1 L, foi adicionado 3,34 mL de ácido clorídrico (HCl) concentrado, após isso o volume do recipiente foi completado com água destilada e então a solução foi homogeneizada e transferido para um frasco de vidro devidamente etiquetado, obtendo assim a solução de HCl 40 mM. Após isso, foi dissolvido 3,12g de 2,4,6-tripiridil-s-triazina (TPTZ) em aproximadamente, 5 mL de HCl 40mM e foi completado o volume de 1 L em um balão volumétrico.

A solução foi homogeneizada e transferida para um frasco de vidro âmbar devidamente etiquetado. Obtendo assim a solução de TPTZ 10mM. A solução foi mantida sob refrigeração. Preparou-se a solução de cloreto férrico 20 mM, dissolvendo-se 5,4g de cloreto férrico em água destilada em um balão volumétrico de 1 L que foi completado com água destilada. Com isso a solução foi homogeneizada e transferida para um frasco de vidro âmbar devidamente etiquetado. A solução foi mantida em refrigeração na geladeira.

Preparou-se a solução tampão de acetato 0,3M, dissolvendo-se 3,1g de acetato de sódio em 16 mL de ácido acético em um balão volumétrico de 1 L que foi completo com água destilada, a solução foi homogeneizada e transferida para um frasco de vidro âmbar devidamente etiquetado e armazenado a temperatura ambiente. Assim, foi obtida a solução FRAP misturando 25 mL da solução tampão de acetato 0,3M, 2,5 mL da solução de TPTZ 10 mM e 2,5 mL da solução aquosa de cloreto férrico 20 mM (RUFINO et al., 2006).

Por fim, foi realizado a obtenção da amostra, para isso foi preparado uma solução de metanol 50% (v/v). Em um balão volumétrico de 100 mL foi adicionado 50 mL de metanol e foi completado com água destilada. A solução foi homogeneizada e transferida para um frasco de vidro devidamente etiquetado. O preparo da amostra foi realizado em triplicata, foi pesado 1g do extrato aquoso obtido pela extração por percolação em um béquer e dissolvido em 1 mL da solução de metanol 50% (RUFINO et al, 2006).

Para a determinação da curva-padrão, foi transferido 100  $\mu$ L de cada solução de sulfato ferroso (500  $\mu$ L, 1000  $\mu$ L, 1500  $\mu$ L e 2000  $\mu$ L) para tubos de ensaio, em triplicata, acrescentando 300  $\mu$ L de água Mili-Q e 3 mL do reagente FRAP em cada tubo de ensaio. As amostras de cada tubo de ensaio foram levadas as cubetas de quartzo passando por um

período de 4 minutos de incubação. Após isso, foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 593 nm. Posteriormente, foi anotada a absorbância obtida, e foi plotado o gráfico da absorbância x concentração de sulfato ferroso (curva-padrão), e então foi possível obter a equação da reta. A partir da equação encontrada, foi calculada a absorbância referente a 1000  $\mu\text{M}$  de sulfato ferroso (RUFINO et al, 2006).

Com isso foi possível realizar a determinação da atividade antioxidante total (AAT). A partir do extrato obtidos no item 3.5, adicionou-se em tubos de ensaios 100  $\mu\text{L}$  de amostra, 300  $\mu\text{L}$  de água Mili-Q e 3 mL do reagente FRAP. As amostras foram inseridas em cubetas de quartzo e esperou por um período de incubação de 4 minutos. Após isso, foi realizada a leitura em espectrofotômetro a 593 nm.

Após a obtenção dos dados foi possível determinar a atividade antioxidante do extrato aquoso do caroço de açaí por meio da capacidade redutora do ferro (FRAP) a partir da curva-padrão encontrada pelo gráfico da absorbância x concentração de sulfato ferroso.

### 3.8 DETERMINAÇÃO DE FENÓLICOS TOTAIS

Inicialmente, foram preparadas em triplicata as amostras a partir de 1 mg de extrato aquoso adicionando 1 mL de etanol, tendo por fim uma concentração de 1 mg/mL.

Após isso, foi preparada a solução da curva-padrão. Foi preparada uma solução de ácido gálico 0,2 mg/mL, no qual foi dissolvido 1 mg de ácido gálico em 1 mL de metanol P.A. Em seguida foi misturado 200  $\mu\text{L}$  da solução com 1000  $\mu\text{L}$  de metanol. Então foi preparado a solução de carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 10% (m/v), onde foi pesado 10 g de carbonato de sódio e foi dissolvido em 100 mL de água Mili-Q, a mistura foi realizada até a dissolução total do sal. Após a formação de precipitado a solução foi filtrada em papel de filtro. A curva padrão foi preparada em tubos de ensaio conforme os volumes dos reagentes presentes na Tabela 7 (PIRES et al., 2006).

Tabela 7 – Volumes dos reagentes contidos na curva-padrão do método de Folin-Ciocalteu.

<b>Concentração final (<math>\mu\text{g/mL}</math>)</b>	<b>Água (<math>\mu\text{L}</math>)</b>	<b>Folin-Ciocalteu (<math>\mu\text{L}</math>)</b>	<b>Solução de ácido gálico (<math>\mu\text{L}</math>)</b>	<b>Metanol (<math>\mu\text{L}</math>)</b>	<b>Carbonato de sódio (<math>\mu\text{L}</math>)</b>	<b>Volume total (<math>\mu\text{L}</math>)</b>
0	200	20	---	20	60	300
2	200	20	3	17	60	300
4	200	20	6	14	60	300
6	200	20	9	11	60	300
8	200	20	12	8	60	300
10	200	20	15	5	60	300

FONTE: PIRES ET AL. (2006).

Onde a concentração 0 corresponde ao branco e sua absorbância foi descontada em todas as absorbâncias de cada um dos pontos da curva padrão (PIRES et al., 2006).

Após o preparo da curva-padrão, os tubos de ensaio foram encubados em ausência de luz e temperatura ambiente por 60 minutos. Após isso, foi realizada a leitura da absorbância em espectrofotômetro UV/vis utilizando cubetas de quartzo a 760 nm. Assim foi possível a construção da curva padrão que irá relacionar a concentração do padrão e os valores da absorbância (PIRES et al, 2006).

Utilizando outros tubos de ensaio, foi misturado água destilada, o reagente Folin Ciocalteu, metanol, 20  $\mu\text{L}$  carbonato de sódio e a amostra do extrato aquoso do caroço de açaí para a realização das análises. Os volumes dos reagentes e da amostra estão contidos na Tabela 8. Os volumes foram incubados nos tubos de ensaio com as amostras durante 60 minutos em temperatura ambiente em ausência de luz. Após o período de tempo, foram realizadas as leituras em espectrofotômetro UV/vis a 760 nm (PIRES et al., 2006).

Tabela 8 – Volumes de reagentes e das amostras do extrato para o ensaio do Folin-Ciocalteu.

<b>Amostra</b>	<b>Água (<math>\mu\text{L}</math>)</b>	<b>Folin- Ciocalteu (<math>\mu\text{L}</math>)</b>	<b>Amostra (<math>\mu\text{L}</math>)</b>	<b>Metanol (<math>\mu\text{L}</math>)</b>	<b>Carbonato de sódio (<math>\mu\text{L}</math>)</b>	<b>Volume total (<math>\mu\text{L}</math>)</b>
Branco	200	20	---	20	60	300
Amostra	180	20	20	20	60	300
Branco-amostra	280	---	20	---	---	300

FONTE: PIRES et al. (2006).

O valor da absorbância do branco é o mesmo obtido para concentração zero da curva Tabela 7. Foi realizado um branco-amostra para cada uma das amostras. A absorbância do branco-amostra foi descontada na absorbância da respectiva amostra com finalidade de descontar possíveis interferências de pigmentos contidos na amostra durante a leitura (PIRES et al, 2006). A Figura 15 demonstra o espectrofotômetro que foi utilizado para a realização do procedimento.

Figura 15 – Espectrofotômetro UV/VIS.



Fonte: PRÓPRIA (2023).

Para a determinação de fenólicos totais, foi encontrada a equação da reta da curva-padrão obtida a partir das soluções de ácido gálico. Após isso, foram realizados os cálculos para a obtenção da quantidade de  $\mu\text{g}$  de ácido gálico presente a cada miligrama do extrato aquoso do caroço de açaí ( $\mu\text{g}$  de ácido gálico/mg de amostra) (PIRES et al., 2006)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nessa seção serão apresentados os resultados e a discussão referente aos processos de torrefação, análise granulométrica, extração, caracterizações físico-químicas, determinação da atividade antioxidante e compostos fenólicos realizados no laboratório do grupo Química Aplicada à Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas (UEA).

### 4.1 DETERMINAÇÃO DO GRAU DE TORRA

Os dados presentes na Tabela 9 são referentes as análises realizadas no processo de torrefação demonstrando a massa final das amostras e seus respectivos graus de torra (GR) conforme a variação de tempo e temperatura que foram determinados no planejamento experimental 2<sup>2</sup> com ponto central.

Tabela 9 – Graus de torras obtidos após o processo de torrefação.

<b>Nº Amostra</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Tempo (min)</b>	<b>Massa final (g)</b>	<b>Grau de torra (%)</b>
1	210	30	186,035 ± 0,01	7,02
2	270	30	160,898 ± 0,01	19,57
3	210	60	176,215 ± 0,01	11,95
4	270	60	129,299 ± 0,01	35,36
5	240	45	172,398 ± 0,01	13,84
6	240	45	174,125 ± 0,01	12,94
7	240	45	173,155 ± 0,01	13,53

Fonte: PRÓPRIA (2023).

Ao analisar os dados obtidos do grau de torra, da Tabela 9, com o aumento da temperatura de torra de 210°C para 270°C, houve o aumento do grau de torra, assim como aumentando o tempo de torrefação, aumentou o grau de torra dos grãos de caroços de açaí. A amostra 4 teve o maior grau de torra, com isso, essa foi a amostra escolhida para a realização da análise granulométrica, caracterizações físico-químicas e a obtenção do extrato aquoso para a realização da determinação da atividade antioxidante e os compostos fenólicos

presentes na amostra escolhida. A Figura 16 demonstra os caroços da Amostra 4 após o processo de torrefação.

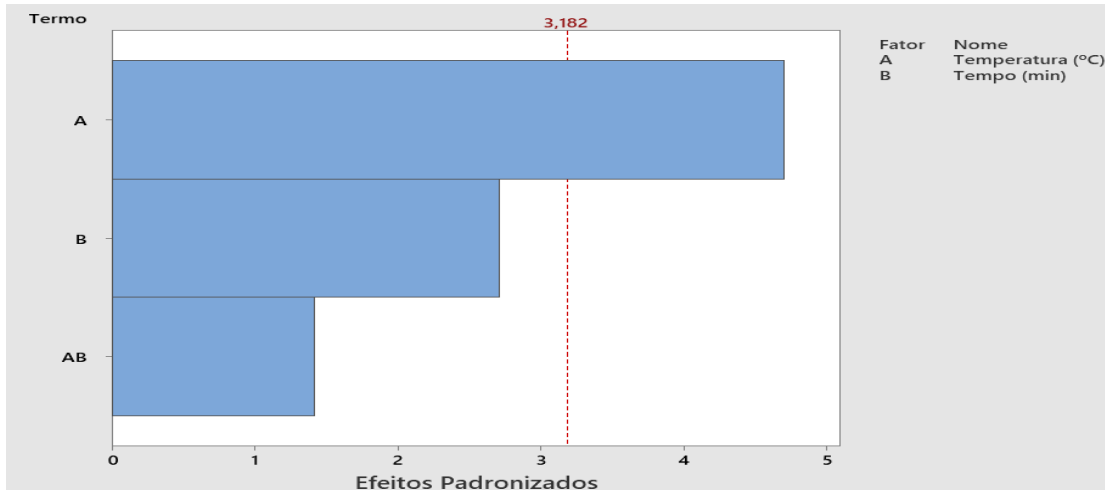
Figura 16 – Caroços de açaí após o processo de torrefação a 270°C durante 1 hora.



Fonte: PRÓPRIA (2023).

A partir da Tabela 9 foi possível elaborar o gráfico de Pareto, que é apresentado na Figura 17, que estima os principais efeitos da interação entre as variáveis independentes (temperatura e tempo) pela variável dependente (grau de torra). O gráfico demonstra que o fator A (temperatura °C) se estende além da linha de referência, ou seja, é significativo a 95% de confiança. Portanto, a temperatura demonstra uma maior influência para a determinação do grau de torra do caroço de açaí torrado e moído.

Figura 17 – Gráfico de Pareto com a estimativa dos principais efeitos da interação entre as variáveis independentes (temperatura e tempo) pela variável dependente (grau de torra).



Fonte: PRÓPRIA (2023).

## 4.2 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Os resultados obtidos para análise granulométrica por peneiramento do pó do caroço de açaí torrado a partir da amostra com o maior grau de torra obtido no item 4.1 utilizando peneiras de 28, 48 e 65 mesh e o fundo estão presentes na Tabela 10.

Tabela 10 – Dados obtidos na análise granulométrica do pó do caroço de açaí.

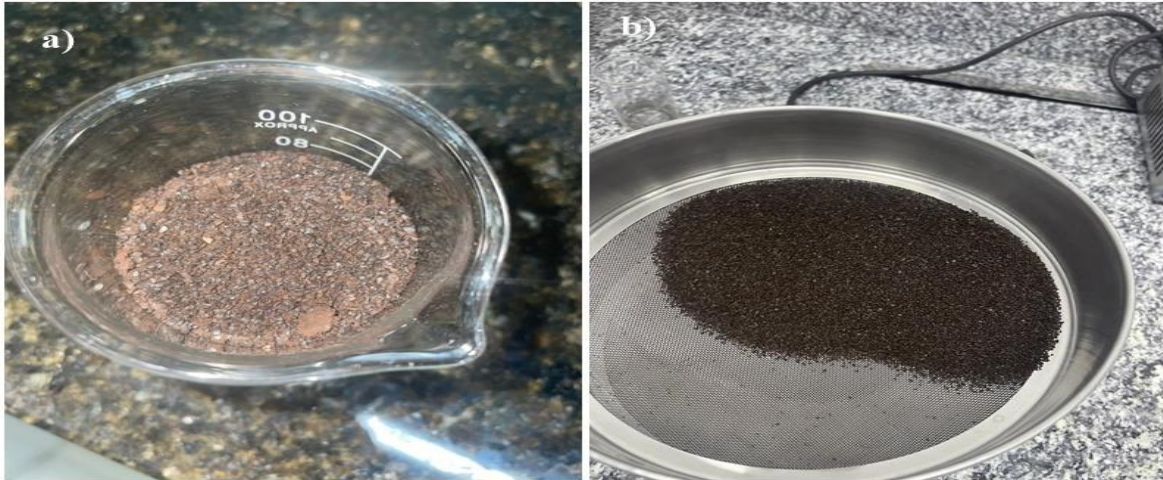
Peneira (Mesh)	Abertura d# (mm)	Massa retida (g)	%retido
28	0,600	28,625 ± 0,01	57,24
48	0,300	14,427 ± 0,01	28,85
65	0,212	2,251 ± 0,01	4,50
Fundo	-	4,703 ± 0,01	9,41
Total		50,006 ± 0,01	100

Fonte: PRÓPRIA (2023).

Notou-se que a peneira que teve a maior porcentagem de massa retida com o pó do caroço de açaí torrado foi a com abertura de 0,600 mm. Em relação ao processo de moagem, Basseto e colaboradores (2016) afirmam que o tempo desse procedimento interfere

diretamente no tamanho final das partículas, no presente trabalho utilizou-se o tempo de 1 hora para o processo de moagem. A Figura 18 demonstra a amostra moída que foi utilizada na análise granulométrica e a quantidade de amostra retida na peneira de 28 mesh.

Figura 18 – Análise granulométrica: (a) amostra moída utilizada na análise granulométrica  
(b) quantidade de amostra retida na peneira de 28 mesh.



Fonte: PRÓPRIA (2023).

Portanto, tomando como base o regulamento técnico da Associação Brasileira da Indústria do Café (ABIC, 2020), o tamanho das partículas foram classificadas como média, o que produzirá uma bebida com característica encorpada e suave sendo comparada ao Café Tradicional. Segundo Cussler (2009) o tamanho da partícula influencia diretamente na capacidade de absorção durante o preparo de bebida realizando o processo de extração utilizando água, além do tempo de filtração e características sensoriais, como a aparência, sabor e textura da bebida final.

#### 4.3 TEOR DE EXTRAÇÃO

Utilizando-se a Equação (2), obteve-se o teor de Extração, em porcentagem:

$$\% \text{ Teor de extração} = (22,7443/100,0070) * 100 = 22,74\%$$

Portanto, a extração realizada pelo método de percolação, no qual é o método mais similar ao que é realizado pelo consumidor final, e obteve-se 22,74% de teor de extração. Ao

realizar um comparativo em relação ao café, de acordo com a Portaria nº 377 do Ministério da Saúde, que relata que o teor de extração mínimo deve ser de 20% para o extrato aquoso do café descafeinado torrado e moído comercializado no Brasil. Com isso, tem-se que o extrato do caroço de açaí teve um teor extrativo dentro do padrão ao comparar-se com o café que é comercializado.

Com a realização da extração sólido-líquido, pode-se analisar também que o extrato obtido teve um percentual de amostra extraída com um valor significativo. Demonstrando que a amostra do pó do caroço de açaí torrado tem uma afinidade relativamente boa quando interage com água. A Figura 19 demonstra como ficou o extrato aquoso seco do caroço de açaí após o processo de extração.

Figura 19 – Extrato aquoso seco do pó do caroço de açaí torrado.



Fonte: PRÓPRIA (2023).

Portanto, o processo de extração por percolação alcançou um resultado dentro dos padrões ao se comparar com o que é permitido pela legislação brasileira para o café.

#### 4.4 DETERMINAÇÃO DA CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

A Tabela 11 demonstra os resultados obtidos para o pó do caroço de açaí torrado estudado neste trabalho juntamente com o pó do caroço que é comercializado pela marca Raízes do Açaí.

Tabela 11 – Características físico-químicas do pó do caroço de açaí do presente estudo e da logomarca Raízes do Açaí.

<b>Parâmetros</b>	<b>Pó do caroço de açaí torrado (g/100g)</b>	<b>Pó do caroço de açaí Raízes do Açaí (g/100g)</b>
Carboidratos	24,01 ± 1,16	27,02 ± 2,01
Umidade	2,47 ± 0,17	2,68 ± 0,01
Proteínas	8,58 ± 0,06	9,63 ± 0,15
Lipídios	1,27 ± 0,01	3,82 ± 0,01
Cinzas	0,96 ± 0,03	0,88 ± 0,02
Fibras	62,71 ± 0,01	55,97 ± 0,01

Fonte: PRÓPRIA (2023)

Nota-se que os resultados dos parâmetros tanto para o pó do caroço de açaí que está sendo estudado neste trabalho quanto para o pó do caroço de açaí que é comercializado foram semelhantes. As características físico-químicas que mais se destacaram em ambas as amostras foram o teor de carboidratos e fibras. Portanto, a bebida obtida a partir do pó do caroço de açaí é uma boa fonte de energia, e podendo também auxiliar na regulação do intestino pelo seu alto teor de fibra.

#### **4.4.1 Teor de umidade**

A umidade corresponde à perda em peso sofrida pelo produto quando é aquecida em condições que a água é removida (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Ao verificar o valor obtido para o teor de umidade na Tabela 11 percebe-se que a um percentual pequeno desse fator em ambas as amostras, isso está diretamente ligado com o tempo e temperatura de torra, pois na torrefação há uma perda significativa de umidade (SILVA, 2008).

O teor de umidade influencia diretamente na qualidade final da bebida, pois facilita a proliferação da atividade microbiana e enzimática, no que afeta diretamente na preservação do produto e acaba alterando as características fundamentais, como o aroma e sabor. A legislação brasileira permite que o teor de umidade do café torrado e moído seja de 5% (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1999). Com isso ao realizar a comparação dos resultados

obtidos na Tabela 11 com a legislação para o café, tem-se que as amostras podem ser consideradas como adequadas.

#### 4.4.2 Teor de cinzas

Conforme o Instituto Adolfo Lutz (2008), o teor de cinzas representa a matéria inorgânica que está presente nas amostras e é obtido através de aquecimento de um determinado produto a temperaturas bem elevadas (550-570°C). O percentual permitido para este parâmetro de acordo com a legislação brasileira, conforme o Ministério da Saúde, é de 5% e ao fazer análise dos resultados obtidos para as duas amostras (Tabela 11), verifica-se que este percentual foi o menor comparado ao demais caracterizações físico-químicas.

O controle desse parâmetro é de suma importância, pois em alguns casos pode representar a presença de impurezas e substâncias indesejáveis presentes nas amostras (Tabela 11). Portanto, com os resultados obtidos para os teores de cinzas das amostras analisadas, verificou-se que as amostras tem um baixo percentual de matéria orgânica em sua composição. A Figura 20 demonstra a quantidade de cinzas presentes nas amostras de caroço de açaí levadas a mufla.

Figura 20 – Amostras com a quantidades de cinzas presentes na amostra do caroço de açaí.



Fonte: PRÓPRIA (2023).

#### 4.4.3 Teor de lipídios

Os lipídios são compostos orgânicos com um índice alto de energia contendo ácidos graxos que são essenciais ao organismo humano onde atuam como transportadores das vitaminas polissolúveis (NASCIMENTO, 2007). Neste trabalho, para a determinação do teor de lipídios foi utilizado o solvente hexano, mais comum empregado pelos processadores de óleo vegetais (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008) .

A presença deste parâmetro para a bebida final é de suma importância, pois uma bebida com uma quantidade maior de lipídios tende apresentar melhores sabores e aromas, entretanto pode ocorrer também o processo de oxidação lipídica durante o armazenamento do produto (ELIAS, 2019). A Figura 21 mostra o extrato hexânico obtido que demonstra a quantidade de lipídios presentes na amostra do pó do caroço de açaí.

Figura 21 – Extrato hexânico seco.



Fonte: PRÓPRIA (2023),

O teor de lipídios da amostra do pó do caroço de açaí deste estudo foi de 1,27% já da amostra da marca Raízes do Açaí foi de 3,82%. Os valores obtidos estão dentro da faixa encontrada na literatura. Por exemplo, Lima (2015) encontrou um teor de lipídios de 2,19%. Tal variação pode ser atribuída por conta da variação de clima, localização geográfica, condições do plantio, estágio de maturação dos frutos, variabilidade do material genético e no processo de torra, já que ao aquecer os caroços de açaí em altas temperaturas ocorre a liberação dos lipídios.

#### **4.4.4 Teor de fibras**

A quantidade de fibras em alimentos é de grande importância pois auxiliam na saúde humana, como por exemplo, no aumento da viscosidade do conteúdo gastrointestinal, retardando o esvaziamento e a difusão de nutrientes, diminuem o tempo de trânsito intestinal, aumentam o peso das fezes, tornam mais lentas a absorção da glicose e retardam a digestão do amido (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Ao analisar-se tanto a amostra do açaí do presente estudo (62,71%) quanto a do açaí comercializado pela marca Raízes do Açaí (55,97%), foi obtido uma alta porcentagem do teor de fibras presente em ambas as amostras. Ao comparar-se os resultados obtidos com o de Lima (2015), que foi de 62,69%, verificou-se resultados bem semelhantes para a determinação dos percentuais da caracterização físico-química com os obtidos na literatura e no estudo realizado nesse trabalho.

Ao comparar-se o teor de fibras do pó do caroço de açaí torrado com o do café torrado que de acordo com Lago (2002) é de 21,48%, observa-se que tem uma diferença significativa destes parâmetros entre o caroço de açaí e o café tradicional torrado e moído. Portanto, a bebida do pó do caroço de açaí tem um teor de fibras mais significativo em relação ao do café tradicional no qual as pessoas ingerem diariamente, além de trazer diversos benefícios a saúde humana após ser ingerido, auxiliando na prevenção de diversas doenças e agindo como prebiótico, estimulando o crescimento das bactérias que estimulam uma melhor regulação no organismo humano.

#### **4.4.5 Teor de carboidratos**

Conforme Elias (2019) para o teor de carboidratos presentes nas amostras, deve ser levado em consideração as seguintes características: as questões do cultivo, aspectos ocorridos durante o plantio e o processo de torrefação. O último item mencionado é um dos mais importantes, pois está diretamente relacionado a uma maior ou menor perda desse parâmetro durante o processamento térmico ocorrido para a determinação do grau de torra.

Conforme Agnoletti (2015), os carboidratos do caroço de açaí têm importante função, principalmente no processo de torra. Assim como no processo de torra do café ocorre também a reação de Maillard para o caroço de açaí, uma vez que ocorre o escurecimento não enzimático, acentuando as questões do aroma, sabor e cor do caroço de açaí que são qualidades essenciais para o produto final.

Ao compara-se os valores obtidos para o teor de carboidrato da amostra do caroço de açaí analisado neste trabalho que foi de 24,01%, com o da marca Raízes do Açaí que foi de 27,02% e o do café tradicional obtido por Lago (2002) que foi de 41,19% observa-se uma diferença significativa. Podendo-se afirmar que a bebida do café possui uma fonte de energia maior que a do caroço de açaí torrado e moído.

#### **4.4.6 Teor de proteínas**

O percentual da quantidade de proteína presente nas amostras analisadas foi determinado pela diferença das demais características físico-químicas. Os teores de proteína obtidos para o caroço de açaí estudado neste trabalho juntamente com o da marca Raízes do Açaí foram de 8,58% e 9,63% respectivamente. Ao confrontar-se os resultados com o de Lago (2002) para o café tradicional que foi de 13,87% verificou-se percentuais baixos, porém bem similares para o pó do caroço de açaí obtido nesse trabalho e da marca comercial analisada.

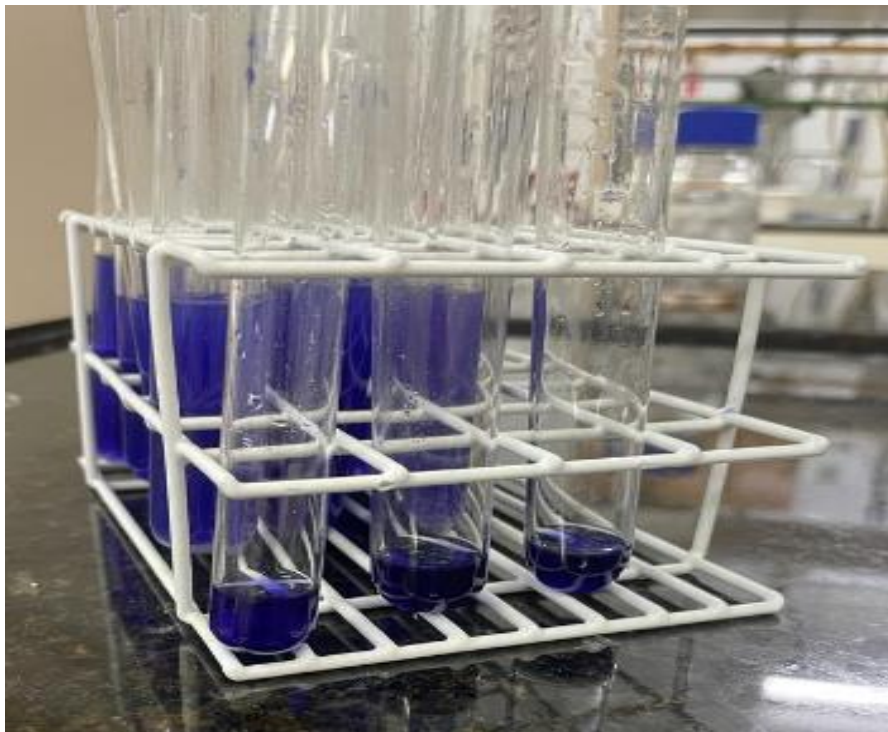
De acordo com Elias (2019) o baixo teor proteico obtido tanto para os caroços de açaí quanto para o café tradicional torrados e moídos pode ser justificado por conta que as proteínas são degradadas quando uma determinada amostra é colocada em altas temperaturas

ou podendo ainda serem transformadas em outros componentes ao decorrer do processo de torra, influenciando diretamente na caracterização do sabor final do produto obtido.

#### 4.5 DETERMINAÇÃO DE ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

O resultado para a determinação da atividade antioxidante do extrato aquoso do pó do caroço de açaí torrado foi expresso pelo método da capacidade de redução do ferro (FRAP), no qual foi realizado a leitura das absorbâncias em espectrofotômetro a 595 nm. A Figura 22 demonstra como ficou a coloração das amostras durante a leitura em espectrofotômetro.

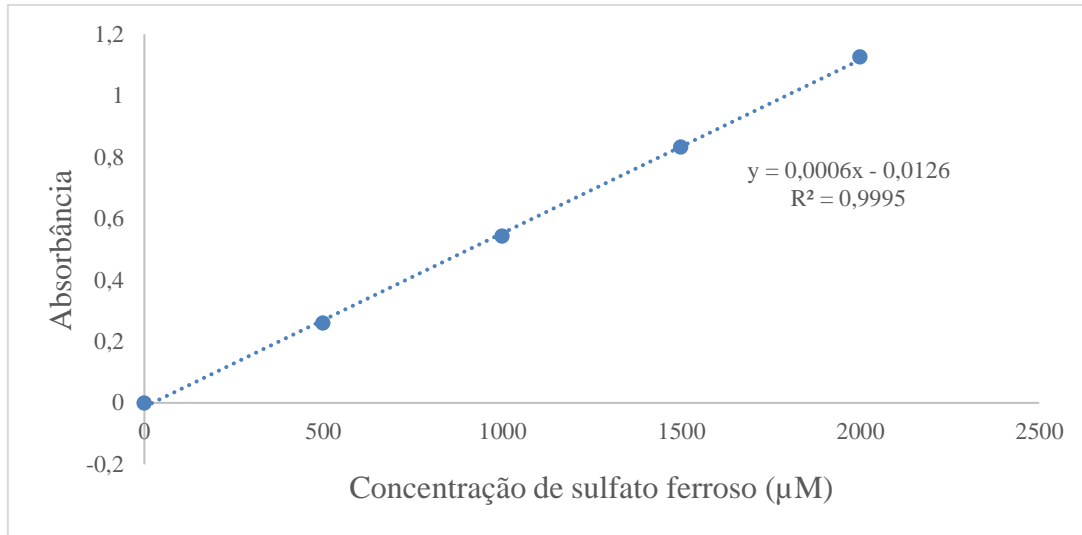
Figura 22 – Tubos de ensaios com amostra utilizada para determinação de atividade antioxidante.



Fonte: PRÓPRIA (2023).

A Figura 23 apresenta a curva padrão obtida, utilizada para a determinação da atividade antioxidante do extrato aquoso.

Figura 23 – Curva da absorbância pela concentração de sulfato ferroso utilizado para a determinação da atividade antioxidante.



Fonte: PRÓPRIA (2023).

A partir da equação presente na Figura 23, foi possível determinar a atividade antioxidante presente no extrato aquoso do caroço de açaí torrado e moído. Portanto, fazendo-se uso da curva-padrão foi possível quantificar a atividade antioxidante do extrato aquoso do caroço de açaí e que está demonstrado na Tabela 12.

Tabela 12 – Atividade antioxidante do extrato aquoso do caroço de açaí pelo método da capacidade de redução do ferro (FRAP).

<b>Amostra</b>	<b>Absorbância média (nm)</b>	<b>Concentração (mg/mL)</b>	<b>FRAP (µM FeSO<sub>4</sub>/g)</b>
Extrato aquoso do caroço de açaí	0,336 ± 0,051	1	5,62 ± 0,06

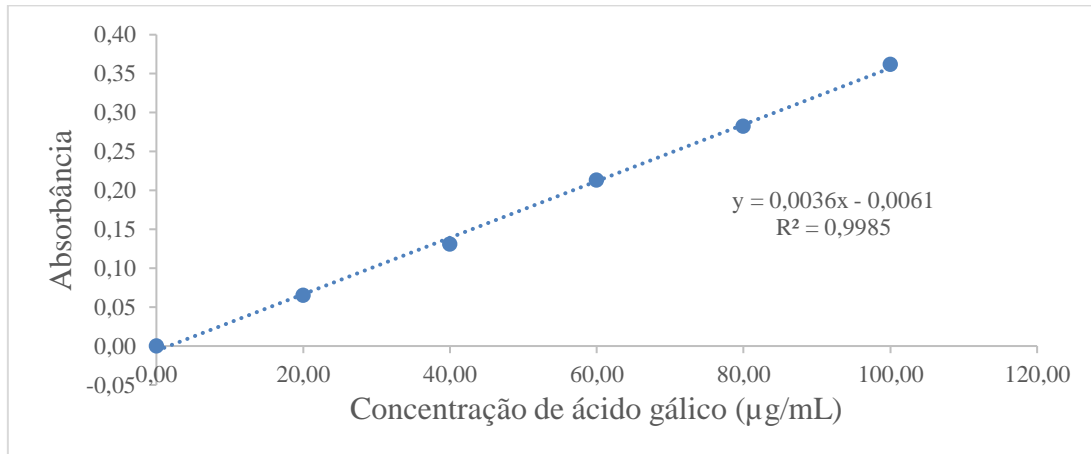
Fonte: PRÓPRIA (2023).

Ao comparar-se o resultado obtido de atividade antioxidante pelo método da capacidade de redução do ferro (FRAP) para o extrato aquoso do pó do caroço de açaí torrado com o obtido na literatura por Vignoli (2011), que foi de 0,62 µM FeSO<sub>4</sub>/g, verificou-se que o caroço de açaí torrado e moído possui uma atividade antioxidante oito vezes maior do que o café.

#### 4.6 DETERMINAÇÃO DOS COMPOSTOS FENÓLICOS

Para a determinação dos compostos fenólicos presentes no extrato aquoso do caroço de açaí torrado e moído foi necessário plotar o gráfico da Figura 24, que demonstra a relação entre as absorvâncias e a concentração de ácido gálico. Com isso foi possível determinar a curva-padrão que foi usada para obter a equação da reta, utilizada para a determinação dos compostos fenólicos.

Figura 24 – Curva da absorvância pela concentração de ácido gálico para a determinação dos compostos fenólicos.



Fonte: PRÓPRIA (2023).

De maneira análoga do que foi feito para a determinação da atividade antioxidante do extrato aquoso, foi utilizado a equação  $y = 0,0036x - 0,0061$  para se quantificar os compostos fenólicos presentes no extrato aquoso do caroço de açaí torrado e moído. Com isso, foi possível encontrar o valor contido na Tabela 13.

Tabela 13 – Compostos fenólicos totais presentes na amostra do extrato aquoso do pó do caroço de açaí.

<b>Amostra</b>	<b>Absorvância média (nm)</b>	<b>Concentração (mg/mL)</b>	<b>Fenólicos Totais (mgEAG/100g)</b>
Extrato aquoso do caroço de açaí	0,226 ± 0,035	1	64,380 ± 0,004

Fonte: PRÓPRIA (2023).

De acordo com Costa (2020) que demonstrou que a quantidade de compostos fenólicos presentes no extrato aquoso do caroço de açaí torrado foi 81,33 mgEAG/100g e conforme Affonso (2017) a quantidade de compostos fenólicos presentes no extrato aquoso do café torrado foi de 24,13 mg EAG/100g.

Com isso, tem-se que no extrato aquoso do caroço de açaí torrado e moído há uma presença maior de compostos fenólicos do que no extrato aquoso do café torrado. Já a diferença com o resultado obtido por Costa (2020) pode ser justificada por conta de variações climática, condições da área geográfica onde o açaí foi plantado e também o processo de torra, já alguns compostos fenólicos degradam após serem aquecidos a altas temperaturas. O principal fato de não ter obtido um valor expressivo para o extrato aquoso para essas análises é justificado por conta do processo de torrefação, onde há uma perda significativa de compostos fenólicos.

## 5 CONCLUSÃO

O pó do caroço de açaí pode ser uma opção de bebida quente, podendo ser uma alternativa para substituir o café tradicional consumidos por diversas pessoas. Além de ter a possibilidade de gerar uma opção de renda econômica utilizando uma matéria-prima que é considerada resíduo. Sendo fundamental o estudo dos processos para obtenção o pó do caroço de açaí, das características físico-químicas e das substâncias presentes na composição do produto final.

Dentre as etapas de preparo da bebida do caroço de açaí, destaca-se o processo de torrefação. Nesta etapa é necessário se ter um controle rigoroso das variáveis, pois influenciam diretamente na qualidade do produto final. O processo de torrefação foi realizado na amostra que teve o maior grau de torra (Amostra 4), de acordo com o planejamento fatorial previamente desenvolvido, resultando em uma perda de massa. Ao escolher a amostra que teve o maior grau de torra, pode verificar um produto final mais forte e encorpado.

Já as etapas de moagem e análise granulométrica são importantes para o processo de extração para obtenção da bebida, uma vez que quanto mais fina for a amostra maior é a capacidade de extração do solvente. Neste presente estudo, verificou-se uma afinidade boa entre soluto e o solvente que foi determinado pelo teor de extração da amostra do pó do caroço de açaí torrado.

Analisando as características físico-químicas do trabalho em questão, verificou-se que os teores de fibra e carboidratos se destacaram. Tendo assim, uma bebida com um bom teor energético e matéria orgânica que podem auxiliar diretamente as pessoas com problemas intestinais. Já os teores de umidade e cinzas foram baixos, sendo 2,47% e 0,96% respectivamente, tendo assim um produto com baixa probabilidade de proliferação de atividade microbiana e com alta pureza.

Verificando a atividade antioxidante e os compostos fenólicos do extrato aquoso do pó do caroço de açaí, percebeu-se que o produto obtido teve valores mais significantes para ambas as análises quando comparado com o café. Portanto, apesar de não encontrar valores expressivos, tem-se uma maior quantidade de atividade antioxidante e compostos fenólicos no extrato aquoso do caroço de açaí torrado ao ser comparado com o extrato aquoso de café torrado.

Portanto, o pó do caroço de açaí surge como mais uma opção para as pessoas que não podem ingerir café, sendo uma bebida com um teor energético significativo e com benefícios que podem auxiliar, principalmente, em tratamentos no organismo humano. Além de ser uma opção para fonte de renda, pois o produto final é obtido através do resíduo que é gerado após a obtenção da polpa do açaí.

## 6 PERSPECTIVAS

As principais sugestões para trabalhos futuros consistem em variáveis não estudadas neste projeto, a saber:

- Avaliar o estudo do perfil cromatográfico do extrato aquoso e desreplicação de fenólicos em cromatografia líquida de alta eficiência em espectro de massa.
- Determinar a atividade antimicrobiana e anti-inflamatória do extrato aquoso.
- Obter a quantidade de metais presentes na espécie através de fluorescência de raio-X.
- Demonstrar a atividade de citotoxicidade do extrato aquoso frente à *Artemia franciscana*.
- Realizar a análise granulométrica em peneiras de diferentes aberturas para a determinação da curva granulométrica.

## REFERÊNCIAS

ABIC. Associação Brasileira da Indústria de café. **Norma de Qualidade Recomendável e Boas Práticas de Fabricação de Cafés Torrados em Grão e Cafés Torrados e Moídos**. Revisão 26, 2020.

AFFONSO, R.C.L. **Caracterização do perfil químico e avaliação do potencial de extratos de grãos de café (*Coffea arabica* L.), após remoção da fração óleo, no reparo de lesões cutâneas**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2017.

AGNOLETTI, B. Z. **Avaliação das propriedades físico-químicas de café arábica (*Coffea arabica*) e conillon (*Coffea canephora*) classificados quanto a qualidade da bebida. Dissertação de Mestrado- Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Universidade Federal do Espírito Santo. Porto Alegre- ES, 2015.

ALENCAR, A. C. T. **Açaí: novas perspectivas de negócios**. Edição SEBRAE, p. 45-55, 2005.

ALVES, B.H.P. **Análise química do aroma e da bebida de cafés de Minas Gerais e Espírito Santo em diferentes graus de torra**. 2012. 162 f. Tese (Doutorado em ciências exatas e da terra) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

ALMEIDA, A. V. D. C.; MELO, I. M.; PINHEIRO, I.S.; FREITAS, J, F.; MELO, A.C. S. **Revalorização do caroço de açaí em uma beneficiadora de polpas do município de Ananindeua/PA: proposta de estruturação de um canal reverso orientado pela PNRS e logística reversa**. Revista GEPROS, v. 12, n. 3, p.59, 2017.

ANJOS, A. **Planejamento Experimental I**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba-PR, 2005.

AZEVEDO, Marcio. **Os velhos Moinho trocam as bolas pelos contínuos**. Química e Derivados, Edição nº 42 4 de março de 2004.

BART, Hangs-Jorgt, PILZ, Stephan. **Industrial Scale Natural Products Extraction**. 1 ed. Germany. Wiley-VCH, 2011. 296 p.

BASSETO, P.; SANTO, R.S.E.; **Processo produtivo do café torrado e moído**. Encontro de engenharia de produção agroindustrial, 2016.

BECKER, W. **Solvent extraction of soybeans**. Journal of the American Oil Chemists' Society, Chicago, v.55, n.11, p. 754-761, 1978.

BERNAUD, F.S.R.; RODRIGUES, T.C.; **Fibra Alimentar – Ingestão adequada e efeitos sobre a saúde do metabolismo**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2013.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei 12305/10| Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Constitui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <<https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/1024358/politica-nacional-de-residuos-solidos-lei-12305-10>> Acessado em: 19 de dezembro de 2022.

BUTTON, S.T. **Metodologia para planejamento experimental e análise de resultados**. Campinas-SP, 2012.

CARDOZO, L.F.M.F. **Nutricional strategies to modulate inflammation and oxidative stress pathways via activation of the master antioxidant switch Nrf2**. *Biochimie*, v. 95, n. 8, p. 1525 – 1533, 2013.

CARNEIRO, C.M. **Processo produtivo do café: torrefação e qualidade**. Uberlândia-MG, 2021.

CEDRIM, P. C. A. S.; BARROS, E. M. A.; NASCIMENTO, T. G. D. **Antioxidant Properties of açai (*Euterpe oleracea*) in the metabolic syndrome**. *Brazilian Journal of Food Technology*, n.2, 2018.

CIMINO, F. **Anthocyanins protect human endothelial cells from mild hyperoxia damage through modulation of Nrf2**. *Genes and Nutrition*. v.8, n. 4, p. 391-399, 2013.

CORTEZ, J. G. **Efeito de espécies e cultivares e do processamento agrícola e industrial nas características da bebida do café**. Tese (Doutorado em agronomia, área de concentração fitotecnia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2001. 71f.

COSTA, C.N.; SILVA, A.C.; CORREA, N.C.F.; BOTELHO, V.A. **Caracterização físico-química do caroço de açai (*Euterpe oleracea* Mart.) torrado destinado à produção de uma bebida quente**. Belo Horizonte-MG, 2020.

CUSSLER, E.L. **Diffusion: mass transfer in fluid systems**. 3. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2009. 631 p.

DE LIMA, A. C. P, BASTOS, D. L. R., CAMARENA, M. A. et al. **Physicochemical characterization of residual biomass (seed and fiber) from açai (*Euterpe oleracea*) processing and assessment of the potencial for energy production and bioproducts**. *Biomass Conv. Bioref*, 2019.

DOMINGUES, R.A; MATIETTO, M.S.P.O; NOGUEIRA, A.F. **Teor de lipídios em caroços de *Euterpe oleracea***. Embrapa Amazônia Ocidental, Belém-PA, 2017.

DUTTA, B.K. **Principles of mass transfer and separation processes**. 1. Ed. New Delhi: PHI Private limited, 2009. 957 p.

ELIAS, A.M.T., **Perfil físico-químico de blends de variedades de café em diferentes condições de processo de torração.** Garanhuns- PE, 2019.

EUGÊNIO, M. **Blends de cafés arábica e conillon: avaliações físicas, químicas e sensoriais.** 112 p. Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2010.

FARAH, A.; DONANGELO, C.M. **Phenolic compounds in coffee.** Braz. J. Plant Physiol. v. 18, n. 1, p. 23-26, jan/mar. 2006

FERNANDES, S.M et al. **Constituintes químicos e teor de extrato aquoso de café arábica (*Coffea arábica L.*) e conillon (*Coffea canephora P.*) torrados.** Ciência e tecnologia. Lavras, v. 27, n 5, p. 1076-1081. 2013.

FURLAN. Moinhos de Martelo. Disponível em: <[https://files.comunidades.net/britager/Moinhos\\_de\\_Martelos\\_MM\\_atual.pdf](https://files.comunidades.net/britager/Moinhos_de_Martelos_MM_atual.pdf)> Acessado em: 14 de dezembro de 2022.

HUI, Y.H. et. al. (Ed.). **Handbook of food products manufacturing.** New Jersey: J. Wiley, 2007. 2308 p.

GASPARINI, K. A. C.; DUARTE, S. F. M.; PASTRO, M. S.; LACERDA, L. C., SANTOS, A. R. dos. **Zoneamento agroclimático da cultura do açaí (*Euterpe Oleracea Mart.*) para o estado do Espírito Santo.** Revista Ciência Agronômica, v.46, n. 4, p. 707-717, 2015.

GEANKOPLIS, C.J. **Transport Process and Unit Operations.** 3. Ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall International, 2003. 935 p.

GONZALEZ, E. A. S. **Estudo da viabilidade de implantação de pequenas unidades de torrefação de café.** 2004. Trabalho Final de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro/RJ, 2004.

GOMES, D. I; VERAS, R. M. L; ALVES, K. S; DETMANN, E.; RIBEIRO, V. C. A. S.; OLIVEIRA, L. R. S.; BARBOSA, C. V. **Avaliação do caroço de açaí sobre a digestibilidade de ovinos recebendo dietas com diferentes níveis de substituição do feno coastros.** ZOOTEC – 2009. FZEA/USP – ABZ. Águas de Lindóia- SP, 2009.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Produção de açaí (cultivo).** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/acai-cultivo/br>> Acessado em: 19 de dezembro de 2022.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** 4ª. ed. 1ª edição digital. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.

IFAM. POP 72 – Moinhos de facas tipo Willey. Disponível em: <<http://tecnologiaalimentos.smo.ifsc.edu.br/wp-content/uploads/2017/05/Moinho-de-facas-tipo-Willey.pdf>> Acessado em: 14 de dezembro de 2022.

LAGO, R. C. A. et al. **Composição centesimal e de aminoácidos de café verde, torrado e de borra de café solúvel. Industrialização e qualidade do café.** In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2002, Vitória. Porto Velho: EMBRAPA, 2002. v. 4, p. 1136-1139.

LIMA, E. C. S. **Processamento de caroços de açaí (*Euterpe oleracea Mart.*) para a extração de inulina.** Tese de doutorado. Universidade rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

MELO, W. L. B. **A importância da informação sobre do grau de torra do café e sua influência nas características organolépticas da bebida.** São Carlos: EMBRAPA, 2004. 4 p.

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

METSO MINERALS. Moagem – Conceitos Gerais. 6ª. Ed. São Paulo, 2006.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - Secretaria de vigilância Sanitária. **Portaria nº 377, de 26 de abril de 1999.** Disponível em: < [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs/1999/prt0377\\_26\\_04\\_1999.html#:~:text=Objetivo%3A%20Fixar%20a%20identidade%20e,conforme%20classifica%C3%A7%C3%A3o%20no%20item%202.2.&text=2.1.1.>](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs/1999/prt0377_26_04_1999.html#:~:text=Objetivo%3A%20Fixar%20a%20identidade%20e,conforme%20classifica%C3%A7%C3%A3o%20no%20item%202.2.&text=2.1.1.>) Acessado em: 02 de agosto de 2023.

MORAES, R. C. P.; TRUGO, L. C. **Efeito da torrefação e da granulometria na composição química do café.** Rio de Janeiro, 2001.

MOURINHO, M.R.P.P. **Desenvolvimento de uma bebida por infusão a base de cevada (*Hordeum vulgare L.*).** Universidade Nova de Lisboa, 2013.

MUINHOS, R. **A ciência da torra.** Buena Vista Café, 18 de janeiro de 2017. Disponível em: < <https://buenavistacafe.com.br/blog/2017/01/18/a-ciencia-da-torra/>>. Acessado em: 16 de dezembro de 2022.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. **Extraction and analysis of phenolics in food.** Journal of Chromatography A, 1054 95-111. 2004.

NASCIMENTO, E. A.; AQUINO, F. J. T.; NASCIMENTO, P. M.; CHANG, R.; MORAIS, S. A. L. **Composição química do café conillon em diferentes graus de torração.** Ciência & Engenharia, v; 16, n. ½, p. 17-21, jan-dez, 2007.

NOGUEIRA, A. K. M.; DE SANTANA, A. C; GARCIA, W. S. **A dinâmica do mercado de açaí fruto no Estado do Pará: de 1994 a 2009.** Ceres, v.60, n 3, 2015.

OCON, J. G.; TOJO, G.B. **Problemas de Ingeniería Química: operaciones básicas. Tomo II.** 1 ed. Aguilar, 1986. 416 p.

OLIVEIRA, E.R. **Extração sólido-líquido dos grãos de café verde e da torta da prensagem: Estudo de solventes alternativos.** Universidade Federal de Lavras. Lavras-MG, 2018.

OLIVEIRA; M. S. P; NETO, J. T. F; MATTIELO, R. F; MOCHIUTTI, SILAS; CARVALHO, A. V. Açai (*Euterpe oleracea*). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2017.

PAES-DE-SOUZA, M.; SILVA, T.N. da; PEDROZO, E. Á.; SOUZA FILHO, T. A. de O. **Produto Florestal Não Madeirável (PFNM) Amazônico açai nutritivo: proposição de uma organização social baseada na lógica de cadeia e rede para potencializar a exploração local.** Revista de Administração e negócios da Amazônia, v.3, n.2, p.44-57, 2011.

PALA, D; BARBOSA; P. O.; SILVA, C. T.; DE SOUZA; M. O.; FREITAS, F. R.; VOLP, A. C. P.; DE FREITAS, R. N. Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) dietary intake affects plasma lipids, apolipo-proteins, cholesteryl ester transfer to high-density lipoprotein and redox metabolism: A prospective study in women. **Clinical Nutrition**, v. 37, n. 2, p. 618-623, 2017.

PEDROSA, M. L. R. S. **A importância da torra do café: Etapass e procedimentos do processo na indústria.** Capim Grosso – BA, 2018.

PEREIRA, E. N.; RODRIGUES JUNIOR, V. C. **Carvão do caroço de açai (*Euterpe oleracea*) ativado quimicamente com hidróxido de sódio (NaOH) e sua eficiência no tratamento de água para o consumo.** 2013. 24 p. Relatório do Projeto de Pesquisa do Prêmio Jovem Cientista. Moju- PA. 2013.

PINTO, N.A.V.D. **Avaliação química e sensorial de diferentes padrões de bebida do café arábica cru e torrado.** Lavras: UFLA, 2002, 92F. Tese (Doutorado em ciência dos alimentos) – Universidade Federal de Lavras, 2002).

PIRES, J. S.; TORRES, P. B.; SANTOS, D. Y. A. C.; CHOW, F. **Ensaio em microplaca de substâncias redutoras pelo método do Folin-Ciocalteu para extratos de algas.** Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2017.

REIMÃO, V.; PRESTES, G.; MELO, S. **Produção do café de açai é pesquisada em Cametá.** Universidade do Estado do Pará. 2022. Disponível em: <https://www.uepa.br/pt-br/noticias/produ%C3%A7%C3%A3o-de-caf%C3%A9-de-a%C3%A7a%C3%AD-%C3%A9-pesquisada-em-camet%C3%A1>>. Acessado em: 12 de fevereiro de 2023.

RIBEIRO, L. O. **Diagnóstico de cadeia produtiva do açai no município de São Miguel do Guamá Pará.** Capitão Poço/PA, 2019. 67 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação – Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2019.

RODRIGUES. R. B.; LICHTENTHALER. R.; ZIMMERMANN. B. F.; PAPAGIANNPOULOS. M.; FABRICIUS. H.; MARX. F. **Total oxidante scavenging capacity of *Euterpe oleracea* Mart. (acai) seeds and identification of their polyphenolic compounds.** J. Agric. Food Chem., 54, 4162-4167,2006.

RODRÍGUEZ-ZUÑIGA, U. F; FARINAS, C. S; BERTUCCI NETO, V.; LEMO, V. **Produção de complexos lignocelulíticos em substratos derivados de resíduos agroindustriais por fermentação semi-sólida.** In: Workshop de biocatálise e biotransformação, 4., 2008, São Carlos. Livro de resumos. São Carlos, SP: Instituto de Química de São Carlos, 2008. p.107. resumo expandido.

RUFINO, M.S.M.; ALVES, R.E.; BRITO, E.S.; MORAIS, S.M.; SAMPAIO, C.G.; PEREZ-JIMÉNE, J.; SAURA-CALIXTO, F.D.; **Metodologia científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas método de redução do Ferro (FRAP).** EMBRAPA, Fortaleza-CE, 2006.

SANTOS, E.S.M. **Perfil sensorial e aceitabilidade do consumidor para blends de bebidas separadas com grãos arábica (*Coffea arábica* L.) e conilon (*Coffea conephora* P.).** Seropédica-RJ, 2010.

SILVA, D. N. N; **Estudo da extração sólido-líquido para tratamento de cascalho de perfuração usando microemulsão.** Tese de doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal- RN, 2019.

SILVA, J. R. **Otimização do processo de torração do café pelo monitoramento de parâmetros e propriedades físicas e sensoriais.** 2008. 71 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

SILVA, L. C.; MORELLI, A. P.; JOAQUIM, T. N. M. **Café: beneficiamento e industrialização.** In: MARCOLAN. A. L.; ESPINDULA, M. C. (Ed.). *Café na Amazônia.* Brasília, DF: Embrapa, 2015. Cap. 17, p. 383-389.

SOARES, E.R. **Atividade antioxidante do extrato do caroço de açaí: aspectos moleculares em células endoteliais humanas.** Rio de Janeiro, 2016.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA. Cupping. Disponível em: [http://www.scaa.org/whatis\\_cupping.asp](http://www.scaa.org/whatis_cupping.asp). Acesso em: 10 de janeiro de 2023.

STREIT, Ana Fabrícia e Fernanda. **Redução de tamanho Moagem,** 2000. Disponível em: <[http://www.ufrgs.br/alimentus/feira/optransf/opt\\_moagem.htm](http://www.ufrgs.br/alimentus/feira/optransf/opt_moagem.htm)>. Acesso em: 16 de dezembro de 2022.

SUFRAMA, 2003. **Projeto potencialidades regionais estudo de viabilidade econômica açaí.** Ministério do desenvolvimento, indústria e comércio exterior superintendência da Zona Franca de Manaus, 2003.

UNICAMP. **Apostila de orientação – laboratório de recursos analíticos e de calibração.** Universidade Estadual de Campinas. 2017.

VIGNOLI, J.A.; BASSOLI, D.G.; BENASSI, M.T.; **Atividade Antioxidante de Cafés Torrado e Solúvel: Padronização e Validação de Métodos.** 2011.

WILLIAMS, M. **Recovery of oils and fats from oilseeds and fatty materials.** In: SHAHIDI, F. (Ed.). *Bailey's industrial oil and fat products*, New York: J. Wiley, 2005. v.6, p. 2589-2678.