



UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**

TRABALHO DE LICENCIATURA

**Produção de Sabão usando Cinzas de Madeira e Óleo Residual  
de Fritura**

**Autor:**

Neima da Erlina Joaquim Tovela

**Supervisor:**

Prof. Doutor Eng<sup>o</sup> António Cumbane

Maputo, Setembro de 2025



**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA**

**LICENCIATURA EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**

**TRABALHO DE LICENCIATURA**

**Produção de Sabão usando Cinzas de Madeira e Óleo Residual  
de Fritura**

**Autor:**

Neima da Erlina Joaquim Tovela

**Supervisor:**

Prof. Doutor Eng<sup>o</sup> António Cumbane

Maputo, Setembro de 2025

## **TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DE TRABALHO DE LICENCIATURA**

Declaro que o estudante finalista **Neima da Erlina Joaquim Tovela** entregou no dia \_\_\_\_/\_\_\_\_/2025 as \_\_\_\_ cópias do relatório do seu trabalho de licenciatura com referência: \_\_\_\_\_ intitulado:

**Produção de Sabão usando Cinzas de Madeira e Óleo Residual de Fritura**

Maputo, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2025

A Chefe da Secretaria

---

## **DECLARAÇÃO DE HONRA**

Eu, Neima da Erlina Joaquim Tovela, declaro por minha honra, que o presente relatório académico foi elaborado por mim próprio. Não se recorreu a quaisquer outras fontes, para além das indicadas, e todas as formulações e conceitos usados, quer adoptados literalmente ou adaptados a partir das ocorrências originais (em fontes impressas, não impressas ou na internet), se encontram adequadamente identificados e citados em conformidade com as convenções e normas do regulamento de culminação de cursos de engenharia da Universidade Eduardo Mondlane.

Declaro ainda, que este relatório não foi apresentado a qualquer outra entidade ou instituição, para além da directamente envolvida na sua elaboração, para efeitos de avaliação, apreciação ou recurso de suporte em outras pesquisas.

Declaro finalmente, encontrar-me ciente de que a inclusão, neste relatório, de qualquer falsa declaração ou manipulação de informação terá consequências legais.

Maputo, Setembro de 2025

O Autor

---

**(Neima da Erlina Joaquim Tovela)**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais e a comunidade académica em geral.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus Todo-poderoso pela vida, força e pela oportunidade de ter participado desta jornada de aprendizagem.

À minha família, meus irmãos, Belizeu da Erlina Joaquim Tovela, Têlvio da Erlina Joaquim Tovela pelo suporte durante o meu processo estudantil e em especial aos meus pais Joaquim Eliseu Julião Tovela e Evelina Afonso Maposse Tovela por me incentivar a estudar e dar-me o devido suporte emocional e financeiro para poder prosseguir com este processo.

Ao meu supervisor Prof. Eng<sup>o</sup> Doutor António Cumbane pelo apoio na realização do trabalho, pelo encorajamento e pelas dicas.

Aos meus colegas e amigos do curso de Engenharia do Ambiente e da Faculdade no geral, em especial as colegas, Usna de Brito, Vera Noé, Vanda Macuvele, Mércia Nhatitima, Salomão Nuvunga e Sara Mendes, pelo apoio, conhecimento partilhado e companheirismo ao longo do curso.

## EPÍGRAFE

***Só sei que nada sei!***

*Sócrates*

## RESUMO

A crescente preocupação ambiental e a necessidade de dar um destino sustentável aos resíduos sólidos impulsionam a busca por alternativas de reaproveitamento. Este trabalho propõe a produção de sabão a partir de cinzas de madeira e óleo residual de fritura, dois resíduos de elevada geração doméstica e industrial em Moçambique. O objectivo principal consiste em desenvolver sabão utilizando estes materiais como matérias-primas, bem como caracterizar suas propriedades físicas- químicas. A metodologia baseou-se em formulação de 9 misturas com diferentes proporções (10% a 90% de cinzas e óleo complementar) e a realização de ensaios físico-químicos. O índice de saponificação, pH, humidade, alcalinidade livre, teor de glicerina, amolecimento e capacidade de formação de espuma constituem os parâmetros avaliados neste trabalho. Os resultados mostraram que a qualidade do óleo influencia directamente a eficiência da saponificação, e que as formulações com proporções equilibradas entre Cinzas de Madeira e Óleo Residual apresentaram melhores propriedades físico-químicas. O sabão obtido mostrou pH adequado (entre 9 e 11), baixa humidade (<1%), alcalinidade livre controlada, presença significativa de glicerina e boa durabilidade, demonstrando-se uma alternativa viável, económica e ambientalmente sustentável. Feita a análise, a mistura óptima mantém-se suficiente para a produção do sabão, sendo a mistura óptima observada a VI (IS=261.1 mg KOH/g; pH=10.07; Humidade=0.25% < 1%; Alcalinidade livre=0.00085%NaO; Glicerol= 2,457 g e Estabilidade da espuma estável 10min após a agitação) por apresentar um desempenho comparável ao sabão comercial Maëva, e poder dar um destino adequando os resíduos de Oléo Residual e Cinzas de Madeira para a produção de sabão contribuindo para redução dos impactos ambientais, promover práticas de reciclagem e desenvolver a economia circular.

**Palavras-chave:** Sabão, Cinzas da madeira, Óleo de fritura, Reciclagem.

## ÍNDICE

RESUMO.....	vi
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS .....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE GRÁFICOS.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. PROBLEMA.....	2
1.2. JUSTIFICATIVA.....	2
1.3. OBJECTIVOS.....	3
1.3.1. Objectivo Geral .....	3
1.3.2. Objectivos Específicos.....	3
1.4. METODOLOGIA.....	4
2. REVISÃO DA LITERATURA .....	5
1.1. RESÍDUOS SÓLIDOS E SUAS CARACTERÍSTICAS .....	5
1.1.1. Classificação dos resíduos sólidos .....	5
1.1.2. Características dos resíduos sólidos .....	5
1.2. CINZAS DE MADEIRA E SUAS CARACTERÍSTICAS.....	6
1.2.1. Propriedades físicas .....	7
1.2.2. Propriedades mineralógicas .....	7
1.2.3. Propriedades Químicas .....	8
1.3. Óleo Residual .....	11
1.4. SABÕES.....	14
1.4.1. Breve Historial .....	14
1.4.2. Conceitos e definições.....	15
1.4.3. Características do sabão .....	16
1.4.4. Tipos de sabão .....	16
1.4.5. Reacção de Saponificação .....	17
1.4.6. Processo de fabrico .....	19
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
3.1. MATERIAIS .....	20
3.1.1. Principal Matéria-prima.....	20
3.1.2. Equipamentos e Utensílios .....	22

3.2.	MÉTODOS .....	23
3.2.1.	Pré-tratamento do óleo e das cinzas .....	24
3.2.2.	Processamento das amostras do Sabão .....	25
3.2.3.	Determinação dos Parâmetros físico-químicas do sabão .....	27
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
4.1.	DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICAS DO SABÃO .....	33
4.1.1.	Índice de Saponificação (IS) .....	33
4.1.2.	pH .....	35
4.1.3.	Humidade .....	37
4.1.4.	Alcalinidade Livre .....	39
4.1.5.	Glicerina .....	40
4.1.6.	Durabilidade/ Amolecimento .....	41
4.1.7.	Espuma .....	42
5.	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES .....	45
5.1.	CONCLUSÃO .....	45
5.2.	RECOMENDAÇÕES .....	47
6.	BIBLIOGRAFIA .....	xiii
7.	ANEXOS .....	17

**LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS**

<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Óxido de Alumínio
<b>As</b>	Arsênio
<b>B</b>	Boro
<b>BaO</b>	Óxido de Bário
<b>Br</b>	Bromo
<b>C</b>	Carbono
<b>Ca</b>	Cálcio
<b>CaO</b>	Óxido de Cálcio
<b>Cd</b>	Cádmio
<b>Cl</b>	Cloro
<b>C: N</b>	Relação Carbono - Nitrogênio
<b>Co</b>	Cobalto
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Carbono
<b>CO<sub>3</sub><sup>2-</sup></b>	ião carbonato
<b>Cr</b>	Cromo
<b>F<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Óxido de Ferro (III)
<b>Fe</b>	Ferro
<b>g</b>	Gramas
<b>g/ml</b>	Gramas por mililitro
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Água
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	ião bicarbonato
<b>K</b>	Potássio
<b>K<sub>2</sub>O</b>	Óxido de Potássio
<b>Kg</b>	Quilogramas
<b>Mg</b>	Magnésio
<b>mg/Kg</b>	Miligramas por quilograma
<b>MgO</b>	Óxido de Magnésio
<b>mm</b>	Milímetros
<b>m/m</b>	Massa por massa
<b>Mn</b>	Manganês

<b>MnO</b>	Óxido de Manganês
<b>MOH</b>	Hidróxido de um Metal
<b>N</b>	Nitrogênio
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	Óxido de Sódio
<b>Ni</b>	Níquel
<b>OH<sup>-</sup></b>	ião hidroxilo
<b>P</b>	Fósforo
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	Pentóxido de Fósforo
<b>Pb</b>	Chumbo
<b>pH</b>	Potencial Hidrogeniônico
<b>Se</b>	Selênio
<b>SiO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Silício
<b>SO<sub>3</sub></b>	Trióxido de Enxofre
<b>SrO</b>	Óxido de Estrôncio
<b>TiO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Titânio
<b>ZnO</b>	Óxido de Zinco
<b>%</b>	Porcento
<b>&lt;</b>	Menor
<b>&gt;</b>	Maior
<b>°C</b>	Graus Celsius

**INDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1:</b> Estrutura base do sabão. Fonte: (MORRISSON & BOYD, 1996), (DIAS, 2013), (LAGE, 2015).	15
<b>Figura 2:</b> Reação de saponificação. Fonte: (MORRISSON & BOYD, 1996) (DIAS, 2013).	17
<b>Figura 3:</b> Processo esquemático de produção de sabão a base de Óleo Residual e Cinzas de Madeira.	19
<b>Figura 4:</b> Frasco de conservação de óleo residual.	21
<b>Figura 5:</b> Recipiente contendo Cinzas de Madeira tratadas.	21
<b>Figura 6:</b> Metodologia empregue para desenvolver os sabões.	24
<b>Figura 7:</b> Óleo de fritura usado no estudo, A - Processo de decantação e B - Processo de filtração. Fonte: Autor.	24
<b>Figura 8:</b> Processo de peneiramento das cinzas.	25
<b>Figura 9:</b> Processo simplificado de produção de sabão, A - filtração da mistura água e cinza e B - aquecimento da mistura lixívia das cinzas e óleo.	27
<b>Figura 10:</b> Amostras de Sabão produzidas.	27
<b>Figura 11:</b> pHmetro digital (marca Hanna, modelo HI991001).	28
<b>Figura 12:</b> Processo de verificação do volume de ácido gasto na titulação (ácido - base) para a determinação do índice de saponificação.	33
<b>Figura 13:</b> Verificação do PH na amostra de sabão através da observação directa no pHmetro.	36
<b>Figura 14:</b> Secagem das amostras de sabão na estufa, precedido pelo arrefecimento em um dessecador para a pesagem final e cálculo da humidade.	37

**INDICE DE GRÁFICOS**

<b>Gráfico 1:</b> Índice de Saponificação do sabão em barra a base de Óleo Residual e Cinzas de Madeira.	34
<b>Gráfico 2:</b> pH das amostras de sabão em barra a base de Óleo Residual e Cinzas de Madeira.	36
<b>Gráfico 3:</b> Relação da humidade por amostra do sabão em barra a base de Óleo Residual e Cinzas de Madeira.	38
<b>Gráfico 4:</b> Alcalinidade livre do sabão em barra a base de Óleo Residual e Cinzas de Madeira.	39
<b>Gráfico 5:</b> Glicerol do sabão em barra a base de Óleo Residual e Cinzas de Madeira.	40
<b>Gráfico 6:</b> Dureza ou amolecimento do sabão em barra a base de Óleo Residual e Cinzas de Madeira.	42
<b>Gráfico 7:</b> Variação de espuma em diferentes tempos (minutos) de agitação sabão em barra a base de Óleo Residual e Cinzas de Madeira.	43

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1:</b> Determinação da análise química das cinzas de madeira de Eucalipto por espectrometria de fluorescência de raios x. Fonte: VASKE (2012) Adaptado. ....	8
<b>Tabela 2:</b> Planeamento de mistura para dois (2) componentes. ....	26
<b>Tabela 3:</b> IS do sabão Maëva. ....	35
<b>Tabela 4:</b> Ensaio de pH do sabão Maëva. ....	37
<b>Tabela 5:</b> Humidade de Sabão Maëva. ....	38
<b>Tabela 6:</b> Ensaio da Alcalinidade do Sabão Maëva. ....	39
<b>Tabela 7:</b> Glicerina do Sabão Maëva.....	41
<b>Tabela 8:</b> Amolecimento-Durabilidade.....	42
<b>Tabela 9:</b> Espuma do sabão Maëva. ....	44
<b>Tabela 10:</b> Cálculo do Índice de Saponificação. ....	17
<b>Tabela 11:</b> Cálculo do pH. ....	17
<b>Tabela 12:</b> Cálculo da Humidade. ....	17
<b>Tabela 13:</b> Cálculo da Alcalinidade.....	18
<b>Tabela 14:</b> Cálculo da Glicerina.....	18
<b>Tabela 15:</b> Cálculo do Amolecimento. ....	18
<b>Tabela 16:</b> Cálculo da Espuma.....	19

## 1. INTRODUÇÃO

Actualmente, o mundo enfrenta problemas ambientais ocasionados pelo excesso de resíduos sólidos gerados através do uso indiscriminado de recursos naturais finitos, actividades industriais e domésticas. Todos os produtos utilizados no nosso dia-a-dia, bem como, processos industriais geram resíduos, pois sofrem grandes transformações no seu processamento, de modo que não é viável economicamente quando o seu destino final são lixeiras, aterros, solo e/ou cursos de água, uma vez que estes podem ser reciclados de modo a reduzir a degradação do ambiente.

A produção de sabão em Moçambique utilizando cinza de madeira e óleo residual de fritura é uma prática sustentável que aborda problemas ambientais, como a contaminação da água pelo descarte inadequado de óleo, e promove o acesso a produtos de higiene em áreas rurais e periurbanas, onde o sabão industrializado é escasso. O processo baseia-se na reação química de saponificação, em que a cinza de madeira fornece uma solução alcalina a partir do carbonato de potássio, reagindo com os ácidos graxos do óleo usado para formar o sabão. Essa produção artesanal é viável devido à abundância de matéria-prima local, baixo custo e apoio de projetos comunitários e universidades moçambicanas. Além dos benefícios ambientais, a iniciativa tem impacto social e econômico significativo, especialmente no empoderamento feminino, educação ambiental e melhoria da saúde pública ao aumentar o acesso ao sabão, prevenindo doenças infecciosas. Contudo, desafios como a padronização da qualidade, segurança no manuseio da solução alcalina e aceitação do produto pelas comunidades ainda precisam ser superados para garantir o sucesso e a expansão dessa prática.

As cinzas são um subproduto comum em vários processos de queima de madeira, por sua vez, pode-se denominar as cinzas como sendo a resultante do processo de combustão de um resíduo sólido. Muitas vezes, elas são descartadas de forma incorrecta, sem se considerar seus benefícios e o potencial de serem recicladas.

Depois da utilização em frituras, o óleo torna-se um resíduo com alto potencial poluidor e precisa ter uma destinação adequada para que não venha a contaminar o meio ambiente. O destino dado comumente pela população para o óleo residual de fritura são os esgotos, os corpos hídricos, solos e aterros sanitários (PEREIRA, 2008).

Os sabões são feitos pela saponificação de gorduras e óleos. O sabão é um produto tensoativo usado em simultâneo com água para lavar e limpar. Sua apresentação é variada, desde barras sólidas até líquidos viscosos (THODE FILHO, 2013).

O projecto visa abordar uma solução dois problemas, os rejeitos industriais e domésticos que por sua vez serão usados para produção do sabão a base das cinzas da lenha e o óleo residual de fritura.

### 1.1. PROBLEMA

Dos diversos resíduos produzidos pela população Moçambicana, a atenção especial neste trabalho é dada ao óleo residual de fritura e as cinzas de madeira, pois as cinzas possuem um alto poder de contaminar o ambiente, e por sua vez o Óleo Residual é uma matéria de difícil decomposição.

As estatísticas referentes a gestão de resíduos sólidos é limitada no nosso país, mas estima-se que a província e cidade de Maputo produz um total de 1.000 toneladas métricas de resíduos sólidos todos os dias, das quais cerca de metade é supostamente recolhida pelo município (TVEDTEN, MANGUELEZE, & UATE, 2015). Por um lado, é evidente que a recolha ainda um desafio, e por outro, a recolha selectiva constitui também um desafio às autoridades competentes, o que também dificulta a recolha das cinzas de madeira e do óleo residual.

O Óleo Residual e as Cinzas de madeira são dois resíduos abundantes que podem ser de origem industrial e doméstica. O descarte inadequado deste tipo de resíduo resulta em diversos impactos ambientais negativos, porém o reaproveitamento dos mesmos dispõe uma alta viabilidade econômica em diversos ramos da indústria química entre eles, a indústria do sabão.

### 1.2. JUSTIFICATIVA

O descarte inadequado do Óleo Residual em meios aquáticos (rios, lagos, entre outros) e pelo facto de ser menos denso em relação com a água, fica na sua superfície, podendo impedir que os raios solares cheguem ao interior das águas, o que afecta o processo de fotossíntese e conseqüentemente o desenvolvimento do fitoplâncton, que é a base de toda a cadeia alimentar do meio aquático. Quanto a

presença das Cinzas de Madeira no solo, altera a composição química do mesmo e, quando ocorre o escoamento superficial após chover, substâncias presentes nelas, como compostos nitrogenados e potássio solubilizam-se na água e, em elevadas concentrações, se tornam tóxicos às espécies aquáticas e aos organismos do solo.

O processo de produção de sabão através da saponificação é simples e barato, quando comparada com outras alternativas de reciclagem, pois constitui uma opção para o aproveitamento do óleo vegetal residual utilizado na fritura de alimentos e das cinzas da lenha. Com este trabalho o sabão desenvolvido será empregue nas actividades domésticas do dia-a-dia, contribuindo com a redução de custos da indústria saboeira e redução dos impactos ambientais causados pelo descarte inadequado do Óleo Residual e das Cinzas de Madeira assim, cria-se a valorização dos recursos locais, sustentabilidade e redução de resíduos no meio ambiente.

### 1.3. OBJECTIVOS

Os objectivos do presente trabalho estão organizados de seguinte forma:

#### 1.3.1. Objectivo Geral

Produzir sabão à base de cinzas da madeira e óleo residual de fritura.

#### 1.3.2. Objectivos Específicos

De modo a alcançar o objectivo geral, foram definidos os seguintes objectivos específicos:

- ✓ Caracterizar as propriedades físico-químicas das cinzas da madeira;
- ✓ Caracterizar as propriedades físico-químicas de Oleo Residual;
- ✓ Analisar a composição óptima da mistura de Cinzas de Madeira e Oleo Residual no desenvolvimento do sabão;
- ✓ Caracterizar as propriedades físicas, químicas e mecânicas do sabão desenvolvido.

#### 1.4. METODOLOGIA

Com vista a alcançar os objectivos definidos, a realização deste trabalho obedeceu a seguinte metodologia:

- ✓ Pesquisa bibliográfica de modo a obter informações sobre o sabão, cinzas de madeira e óleo residual;
- ✓ Parte experimental de modo a desenvolver o sabão a base das cinzas de madeira e do óleo residual, bem como realização de ensaios físico-químicos do sabão produzido;
- ✓ Tratamento e análise de dados de modo a proceder com a apresentação e discussão dos resultados.
- ✓ Elaboração do relatório final, de modo a copilar todas as informações das fases anteriores.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 1.1. RESÍDUOS SÓLIDOS E SUAS CARACTERÍSTICAS

Os resíduos sólidos, também designados comumente de lixo são todos materiais sólidos ou semissólidos indesejáveis e que necessitam de serem removidos por ter sido considerados inúteis por quem os descartam, em qualquer recipiente destinado a este acto (MONTEIRO, et al., 2001).

Segundo o Regulamento sobre a Gestão de Resíduos (Decreto n.º 13, 2006), os resíduos são as substâncias ou objectos que se eliminam, que se têm a intenção de eliminar ou que se é obrigado por lei a eliminar, também designados por lixos.

#### 1.1.1. Classificação dos resíduos sólidos

Os resíduos sólidos podem ser classificados de diversas maneiras, mas as principais são, quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente (classe I ou perigosos, classe II ou resíduos não perigosos não inertes e classe III resíduos não perigosos inertes) e quanto à natureza ou origem resíduos domésticos, comerciais, públicos, domésticos especiais e de fontes especiais (MONTEIRO, et al., 2001) (Decreto n.º 13, 2006).

#### 1.1.2. Características dos resíduos sólidos

As características dos resíduos variam em função dos factores demográficos, socioeconómicos e climáticos. As características dos resíduos sólidos podem ser físicas, químicas e biológicas (MOTA, ALMEIDA, Alencar, & CURI, 2009).

##### 1.1.2.1. Características físicas

As características físicas podem ser:

- **Produção per-capita** - relaciona a quantidade de resíduos sólidos urbanos gerada diariamente e o número de habitantes de determinada região;
- **Composição gravimétrica** - que traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra do resíduo analisado que podem ser: papel, alumínio, borracha, cerâmica, etc.;
- **Peso específico aparente** - é o peso do resíduo sem qualquer compactação que é expresso em kg do resíduo/m<sup>3</sup> do volume ocupado;

- **Teor de humidade** - representa a quantidade de água presente no resíduo;
- **Compressividade** - grau de compactação ou a redução de seu volume que pode chegar até um quarto de seu volume original.

#### 1.1.2.2. Características químicas

- **Poder calorífico** - capacidade potencial de um material libertar determinada quantidade de calor quando submetido a combustão;
- **pH** - indica o teor de acidez ou alcalinidade dos resíduos;
- **Composição química** - consiste na determinação dos teores de cinzas, matéria orgânica, carbono, nitrogénio, potássio, cálcio, fósforo, resíduo mineral total, resíduo mineral solúvel e gorduras;
- **C: N** - indica o grau de decomposição da matéria orgânica do resíduo nos processos de tratamento/deposição final.

#### 1.1.2.3. Características biológicas

As características biológicas dos resíduos sólidos são determinadas pela população microbiana e dos agentes patogénicos presentes nos resíduos.

### 1.2. CINZAS DE MADEIRA E SUAS CARACTERÍSTICAS

As cinzas são materiais granulares finamente divididos, resíduos da combustão completa ou incompleta de certas substâncias. As Cinzas da madeira são obtidas através da sua combustão completa ou incompleta, e são compostas por uma mistura complexa de matéria orgânica e inorgânica que está intimamente associada principalmente aos seus diferentes teores e origens (VASSILEV, BAXTER, ANDERSEN, & VASSILEVA, 2013).

As propriedades das cinzas de madeira dependem de vários fatores como o tipo de planta, parte da planta queimada (casca, madeira, folhas), tipo de resíduo (resíduo de madeira, polpa ou papel), combinação com outras fontes de combustível, tipo de solo e clima e condições de combustão, colecta e armazenamento. Como consequência, os dados disponíveis sobre as propriedades das cinzas de madeira são muito variáveis e, portanto, generalizações são difíceis de fazer (DEMEYER, NKANA, & VERLOO, 2001).

### **1.2.1. Propriedades físicas**

Segundo ETIEGNI, et al (1991), mais de 80% das cinzas de madeira são compostas por partículas <1,0 mm, sendo a restante madeira não incinerada. Segundo MUSE & MITCHELL (1995), a distribuição de partículas de cinzas da combustão de lodo de fábrica de papel é, 8.98% da massa total é formada por partículas de diâmetro superior a 2mm, 25.1% com diâmetro superior a 0.50mm, 34.3% com diâmetro superior a 0.25mm e 47.3% com diâmetro superior a 0.106 mm. Comparado com as classes granulométricas fixadas pelo FAO, as cinzas de madeira podem conter todos os tamanhos de partículas, variando de areia grossa a argila. A densidade aparente varia de 0,27 g/cm<sup>3</sup> para cinzas originárias de madeira (HUANG, CAMPBELL, FOLK, & MAHLER, 1992) a 0,51 g/cm<sup>3</sup> para cinzas originárias de resíduos de celulose e papel (MUSE & MITCHELL, 1995). A maior densidade deste último é provavelmente devido à adição de argilas e sais à celulose durante a produção de papel.

### **1.2.2. Propriedades mineralógicas**

Análises de cinzas de madeira mostraram a natureza complexa e heterogênea deste material. As micrografias obtidas por microscópio eletrônico de varredura indicam que as cinzas de madeira contêm grandes partículas porosas de carbono e várias partículas inorgânicas de formato irregular (ETIEGNI, MAHLER, & CAMPBELL, 1991). Segundo os mesmos autores, algumas partículas contêm folhas finas que se dilatam após a umedecimento para produzir uma estrutura rígida cristalina composta de rosetas que não encolhem após a secagem.

O conteúdo dos componentes minerais das cinzas de madeira é normalmente pequeno, formado principalmente por óxidos minerais, tais como: óxidos de cálcio, de magnésio, de fósforo, de silício, de potássio, dentre outros como mostra a Tabela 1, a seguir (TRUGILHO, LIMA, & MENDES, 1996).

**Tabela 1:** Determinação da análise química das cinzas de madeira de Eucalipto por espectrometria de fluorescência de raios x. Fonte: VASKE (2012) Adaptado.

<b>Óxidos Presentes nas Cinzas de Madeira</b>	<b>Quantidade (%)</b>
CaO	48.99
K <sub>2</sub> O	6.11
SiO <sub>2</sub>	3.45
Cl	3.08
MnO	2.88
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.04
F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.00
MgO	1.92
SO <sub>3</sub>	1.67
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.00
SrO	0.65
BaO	0.41
Na <sub>2</sub> O	0.32
TiO <sub>2</sub>	0.15
ZnO	0.07
CuO	0.03
Br	0.02

Durante a combustão da madeira, os compostos orgânicos são mineralizados e os cátions básicos são transformados em seus óxidos, que são lentamente hidratados e posteriormente carbonatados sob condições atmosféricas (DEMEYER, NKANA, & VERLOO, 2001).

### **1.2.3. Propriedades Químicas**

#### **1.2.3.1. Alcalinidade**

A capacidade de neutralização das cinzas de madeira é elevada. Segundo o estudo realizado por Vance (1996), que visava fazer a aplicação de cinzas de caldeiras

combinadas à lenha no solo, relatou um equivalente mediano de carbonato de cálcio (CCE) de 48.1%, variando entre 13.2% até 92.4%, calculado em 18 amostras diferentes de cinzas de caldeira de madeira vermelha. Esses dados ilustram a elevada variabilidade da alcalinidade e das razões  $\text{OH}/\text{CO}_3 / \text{HCO}_3$ , conforme mostrado pela diferença em pH -  $\text{H}_2\text{O}$ , em cinzas de madeira. Essas características são amplamente influenciadas pela temperatura de combustão e pelo período de armazenamento, deste modo a alcalinidade diminui com o aumento da temperatura de combustão e com o período de armazenamento.

Segundo ETIEGNI, MAHLER e CAMPBELL (1991), os carbonatos e bicarbonatos predominam com temperaturas de combustão abaixo de  $500^\circ\text{C}$ , óxidos se tornam predominantes acima de  $1000^\circ\text{C}$ . Óxidos podem ser hidratados para formar hidróxidos, que podem subsequentemente reagir com  $\text{CO}_2$  para formar carbonatos.

#### 1.2.3.2. Macro-elementos

As concentrações dos principais elementos nas cinzas de madeira são muito variáveis, conforme ilustrado na tabela 1, anterior. Medianas de 0,06% N, 0,42% P, 18% Ca, 0,97% Mg e 2,27% K para cinzas de caldeiras vermelhas de madeira (VANCE, 1996) e de 1,57% P, 18,5% Ca, 2,86% Mg e 3,52% K para cinzas de casca foram relatadas. Silício e Alumínio também podem ser constituintes não desprezíveis nas cinzas de casca devido à areia incorporada na casca durante a extração. A análise mineralógica mostrou que os elementos alcalinos e alcalinoterrosos estão presentes particularmente em geral como óxidos, hidróxidos ou carbonatos. Isso explica a excelente capacidade de capturar sulfato contendo enxofre em combustíveis. O enxofre pode estar presente na ordem de 0,3% nas cinzas (SOMESHWAR, 1996).

Uma vez que o carbono (C) e nitrogênio (N) são geralmente oxidados e transformados em constituintes gasosos durante a combustão, estão presentes principalmente nas cinzas em quantidades insignificantes ou mesmo ausentes. No entanto, C e N ainda possam existir, especialmente nas cinzas da caldeira de casca de fábrica de celulose, devido à combustão incompleta (MUSE & MITCHELL, 1995) (SOMESHWAR, 1996). A cinza de madeira K é muito solúvel em água, o que explica sua alta suscetibilidade à lixiviação. O Ca, Mg e K são os elementos mais solúveis em ácido e Si e Al são os

menos solúveis, o que sugere, de acordo com (OHNO & ERICH, 1993), que Si e Al são componentes estruturais das cinzas.

A comparação de diferentes tipos de cinzas de madeira mostrou que as cinzas da combustão direta de madeira geralmente têm maiores teores de elementos principais do que aquelas originárias de celulose e papel. Isso deve-se a modificações causadas durante a fabricação de celulose e papel. As cinzas de madeira geralmente têm maiores teores de Ca e K e um menor teor de Al do que as cinzas de carvão. Os teores de cálcio e Mg nas cinzas de madeira são inferiores aos dos agentes de calagem actualmente usados na agricultura (DEMEYER, NKANA, & VERLOO, 2001).

#### 1.2.3.3. Microelementos

As concentrações de microelementos em cinzas de madeira são tão variáveis quanto os elementos principais. O ferro (Fe) é o microelemento mais abundantemente presente. As cinzas de madeira podem conter até 21 g/kg de Fe (SOMESHWAR, 1996). O Si e Al, Fe são pouco solúveis em soluções ácidas, por ser parte provavelmente da estrutura das cinzas e conseqüentemente, sua reactividade em solos ácidos é muito baixa (OHNO & ERICH, 1993). Segundo o inventário realizado por Someshwar (1996) de 26 análises de cinzas de madeira de 15 fontes diferentes, onde os níveis médios de Mn e Zn foram os mais altos de todos os microelementos, com valores médios de 4370 e 443 mg/kg, respectivamente. As concentrações médias de Cu, B e Mo foram 75, 110 e 15 mg/kg, respectivamente. Em relação aos elementos traço não essenciais, os teores médios de Se e Hg nas cinzas de madeira foram muito baixos (<0,5 mg/kg) e de Cd e Co relativamente baixos (<10 mg/kg). Os teores médios de As, Ni, Cr e Pb foram mais elevados, variando de 23,2 mg/kg para As a 65 mg/kg para Pb.

Comparados às cinzas de carvão, os teores de Mn, Zn e Cd parecem maiores, enquanto os teores de As, Se e Cr são menores nas cinzas de madeira (SOMESHWAR, 1996). No entanto, devido às amplas faixas, as comparações são difíceis para esses elementos traço. Comparados a outros agentes de calagem, os teores de B e Mn são maiores nas cinzas de madeira.

De acordo com dados obtidos por SOMESHWAR (1996), as cinzas de madeira também podem conter alguns compostos orgânicos, designadamente

hidrocarbonetos poliaromáticos, cloro-benzenos, cloro-fenóis, etc., mas em concentrações insignificantes.

### 1.3. Óleo Residual

Sabendo-se que os óleos são ésteres formados a partir de ácidos graxos superiores (C<sub>12</sub>-C<sub>22</sub>) e glicerol, sendo o resíduo oleoso constituído pelo ácido graxo presente em maior percentagem (DA SILVA & PUGET, 2010).

Segunda MORRISSON e BOYD (1996), o óleo e gordura são tipos de lipídios que podem ser de origem vegetal e/ou animal, sendo caracterizados por elevada solubilidade em solventes orgânicos e baixa solubilidade em água (MORRISSON & BOYD, 1996).

As cadeias de carbono nos ácidos gordos, variam de 4 a 22. Estes podem ser saturados, monoinsaturados ou polinsaturados, de acordo com o número de ligações duplas na cadeia alquila. Os ácidos gordos mais comuns nas fontes animal e vegetal são, o ácido láurico, ácido palmítico, ácido esteniático, ácido oleico e ácido linoleico (PEREIRA, 2008).

Sendo assim, a principal diferença entre o óleo e a gordura esta na formação da cadeia do ácido graxo, ou seja, se esta for saturada será uma gordura e a temperatura ambiente permanecerá no estado sólido. Já se a cadeia for insaturada será um óleo e seu estado físico geralmente é líquido (ROCCA & CURI, 2005).

O problema com óleos e gorduras está na reutilização em processo de fritura, pois o uso contínuo ocasiona alterações químicas e físicas nestes materiais. As alterações físicas vão desde escurecimento, aumento na viscosidade até diminuição do ponto de fumaça e formação de espuma. As alterações químicas ocorrentes são hidrólise, oxidação e polimerização (MENDONÇA, 2006).

De acordo com Vergara et al (2006), a hidrólise envolve inicialmente a quebra de ligações do éster no glicerídeo com a formação de ácidos graxos livres, monoglicerídeos, diglicerídeos e glicerol. Esses autores chamam atenção para formação de produtos com elevada reactividade química, dada as altas temperaturas a que os óleos e/ou gorduras são submetidos, além da presença de água nos alimentos. Segundo Miguel (2010), ressalta ainda que quanto mais se utilizar o

mesmo óleo para frituras, maior será a ocorrência de hidrólise, aumentando a quantidade de ácidos graxos livres. Isso influencia a acidez e, conseqüentemente, o estado de conservação dos óleos ou gorduras.

Quanto ao processo de oxidação dos óleos, ele se dá pela reação entre o oxigênio solubilizado no próprio óleo ou mesmo o oxigênio atmosférico, gerando como produtos ácidos graxos insaturados. Estes produtos e outros intermediários do processo de oxidação, degradam o óleo, modificando propriedades como sabor, cor, viscosidade, densidade etc. (VERGARA, WALLY, PESTANA, BASTOS, & ZAMBIAZI, 2006).

Segundo GOLDONI (2008), consumir alimentos feitos a partir de um óleo demasiadamente utilizado pode proporcionar diversas alterações metabólicas como, tais como: perda de peso, supressão do crescimento, diminuição do tamanho do fígado e dos rins, má absorção de gorduras, diminuição da taxa de insaturação dos ácidos graxos linoleicos e  $\alpha$ -linoleico, aumento da taxa de colesterol no fígado, severas irritações do trato gastrointestinal, diarreia, redução no crescimento, fertilidade reduzida e, em alguns casos, os animais morreram. A partir dessas informações pode-se perceber a necessidade de se repensar o reuso de óleos e gorduras, da mesma forma que é necessário planejar o que fazer com as sobras não incorporada ao alimento. Os restos de óleos, bem como os residuais de frituras são considerados contaminantes indesejados de corpos hídricos e até de águas residuais, pois interferem de forma negativa nos processos de recuperação das mesmas.

Em seguida será apresentado algumas características físico-químicas do óleo de soja residual de fritura do óleo de soja, pois este um óleo amplamente utilizado pela população Moçambicana por ser mais acessível e disponível em locais de fácil acesso. De acordo com GUNSTONE (2002), as propriedades abaixo citadas são essenciais para entender o comportamento do óleo após o uso em processos de fritura.

### **1.3.1. Características Físicas do Óleo de Soja Residual de Fritura**

#### **Pontos de Fumaça, Flash e Fogo**

A temperatura de fumaça do óleo de soja fresco é aproximadamente 234 °C, enquanto os pontos de flash e fogo são de 328 °C e 363 °C, respectivamente. Após a fritura, esses valores tendem a diminuir, devido ao aumento de ácidos graxos livres

e à decomposição dos compostos presentes no óleo (SUBROTO, PANGAWIKAN, YARLIN, & ISNAENI, 2020).

### **Viscosidade**

O uso repetido do óleo em fritura leva a um aumento na viscosidade, resultante da formação de polímeros e da concentração de compostos de degradação. Essa alteração afecta a fluidez do óleo e impacta na qualidade final do produto frito (NAYAK, DASH, RAYAGURU, & KRISHNAN, 2015).

Essas características físico-químicas são essenciais para avaliar a condição do óleo residual de fritura e para determinar sua adequação para usos posteriores ou reciclagem. A compreensão dessas propriedades ajuda a definir protocolos de descarte adequados e a explorar possíveis reutilizações sustentáveis (CORSINI, JORGE, MIGUEL, & VICENTE, 2008).

A viscosidade do óleo residual de Soja aumenta a medida que o número de frituras diárias se acumula devido a formação de polímeros de alto peso molecular, este factor torna o óleo mais viscoso, deteriorando-o durante o uso repetido.

## **1.3.2. Características Químicas do Óleo de Soja Residual de Fritura**

### **Composição Ácida**

O óleo de soja contém ácidos graxos essenciais, como linoleico (18 carbonos e 2 insaturações) e  $\alpha$ -linolênico (18 carbonos e 3 insaturações), que são responsáveis por uma alta taxa de oxidação, principalmente após ser utilizado em fritura repetida. A alta concentração desses ácidos graxos insaturados causa instabilidade oxidativa e o desenvolvimento de sabores indesejáveis devido à degradação dos compostos lipídicos (DOS SANTOS, DE BRITO, Sousa, & BARROS, 2017).

### **Ponto de Oxidação**

A exposição ao oxigênio e às altas temperaturas durante a fritura acelera o processo de oxidação do óleo. Com o uso repetido, os ácidos graxos insaturados reagem com o oxigênio, formando compostos peroxídicos, aldeídos e cetonas que deterioram o óleo e afetam negativamente sua qualidade (UJONG, EMELIKE, OWUNO, & OKIYI, 2023).

## 1.4. SABÕES

### 1.4.1. Breve Historial

De um modo geral não há uma data certa para o surgimento do sabão, uma vez que existem diversas versões sobre seu surgimento. Mas segundo os registos mais correntes deve a sua aparição aos Árabes. Terão sido eles os criadores da saponificação, processo mais tarde comprovado cientificamente, ao fazerem uma mistura de óleos naturais, gordura animal e soda cáustica que, depois de fervida, solidificava. Esta receita, que teve lugar na cidade síria de Alepo, é ainda hoje usada e produzida em todo o mundo (GIL , 2008) apud (LAGE, 2015).

O fabrico de sabão já era no século VIII comum na Itália e península ibérica, e só no século XIII, esta indústria foi introduzida na França pelos italianos. Nesta época o sabão era produzido através de sebo de cabra e folhas de faia. Foram os franceses, contudo, que após várias experiências, inventaram o método de fazer sabão a partir de azeite em vez de gorduras animais (LARBALÉTRIER, 1900).

Outras descobertas sobre o fabrico do sabão foram feitas ao longo do século XVIII, com destaque para a glicerina, feita por um químico sueco, Carl Wihelm Scheele, que levaria a novos desenvolvimentos desta indústria por parte dos franceses. Entretanto o químico francês Nicolas Leblanc descobre um processo de obtenção de soda cáustica a partir de sal de cozinha que lhe vale um prémio da Academia das Ciências. Com este método, passa-se a criar o componente com mais quantidade e qualidade e a custo bem mais reduzido, o que representa um enorme salto na indústria do sabão (LAGE, 2015).

Em 1878, James Gamble, químico irlandês, começa a fabricar um sabão branco e com um leve perfume. De consistência homogénea e suave, o produto consegue originar uma enorme quantidade de espuma, mesmo em contacto com água fria (GIL , 2008).

É por esta altura também, que se começa a utilizar óleos e sementes nos sabões, como óleo de coco, palma, linhaça, deixando de ser utilizado apenas o azeite (LARBALÉTRIER, 1900). Durante a Segunda Guerra Mundial, os ingredientes naturais escasseiam e o sabão é mesmo um dos produtos a ser racionado em alguns países. Por esta altura, a investigação de novos processos de fabrico é acelerada,

surgindo os primeiros sabões e sabonetes de origem sintética, comercializados na atualidade (LAGE, 2015).

#### 1.4.2. Conceitos e definições

Segundo a IUPAC (2019), o sabão é definido como “um sal de um ácido gordo, saturado ou insaturado, contendo pelo menos oito átomos de carbono ou uma mistura de sais de ácidos gordos”. Este é um produto obtido pela reação de saponificação ou neutralização de uma matéria gorda (óleo, gordura, cera, breu e sebo) animal ou vegetal, geralmente com hidróxido de sódio (na linguagem comum, soda cáustica), adequadamente formulada de modo a atender as especificações requeridas para o seu uso final.

A compressão da forma de actuação do sabão, é pode ser explicado através do conceito de tensão superficial, uma propriedade dos líquidos que se relaciona estreitamente com as forças de atração e repulsão entre as moléculas. Sendo assim, quanto maiores as forças de atração que existem entre as moléculas do líquido, maior será a tensão superficial. Deste modo, as moléculas estarão mais atraídas umas pelas outras conferindo ao líquido uma menor tendência a espalhar-se (LAGE, 2015).

As moléculas que fazem parte do sabão possuem características polar e apolar, conforme ilustrado na figura 1, a seguir.



**Figura 1:** Estrutura base do sabão. Fonte: (MORRISSON & BOYD, 1996), (DIAS, 2013), (LAGE, 2015).

Estas moléculas, quando entram em contacto com líquidos, polares ou apolares, dissolvem-se, interagindo com as moléculas deste líquido. Ocorre, então, uma redução do número de interações entre as moléculas do líquido dissolvente e, como consequência, reduz-se amplamente sua tensão superficial. Por esse motivo, sabões e detergentes são chamados de substâncias tensioativas. Como efeito, observa-se que ao colocar sabão em água e agitar a solução, forma-se espuma à sua superfície (LAGE, 2015) (PEREIRA, 2008).

### 1.4.3. Características do sabão

O sabão é uma substância obtida pela reacção de gorduras ou óleos com uma base de origem metálica (sendo mais frequente a reacção com hidróxido de sódio e de potássio). O produto final desta reacção é um sal (o sabão) (SILVA, 2006).

Os sais são substâncias que possuem, pelo menos, uma ligação com carácter tipicamente iónico. As ligações iónicas são caracterizadas pela existência de elementos ligantes que apresentem acentuada diferença de electronegatividade, o que origina uma forte polarização, já que se forma um dipolo eléctrico (ALBINO, 2016). Deste modo, os sabões, apresentam pelo menos um ponto de forte polarização na sua molécula. Essa polaridade, bem como o tamanho da cadeia carbonada apolar, possibilita ao sabão se dissolver em substância polares e apolares ou até mesmo em ambos simultaneamente. É esta característica que confere ao sabão a sua acção de limpeza (PEREIRA, 2008).

Segundo (SILVA, 2006), o sabão é constituído por grupos hidrofílicos (tem afinidade com a água) e hidrofóbicos (não tem afinidade com a água). A eficácia de limpeza dos sabões depende da sua capacidade em formar emulsões com matérias solúveis em gorduras. Nesta fase, as moléculas de sabão envolvem a dita “sujidade” de modo a colocá-la num “envelope” solúvel em água, denominado por micela. De referir que ao contrário da crença popular, a quantidade de espuma produzida num dado sabão, não significa necessariamente ter uma maior acção de limpeza.

A grande vantagem da utilização do sabão como agente de limpeza, está no facto de ser um produto biodegradável e, portanto, não prejudicar o meio ambiente (LAGE, 2015).

### 1.4.4. Tipos de sabão

No mercado cada vez mais competitivo, as empresas dedicadas à produção de sabão, tem apostado cada vez mais na multidiversidade de sabões. Deste modo, existem diversos tipos de sabões, sendo agrupado segundo o uso e/ou finalidade. É de referir os seguintes sabões para barbear, sabões translúcidos, sabões líquidos, entre outros (PEREIRA, 2008):

A diferença entre estes produtos, reside no tipo de base a ser utilizado para a reacção de saponificação e nos tipos de aditivos que são incorporados. Para a incorporação destes aditivos, é necessária a separação do sabão formado dos restantes

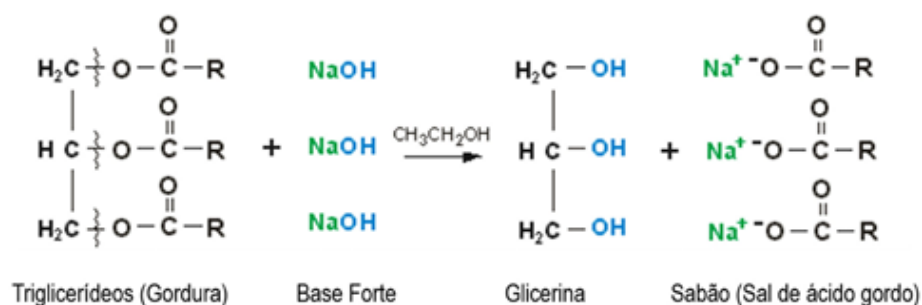
subprodutos. Se a intenção for usar o processo como forma de reciclagem de um poluente doméstico, e não existir escoamento para a glicerina, não faz sentido essa separação, pois a glicerina revela-se uma mais valia nas características do sabão (PEREIRA, 2008).

#### 1.4.5. Reacção de Saponificação

A reacção de saponificação entre uma gordura neutra e uma base do tipo MOH, produz como produto principal o sabão e como subproduto de reacção a glicerina (MORRISSON & BOYD, 1996) (DIAS, 2013).

O sabão é produzido a partir de gorduras ou óleos por reacção química com uma base forte (reacção de saponificação). As gorduras ou óleos são compostos por triglicerídeos que se apresentam no estado sólido ou líquido, respetivamente. Da reacção com a base forte forma-se glicerina (glicerol) e sabão (sais de ácidos gordos). Actualmente, a produção de sabão faz-se com uma base forte (por exemplo, hidróxido de sódio ou hidróxido potássio), quer a nível industrial, quer para uso doméstico (MORRISSON & BOYD, 1996) (DIAS, 2013).

A equação que traduz a reacção apresentada na figura 2 representa a hidrólise alcalina de um lipídio constituinte de óleos ou de gorduras. Neste exemplo, a reacção ocorre com o hidróxido de sódio, sendo um processo muito usado industrialmente. Os substituintes R representam cadeias carbonadas longas, características de ácidos gordos.



**Figura 2:** Reacção de saponificação. Fonte: (MORRISSON & BOYD, 1996) (DIAS, 2013).

Apesar da reação de saponificação ser apresentada como uma única reação, na verdade ocorrem dois passos distintos. O primeiro passo pressupõe a quebra de ligações da molécula de triglicerídeos pela hidrólise alcalina, dessa quebra resulta a formação do álcool (glicerol) e a porção de ácido gordo da molécula forma finalmente um sal pela presença de KOH em solução (DIAS, 2013) (LAGE, 2015).

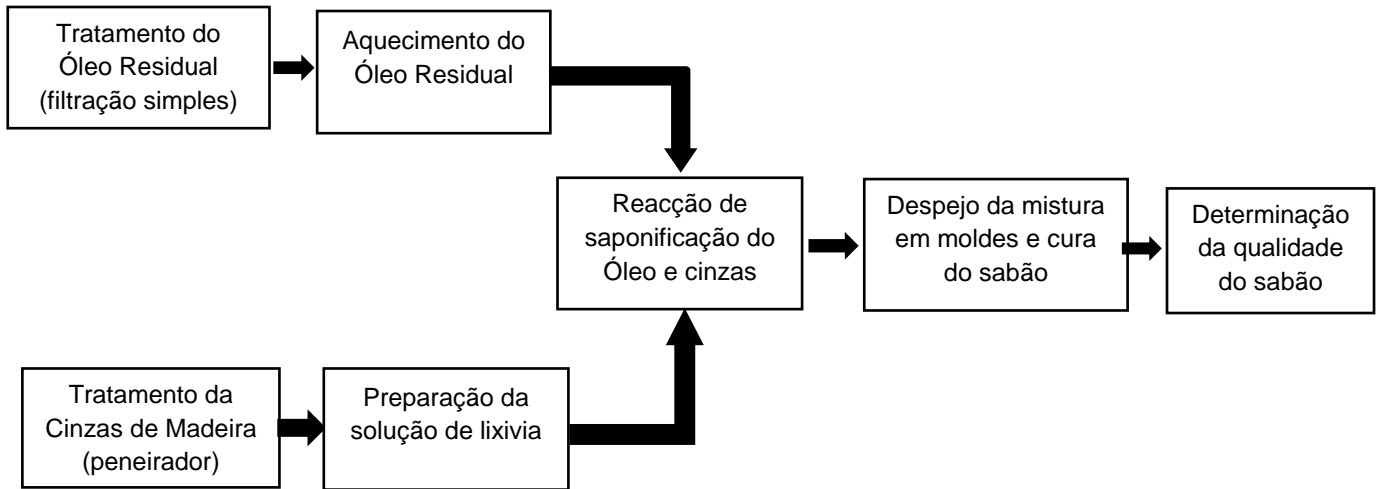
O tipo de gordura e o comprimento da cadeia de hidrocarbonetos determinam as diferentes propriedades dos sabões obtidos. Deste modo, as gorduras de animais que possuem cadeias longas (18 carbonos) resultam em um sabão muito duro e insolúvel, enquanto gorduras com cadeias de 10 carbonos ou menos não são utilizadas na produção de sabão, pois são irritantes para a pele e podem ter odores desagradáveis (LAGE, 2015).

Se for utilizada uma base composta por ião sódio o sabão formado será chamado de sabão duro. Se no lugar de sódio tiver o ião potássio o sabão terá outras características e é denominado de sabão mole. O ácido gordo pode ser, então, neutralizado por NaOH ou Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> produzindo sabões de sódio. A utilização de KOH ou K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> origina sabões de potássio, mais moles e usados, por exemplo, em cremes de barbear. Hidróxidos de etanolamina produzem sabões de amónio que são, em geral, líquidos (JUSTINO, et al., 2011).

A nível industrial, o maior interesse é a maximização do lucro e como consequência, a glicerina produzida em conjunto com o sabão, é separada e purificada, tornando-se num subproduto da reação com especial valor comercial para a indústria farmacêutica. No processo de produção do sabão a glicerina pode ser deixada no produto final conferindo-lhe propriedades hidratantes. Pode, contudo, funcionar também como um excelente aditivo para outros cosméticos. Ela é adicionada aos cremes de beleza e sabonetes, pois é um bom humectante, isto é, mantém a humidade da pele (LAGE, 2015).

### 1.4.6. Processo de fabrico

O processo de produção de sabão com Cinzas de Madeira e Óleo Residual segue o seguinte esquema.



**Figura 3:** Processo esquemático de produção de sabão a base de Óleo Residual e Cinzas de Madeira.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a produção de sabão a base de resíduos (cinzas de madeira e óleo residual), são necessários alguns materiais e equipamentos, bem como, a realização dos ensaios de qualidade do sabão produzido.

A escolha as Cinzas de Madeira e do Óleo Residual como matéria prima, deve-se a elevada geração e descarte inadequado, o que constitui um problema ambiental relevante. Esses resíduos, quando lançados no meio ambiente sem tratamento, podem contaminar solos e águas, além de contribuir para a emissão de gases do efeito estufa.

Os resíduos de Óleo Residual usado e Cinzas de Madeira foram colectados na segunda semana de novembro. O óleo foi armazenado em garrafas PET limpas e secas, enquanto as cinzas foram acondicionadas em uma caixa de papelão, tendo sido ambos submetidos ao pré-tratamento.

#### 3.1. MATERIAIS

##### 3.1.1. Principal Matéria-prima

Os materiais usados para a realização da experiência são apresentados e descritos a seguir.

##### ***Óleo Residual***

O óleo residual será fornecido por uma empresa de restauração, especializada em *fastfood* (comida rápida), comumente designada de *takeaway*, situado no bairro de Infulene. Possibilitando, desta forma a reciclagem do óleo residual e cinzas de madeira, uma vez que constitui matéria-prima na fabricação de diversos produtos.



**Figura 4:** Frasco de conservação de óleo residual.

### ***Cinzas de Madeira***

As cinzas de madeira serão fornecidas pela padaria pertencente ao bairro Infulene (1º de Maio), sendo um resíduo mal-acondicionado e descartado de forma inadequada, estas cinzas são a mistura de diversos tipos de madeira que são popularmente chamadas de, tsondzo, eucalipto, Nkonolwa e kwakwa.



**Figura 5:** Recipiente contendo Cinzas de Madeira tratadas.

## **Água**

A água é um dos materiais de grande importância na fabricação do sabão, pois é responsável pela produção do vapor, como fluido térmico para as caldeiras com serpentinas, de modo a preparar as soluções de álcalis e cloreto de sódio, além de ser agente da lavagem (ENEH, 2017).

Durante a reação de saponificação, a água actua como meio de reação, formando emulsões que dispersam as gorduras e facilitam o contacto com os álcalis. Essa interação é essencial para a formação dos sabões. Ressaltar que a qualidade da água utilizada nesse processo influencia directamente no produto final, pois a presença de substâncias como ácido sulfúrico, carbonatos e outros sais pode favorecer a ocorrência de reações indesejáveis, alterar o pH da solução e, conseqüentemente, afectar a qualidade do sabão produzido (MAGALHÃES & NASCIMENTO, 2009).

### **3.1.2. Equipamentos e Utensílios**

Os principais materiais e equipamentos usados são apresentados de forma detalhada a seguir.

#### **a) Equipamentos**

- Estufa (EcoTherm-LABOTEC)
- Termopar (fluke 51<sup>K/J</sup> Thermometer)
- Balança analítica (marca *Denver Instrument*, modelo M310)
- Fogão eléctrico
- Fogão a carvão
- Dessecador
- pHmetro digital (marca *Hanna*, modelo *HI991001*)

#### **b) Utensílios e vidraria**

- Tecido branco
- Garrafas PET (1000, 2000) ml
- Pinça
- Proveta (250,1000) ml
- Panela de alumínio T26
- Funil de vidro

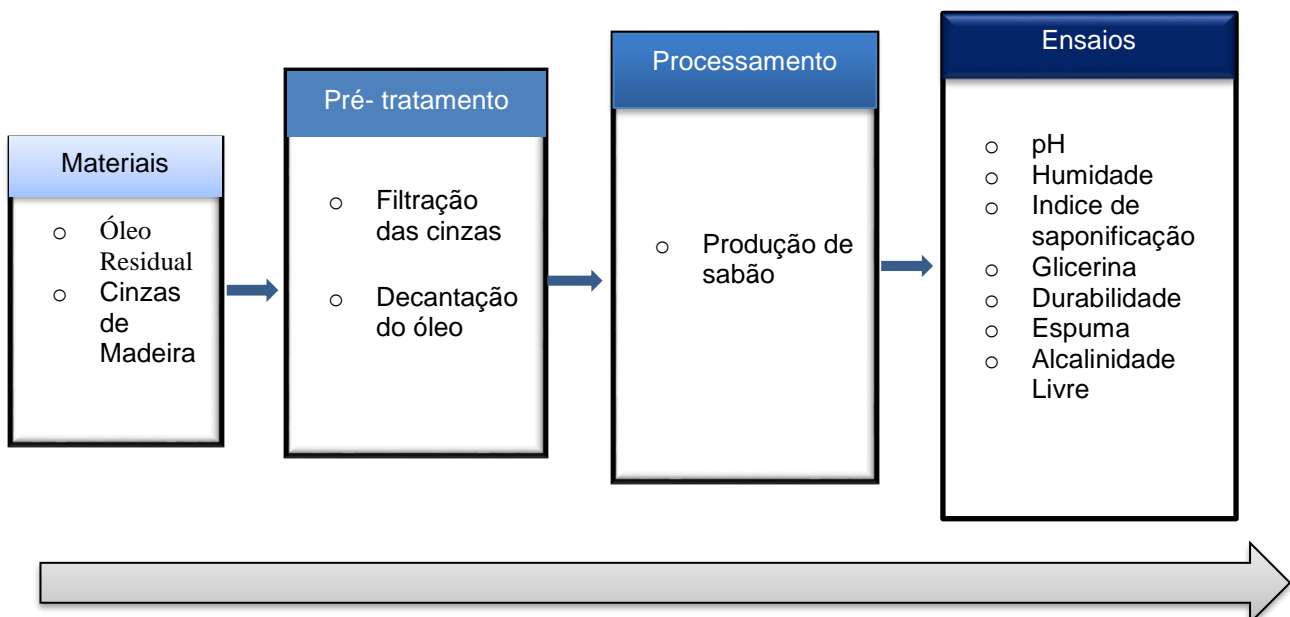
- Peneira granulométrica
- Béquer (250,500) ml
- Pipeta
- Bureta (50ml)
- Erlenmeyer (25,150,250) ml
- Espátula
- Proveta de vidro (5ml)
- Placa de Petri

### c) Reagentes

- Água destilada
- Hidróxido de potássio KOH
- Ácido Sulfúrico  $H_2SO_4$
- Fenolftaleína  $C_{20}H_{14}O_4$
- Etanol  $C_2H_6O$

## 3.2. MÉTODOS

O processamento obedecerá os seguintes passos principais: pré-tratamento das cinzas e do óleo, planeamento das misturas, produção do sabão e ensaios laboratoriais. A configuração experimental é executada pelo seguinte procedimento.



**Figura 6:** Metodologia empregue para desenvolver os sabões.

### 3.2.1. Pré-tratamento do óleo e das cinzas

O óleo residual de fritura será submetido a um processo de decantação em um recipiente fechado, a fim de permitir a sedimentação das partículas sólidas em suspensão. Depois, será filtrado em papel de filtro para a remoção de partículas ainda presentes, resultando em um óleo mais límpido e adequado para a produção do sabão e ensaio do índice de saponificação, conforme ilustrado na figura 7, abaixo.



**Figura 7:** Óleo de fritura usado no estudo, A - Processo de decantação e B - Processo de filtração. Fonte: Autor.

Conforme ilustrado na figura 8, as cinzas de madeira foram submetidas a um processo de peneiramento em agitador eletromagnético, utilizando malha de 1 mm. Essa operação permitiu a retenção de partículas maiores, como fragmentos de lenha não queimada e outros resíduos, garantindo a obtenção de uma fração de cinzas mais homogênea para a produção dos sabões.



**Figura 8:** Processo de peneiramento das cinzas.**3.2.2. Processamento das amostras do Sabão**

A preparação das misturas usadas para a produção de sabão, será realizado com base no planeamento de misturas. Sendo considerados 2 principais componentes da mistura, nomeadamente as cinzas e óleo. A quantidade da água dependente das cinzas, e será auferida com base em dados da literatura.

As Cinzas de madeira serão pesadas e adicionadas a água quente sob constante agitação por 30 minutos, numa proporção 1:10 (m/m) (OGUNSUYI & AKINNAWO, 2012) (TREVISAN & DOS SANTOS, 2024) e (VENQUIARUTO, DEL PINO, DALLAGO, & SPIZA, 2010).

Foi planeada a utilização de uma proporção mássica de cinzas de madeira variável de 10% a 90%, sendo usada o óleo residual para complementar a mistura dos componentes. Desta forma, os componentes considerados no planeamento são: Cinzas de madeira – C e Óleo residual de fritura – O.

Para o cálculo das quantidades adotou-se as seguintes fórmulas:

- Para cinzas (composição de 10%)

$$Q_{cinzas} = massa_{amostra} * Composição$$

$$Q_{cinzas} = 350 * 0.1$$

$$Q_{cinzas} = 35g$$

- Para óleo (composição de 90%, S=0,916g/ml)

$$0,916g \text{ ----- } 1ml$$

$$315g \text{ ----- } x$$

$$x = \frac{315 * 1}{0,916}$$

$$x = 343ml$$

- Para água tendo esta uma proporcionalidade 1:10 com as cinzas teremos

$$Q_{água} = massa_{cinzas} * 10$$

$$Q_{água} = 35 * 10$$

$$Q_{água} = 350ml$$

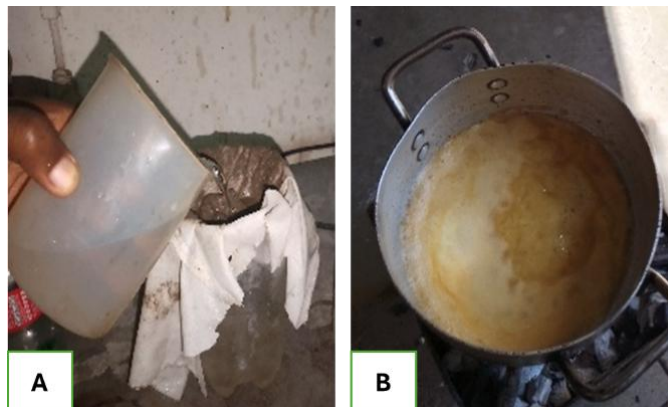
As diferentes formulações das amostras segundo o planeamento de mistura para dois (2) componentes, são ilustradas na tabela a seguir.

**Tabela 2:** Planeamento de mistura para dois (2) componentes.

COMPONENTES	COMPOSIÇÃO MÁSSICA								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Cinzas (C)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Óleo (O)	90	80	70	60	50	40	30	20	10
<b>Amostra</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>	<b>VIII</b>	<b>IX</b>
Cinzas (g)	35	70	105	140	175	210	245	280	315
Óleo(ml)	343	305	267	229	191	152	114	76.4	38.2
Água(ml)	350	700	1050	1400	1750	2100	2450	2800	3150

De modo a determinar a qualidade dos sabões a serem produzidos, serão preparadas amostras com dimensões padronizadas de 13 cm x 2 cm x 2 cm, obtidas por corte. Essas amostras serão submetidas a uma série de testes físico-químicos, de modo a avaliar suas propriedades.

Em primeiro com ajuda de um tecido branco filtra-se óleo em um copo volumétrico, peneira-se as cinzas com uma malha de 3mm de seguida aqueceu-se água em uma panela a temperatura (40-44) °C. Assim sendo faz-se a mistura das cinzas com a água morna para a ativação da solução em seguida filtra-se a mistura de modo a obter a lixívia das cinzas, que por sua vez é adicionado ao óleo residual previamente filtrado em uma panela que de seguida é levada ao fogão, conforme ilustrado na figura a seguir.



**Figura 9:** Processo simplificado de produção de sabão, A - filtração da mistura água e cinza e B - aquecimento da mistura lixívia das cinzas e óleo.

De modo a determinar a qualidade dos sabões a serem produzidos, foram preparadas amostras com dimensões padronizadas de 13 cm x 2 cm, obtidas por corte. Essas amostras foram submetidas a uma série de testes físico-químicos, de modo a avaliar suas propriedades.



**Figura 10:** Amostras de Sabão produzidas.

### 3.2.3. Determinação dos Parâmetros físico-químicas do sabão

#### ❖ *Índice de Saponificação*

Índice de saponificação (I.S.) é o número de miligramas de KOH necessários para saponificar um grama de gordura. Quanto maior o índice de saponificação, mais base será consumida. Cabe ainda ressaltar que este índice está relacionado a uma análise da quantidade de ácidos graxos livres em uma amostra de óleo, servindo para identificar o óleo (ISO 3657, 2013) (CARVALHO, 2013).

Para realização da análise do índice de saponificação, pesou-se 2g da amostra de sabão, em seguida adicionado 25,0 ml de KOH 0,5 mol. L<sup>-1</sup>. A mistura foi aquecida em uma placa aquecedora durante 30 minutos à temperatura de 60°C e, depois, titulada com ácido Sulfúrico 99%. Para o branco, a amostra de sabão foi substituída por 3,0 ml de água destilada e continuando conforme as análises das amostras de sabão (OLIVEIRA, Almeida, QUEIROZ, & MELO, 2021). O I.S. foi estabelecido segundo o método Cd 3-25 (AOCS, 2013) e através da equação abaixo foi possível determinar a quantidade de hidróxido de potássio (mg) necessária para reagir com 1g do óleo residual (CARVALHO, 2013):

$$I.S. = \frac{(b - a) \times fc \times 28}{m}$$

Onde:

- ✓ b - Volume de H<sub>4</sub>SO<sub>2</sub> 99% gasto durante a titulação do branco (ml);
- ✓ a - Volume de H<sub>4</sub>SO<sub>2</sub> 99% gasto durante a titulação da amostra (ml);
- ✓ fc - fator de correção do titulante;
- ✓ m - Massa da amostra de óleo (g).

### ❖ pH

Na análise de pH, para determinar a característica ácida ou básica (pH) dos sabões produzidos, foi realizada uma análise de pH utilizando um procedimento padronizado.

Segundo (VOLOCHTCHUK, et al., 2000) o pH do sabão geralmente varia de 5 a 6, para aproximadamente 10 a 11. Os efeitos indesejáveis bem conhecidos dos produtos de limpeza na pele, o pH alcalino é o principal responsável pelo potencial irritante e desidratante. Com base nesses factos a medição do pH se mostra de suma importância para a aprovação de uma nova formulação.

Dissolve-se a amostra de sabão na concentração 1% em água destilada e realiza-se a leitura do pH em pHmetro digital (marca *Hanna*, modelo *HI991001*), conforme ilustrado na Figura x. O pHmetro é um equipamento eletrônico utilizado para medir e quantificar o potencial pH da amostra, indicando se o papel apresenta característica ácida, neutra ou básica.



**Figura 11:** pHmetro digital (marca Hanna, modelo HI991001).

### ❖ **Humidade**

A humidade do sabão é expressa, em percentagem, como teor de humidade. O conteúdo de humidade exerce influência sobre o processamento, vida útil, uso e qualidade de do sabão.

A quantidade de água existente em um corpo de prova é eliminada com o auxílio de uma estufa, e posteriormente calcula-se o percentual de humidade contido na amostra conforme abaixo (ISO 672, 1978):

$$H = \frac{(m_i - m_f) \times 100}{m_i}$$

Onde:

- ✓ H- Humidade;
- ✓  $m_i$  – massa inicial da amostra do sabão (g);
- ✓  $m_f$  – massa final da amostra do sabão (g).

### ❖ **Alcalinidade Livre**

A alcalinidade refere-se à capacidade da massa de sabão base, contendo um álcali forte, de reagir com o material graxo e neutralizá-lo até atingir um pH específico. A alcalinidade livre, ideal para obter um sabão acabado de qualidade, situa-se na faixa de 0,1% a 0,5%, com um pH em torno de 10 (ZAGO, 2008). Esta análise é crucial, para garantir que o sabão não possua uma alcalinidade excessiva.

Para a realização deste ensaio, é necessário pesar cerca de 1 g de sabão previamente neutralizado com 200 ml de etanol e adiciona-se gotas de NaOH 0,1 mol/L e fenolftaleína até coloração rósea. Posteriormente, titula-se com solução padrão de HCl 0,1 mol/L e fenolftaleína até o ponto de viragem (incolor). As percentagens de alcalinidade das amostras obtidas serão calculadas a partir da seguinte equação (ISO 10539, 2002) (PRATES, 2006):

$$\%NaO = \frac{C_{HCl} \times V_{HCl} \times 4}{m}$$

Onde:

- ✓  $C_{HCl}$  - concentração do HCl utilizado na titulação (mol/L);

- ✓  $V_{HCl}$  - volume gasto de HCl durante a titulação (L).
- ✓  $m$  – massa da amostra (g).

Pesou-se 1g de sabão de seguida colocou-se em um béquer onde, adiciona-se 20 ml de etanol previamente neutralizado (que foi ajustado para PH neutro com  $H_2SO_4$  99% e fenolftaleína sem coloração).

Adiciona-se indicados 1-2 gotas de fenolftaleína a solução de modo a observar se a solução possui alcalis livres. Por fim titula-se com  $H_2SO_4$  0,1 mol/l usando uma bureta para titular a solução básica até que a cor rosa desapareça.

$$\%NaO = \frac{C_{H_2SO_4} \times V_{H_2SO_4} \times 4}{m}$$

Onde:

- ✓  $C_{H_2SO_4}$  - Concentração do  $H_2SO_4$  utilizado na titulação (mol/L); (0,1 mol)
- ✓  $V_{H_2SO_4}$  - Volume gasto de  $H_2SO_4$  durante a titulação (L).
- ✓  $m$  – Massa da amostra (g).

### ❖ **Glicerina**

A glicerina é um subproduto resultante do processo de saponificação utilizado na fabricação de sabão. Segundo PERUZZI e CANTO (2003), a glicerina possui interações tanto com a superfície do material a ser umectado (como a pele, o cabelo ou um produto alimentício) quanto com a água.

De acordo com OYEKUNLE et al. (2021) para estimar a quantidade de glicerol presente em amostras de sabão artesanal ou industrial usando extração com álcool etílico e medição do resíduo final. Adicionando 5 g de sabão ralado a 50 mL de álcool em um béquer e aqueça levemente em banho-maria por cerca de 10 minutos, sem deixar ferver de seguida filtre a solução quente usando um funil com papel de filtro. O filtrado conterá glicerol dissolvido, transfira o filtrado para outro recipiente e evapore o álcool (deixe repousar por algumas horas ou aqueça suavemente) por fim meça o volume do resíduo líquido (viscoso), que corresponde principalmente ao glicerol,

conforme a fórmula seguinte, onde 1.26 representa densidade da glicerina em unidades de g/mL.

$$\text{Massa de glicerol (g)} = \text{Volume do resíduo (mL)} \times 1,26$$

#### ❖ **Durabilidade/ Amolecimento**

Os problemas relacionados com a dureza excessiva da barra do sabão, como a falta de plasticidade, falta de brilho, rachaduras na superfície, espuma insatisfatória em termos de quantidade, textura macia e pegajosa, aspereza, perda de massa e amolecimento da barra durante o uso podem tornar os sabões menos atrativos aos consumidores (SASSON , et al., 2009).

Pesa-se uma amostra com acerca de 12 g do sabão e coloca-se em placa de petri com 35 ml de água de torneira por 12 horas à temperatura ambiente, e de seguida, remove-se o material gelatinoso da amostra, seca-se e faz-se a pesagem. O amolecimento das amostras obtidas é calculado a partir da seguinte equação (DE FREITAS & SALVALAIO, 2023):

$$\%A = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100$$

Onde:

- ✓ %A - Percentagem de amolecimento;
- ✓  $m_i$  – massa inicial da amostra do sabão (g);
- ✓  $m_f$  – massa final da amostra do sabão (g).

#### ❖ **Espuma**

A espuma pode ser definida como um sistema coloidal de um gás disperso em um líquido, de modo a possuir um especto de agregados de bolhas separadas por um filme líquido, consistindo em um sistema de duas fases termodinamicamente instáveis (ZULIANI, 2015). A formação de espuma é caracterizada por bolhas de ar que são incorporadas ao líquido quando este sofre agitação, que é o método mais fácil de obter espuma (THODE FILHO, 2013).

A formação de espuma é um factor que atrai bastante a atenção dos consumidores, sendo frequentemente um critério de escolha na compra de um sabão, mesmo que não influencie directamente no poder de limpeza (LAGE, 2015).

A espuma está relacionada à capacidade de limpeza da pele (LAGE, 2015) e à presença de tensoativos e à composição dos ácidos graxos nas formulações do sabão (PRATES, 2006).

As características da espuma podem variar conforme os óleos vegetais utilizados. Por exemplo, o óleo de palma gera espuma lentamente com bolhas pequenas e duradouras, enquanto o óleo de coco produz espuma rapidamente com muitas bolhas não persistentes, e o óleo de oliva tem espuma gordurosa com bolhas pequenas e persistentes. Essas diferentes características de formação e estabilidade da espuma são influenciadas pela composição do sabão (OGUNSUYI & AKINNAWO, 2012).

Para analisar a variação da quantidade de espuma em relação ao tempo, dissolveu-se aproximadamente 2,0000 gramas da amostra de sabão em 100 ml de água destilada e em seguida transferiu-se para uma proveta de 100 ml com boca esmerilhada 50 ml da solução aquosa de sabão. A proveta contendo a solução foi vertida 10 vezes e o volume de espuma em ml nos instantes 0, 10 e 15 minutos foi mensurado. Após a diluição, transferiu-se o líquido formulado para uma proveta de 25 ml, vedando-a com papel filme e brandindo 10 vezes simultaneamente, repetindo essa ação por três vezes com intervalos de 5 minutos entre elas (PRATES, 2006).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

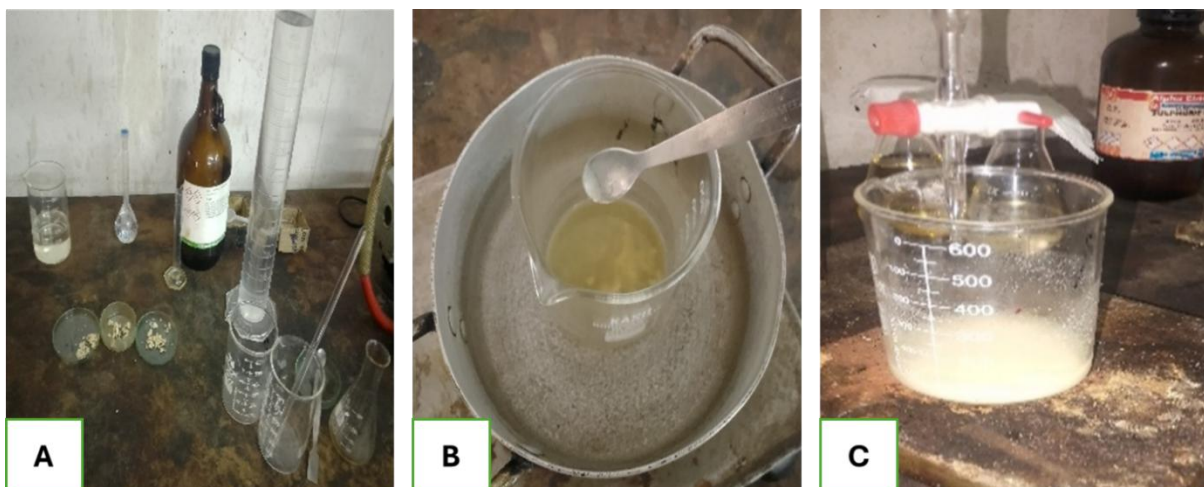
Os sabões foram produzidos com uma média de duas (2) horas e tiveram um tempo de cura (secagem) de aproximadamente 35 dias, sendo monitoradas duas vezes por semana de modo a permitir que ganhassem maior consistência. Sendo que, para as amostras I e II não foi possível realizar ensaios devido a destruição das amostras.

Para a verificação da qualidade do sabão desenvolvido foram realizados testes de pH, alcalinidade, humidade, amolecimento (Durabilidade), composição química e percentagem de limpeza (CARVALHO, 2013). Para o presente estudo, foram as seguintes propriedades: Índice de Saponificação, pH, Humidade, Alcalinidade Livre, Glicerina, Amolecimento e Espuma, os quais são apresentados e discutidos daqui em diante.

### 4.1. DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICAS DO SABÃO

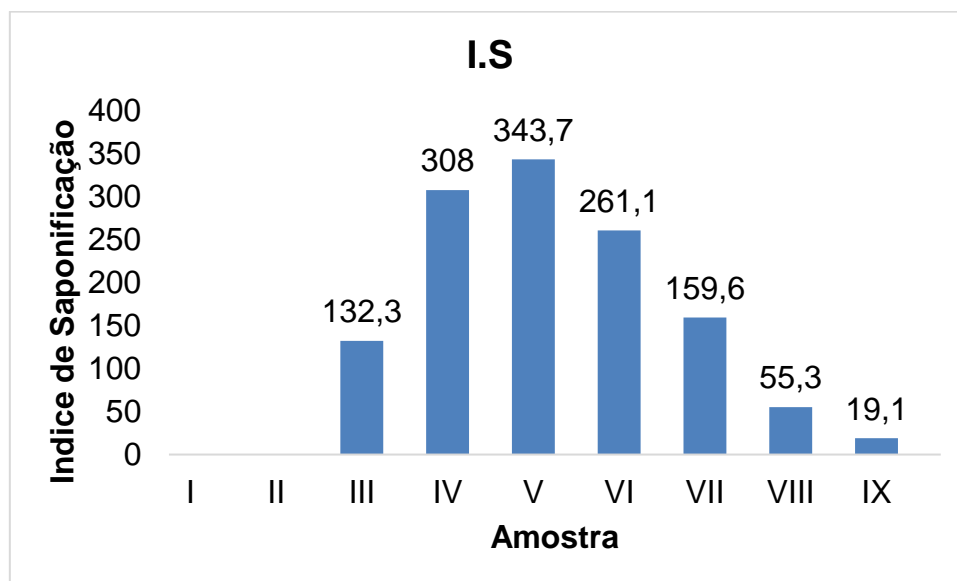
#### 4.1.1. Índice de Saponificação (IS)

O IS foi determinado para calcular a quantidade de KOH necessária à neutralização do óleo, assegurando a eficiência da reação. Como o  $H_2SO_4$  utilizado (99%) não foi padronizado, adotou-se factor de correção igual a 1. A figura 12 a seguir ilustra o processo da verificação do volume de ácido gasto na titulação o qual permitiu determinar o IS.



**Figura 12:** Processo de verificação do volume de ácido gasto na titulação (ácido - base) para a determinação do índice de saponificação.

Após a determinação do IS verificou-se que a qualidade do Óleo Residual exerce influência significativa nas propriedades das amostras de sabão. Observou-se tendência de aumento dos valores de IS até a proporção de 50% (343.7 mg) de óleo na formulação, seguida de redução progressiva. Essa variação está representada no gráfico 1, abaixo e é descrito de forma detalhada no Anexo 1. Houve uma diferença significativa nas formulações do sabão, tendo alçado o valor máximo de 343.7 mg e mínimo de 19.1mg de KOH.



**Gráfico 1:** Índice de Saponificação do sabão em barra a base de Óleo Residual e Cinzas de Madeira.

Segundo o estudo realizado por DE FREITAS e SALVALAIO (2023) e CARVALHO (2013), relataram que, em formulações com óleo residual, a qualidade do óleo, influenciada pelo número de ciclos de fritura e a degradação térmica exercem um efeito directo ao IS e, conseqüentemente, a eficiência e a qualidade final do sabão. Óleos excessivamente degradados apresentam maior teor de ácidos graxos livres, o que pode elevar temporariamente o IS, mas comprometer a estabilidade do produto final.

Uma vez que a composição interna das cinzas e do sabão são constantes quimicamente, esse efeito pode ser atribuído ao equilíbrio da quantidade das cinzas e do óleo. O resultado obtido na amostra V (343.7) indica maior teor de triglicerídeos de cadeias curtas e médias os quais facilitam o processo de saponificação (AOCS, 2013). A tabela abaixo ilustra os resultados do IS obtidos no sabão em barra (Maëva) comercializado nos mercados a nível de todo o país.

**Tabela 3:** IS do sabão Maëva.

<b>I.S. Sabão Maëva</b>			
Ensaio	I	II	III
VolumenH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ml)	37.5	16	16.8
Volumedobranco(ml)	40		
IS	35	336	324.8
IS medio	231.93		

As amostras VI e VII estão de acordo com as diferentes formulações obtidas pelos outros autores. Quando comparado com o resultado do sabão Maëva (231.93 mg), nota-se que a VI (261.1 mg) e VII (159.6 mg) estão na mesma faixa de variação. Desta forma pode se considerar aceitáveis os valores das amostras de sabão VI e VII, pois valores muito elevados do óleo na faixa de 50 a 90% eleva o IS e na faixa de 10 a 20% reduzem o IS.

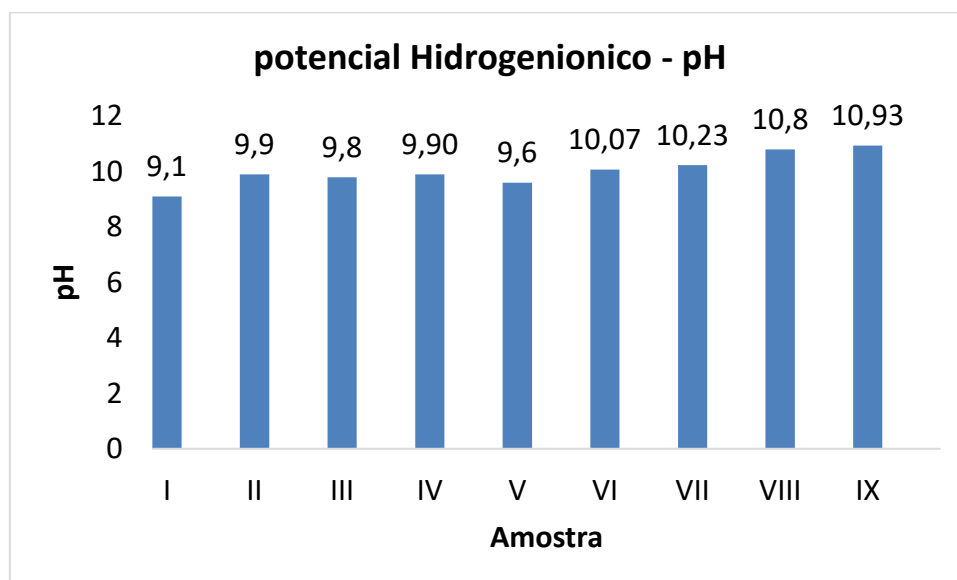
#### 4.1.2. pH

Alcalinidade livre é a capacidade que a base forte tem de reagir com o material graxo e neutralizá-lo até um pH definido, a idealidade para um sabão bem-acabado é inferior a 0,5 % e pH em torno de 10 (MILLAN, SOARES, & BOSS, 2018). A figura 14 a seguir ilustra o processo da verificação do pH das amostras do sabão, através de dissolução de sabão em água destilada e leitura no pHmetro digital.



**Figura 13:** Verificação do PH na amostra de sabão através da observação directa no pHmetro.

No gráfico 2 abaixo, verifica-se uma ligeira tendência de elevação do pH nas formulações com maior proporção de cinzas em relação ao óleo residual na ordem de 1.83, atingindo valores máximos nas amostras VIII e IX, esse facto pode ser também observado na tabela do Anexo 2.



**Gráfico 2:** pH das amostras de sabão em barra a base de Óleo Residual e Cinzas de Madeira.

Segundo o estudo realizado por OGUNSUYI e AKINNAWO (2012), esse comportamento pode estar associado ao aumento da concentração de álcalis livres provenientes da lixívia de cinzas, o que reforça a influência direta da matéria-prima alcalina sobre as características químicas do sabão.

Os valores do pH segundo o mesmo gráfico variaram de 9,1 (amostra I) a 10,93 (amostra IX). Esses intervalos de valores de pH coincidem com os relatados no estudo realizado por VOLOCHTCHUK et al. (2000), intervalo este obtido para sabões através da saponificação alcalina, geralmente entre 9 e 11 (IS : 286, 1978), e também coincidem com o valor do pH do sabão Maëva Comercial, conforme ilustrado na tabela 4 abaixo.

**Tabela 4:** Ensaio de pH do sabão Maëva.

<b>Sabão Maëva</b>			
Ensaio	I	II	III
pH	10.48	10.59	10.6
pH médio	10.56		

Valores superiores a 11 podem comprometer a segurança dermatológica do sabão, enquanto níveis entre 9 e 10,5 são aceitáveis (IS : 286, 1978), e foi evidenciado que as amostras I as VII encontram-se dentro da faixa recomendada, enquanto que as amostras VIII e IX apresentem valores no limite superior, sugerindo a necessidade de ajuste da concentração de lixívia para reduzir a alcalinidade residual.

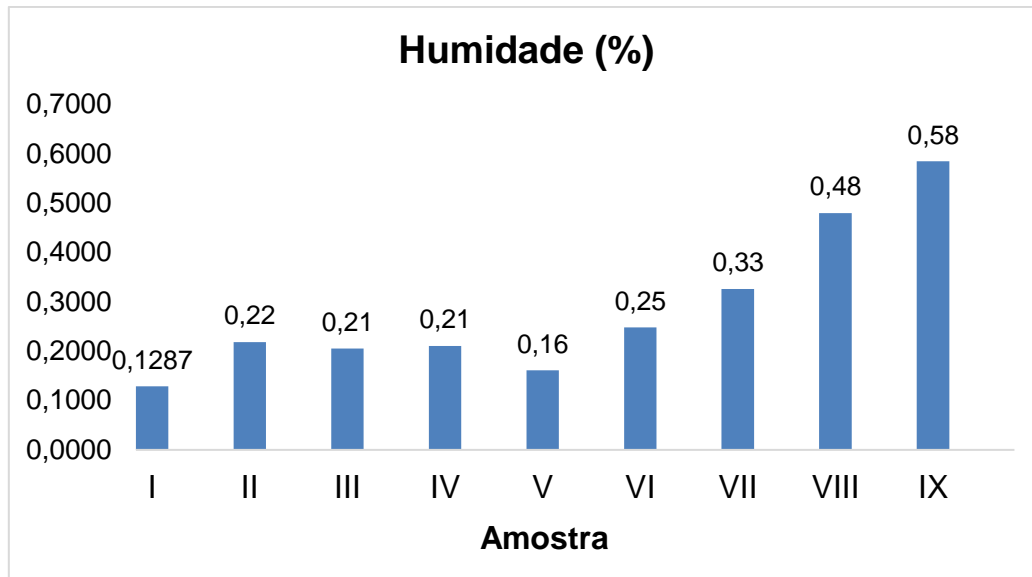
#### 4.1.3. Humidade

Os resultados obtidos no ensaio da humidade são de extrema importância para avaliar a qualidade e estabilidade do sabão, pois trata-se de um parâmetro essencial, pois pode afectar directamente a durabilidade e a eficácia do sabão (DIEZ & CARVALHO, 2000). A figura 14 abaixo ilustra o processo de medição da humidade.



**Figura 14:** Secagem das amostras de sabão na estufa, precedido pelo arrefecimento em um dessecador para a pesagem final e cálculo da humidade.

No gráfico 3, a seguir (o qual pode detalhado da humidade das diferentes amostras pode ser observado na tabela do Anexo 3) é ilustrado a humidade das diferentes amostras de sabão, onde observa-se uma variação ligeira entre as amostras, com valores que variam de 0,1287% (amostra I) até 0,58% (amostra IX).



**Gráfico 3:** Relação da humidade por amostra do sabão em barra a base de Óleo Residual e Cinzas de Madeira.

O valor de todas as amostras do sabão produzido está ligeiramente baixo, isto mostra que o sabão produzido tem baixa humidade residual o que é positivo pois evita a deterioração microbológica e perda de consistência. Visto que, as diferenças estão abaixo de 1% (o pretendido), é evidente que as amostras apresentam teores adequados, o mesmo é observado no ensaio da amostra de sabão Maëva, o qual pode ser observado na tabela 5 a seguir.

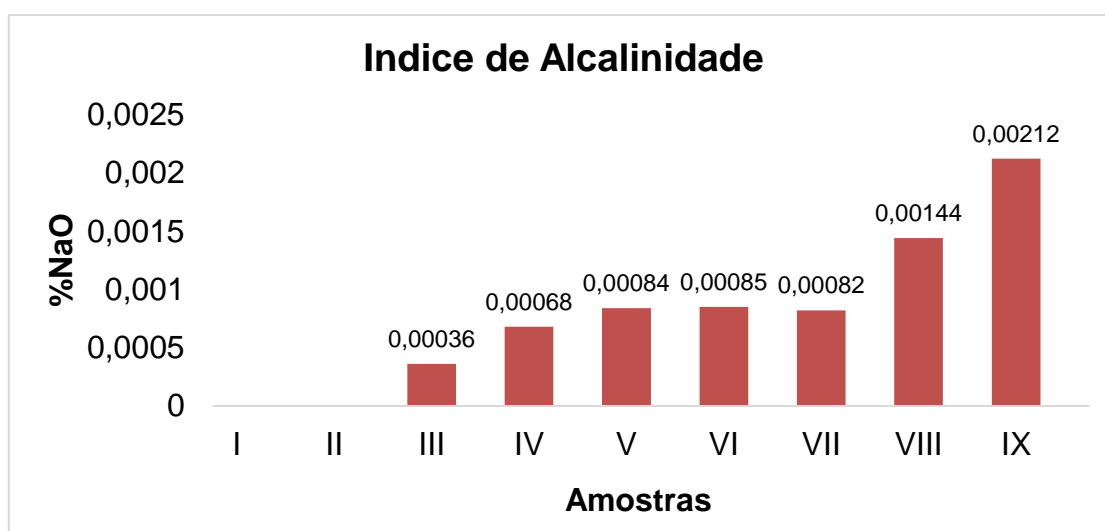
**Tabela 5:** Humidade de Sabão Maëva.

Ensaio	I	II	III
Massa inicial(g)	25.0082	24.446	23.8269
Massa final (g)	24.8095	24.1763	23.5651
Humidade (%)	0.794539	1.103248	1.098758
Humidade Média (%)	0.99885		

#### 4.1.4. Alcalinidade Livre

O índice de alcalinidade livre descreve a quantidade de álcali não consumida durante o processo de fabricação do sabão. Também, permite controlar a qualidade do sabão, especialmente aqueles destinados ao uso na pele humana (OGUNSUYI & AKINNAWO, 2012) (OYEKUNLE, ORE, OGUNJUMELO, & AKANNI, 2021) (LAGE, 2015).

O gráfico 4 ilustra a variação dos valores da alcalinidade livre conjugada com as diferentes amostras em análise (vede o Anexo 4). O gráfico evidencia uma variação mínima e valores muito abaixo de 0,05 %.



**Gráfico 4:** Alcalinidade livre do sabão em barra a base de Óleo Residual e Cinzas de Madeira.

As amostras V, VI e VII mantem níveis próximos na ordem de 0,00082 à 0,00085 %NaO, o que evidencia maior estabilidade do sabão nesta faixa. Todos os resultados obtidos no presente estudo estão abaixo do valor obtido para o sabão Maëva, o que pode ser visualizado na tabela 6, a seguir.

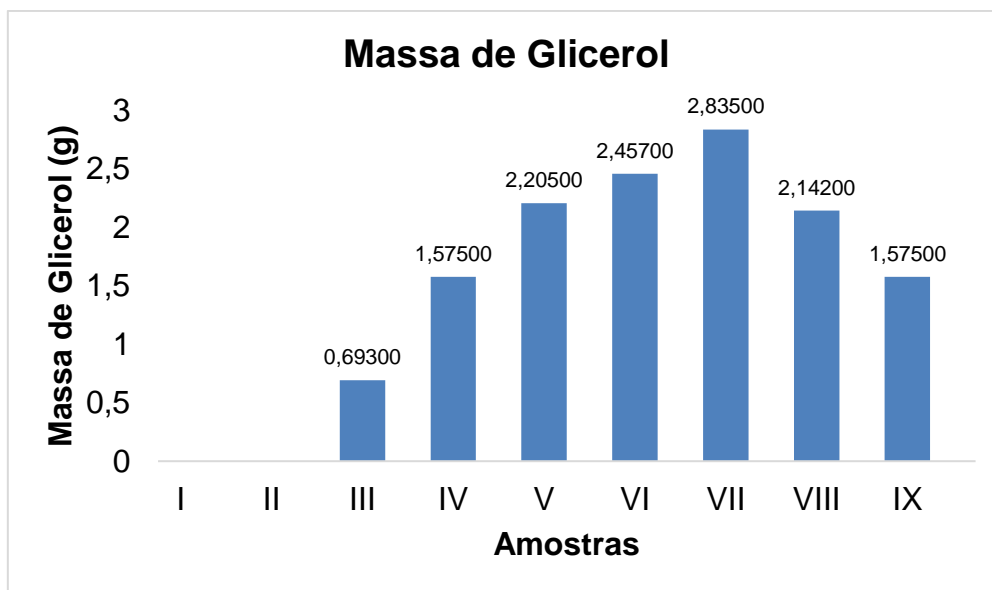
**Tabela 6:** Ensaio da Alcalinidade do Sabão Maëva.

Alcalinidade			
Ensaio	I	II	III
Massa inicial (g)	1.032	1.0004	1.0932
Volume $H_2SO_4$ (ml) $\cdot 10^{-3}$ -(L)	12.2	6.5	13
%NaO	0.0048	0.0026	0.0052
%NaO medio	0.0042		

Segundo o estudo realizado OYEKUNLE et al. (2021), obteve-se um valor médio de alcalinidade de 6,72%, um resultado não satisfatório pois o mesmo não atingiu os parâmetros recomendados pela *Standard Organization of Nigeria* ( $\leq 0,05$ ), enquanto as amostras do sabão do presente estudo encontram-se dentro do desejado, com valor mínimo de 0.00036 e máximo de 0.00212% de alcalinidade livre. Desta forma foi evidenciado que o sabão a base de resíduos mantém controle mais rigoroso da alcalinidade, o que pode ser devido ao adequado pré-tratamento do óleo residual e principalmente ao uso de cinzas de madeira que possui composição básica.

#### 4.1.5. Glicerina

A glicerina é obtida como subproduto da produção de sabão e é comumente adicionada a cremes de beleza e sabonetes por possuir função humectante, ou seja, mantém a humidade da pele. O gráfico 5 ilustra a variação do glicerol em relação as amostras de sabão, podendo ser vista detalhadamente na tabela do Anexo 5.



**Gráfico 5:** Glicerol do sabão em barra a base de Óleo Residual e Cinzas de Madeira. Verifica-se uma variação da massa de glicerol na faixa de 0,693 g (Amostra III) e 2,835 g (amostra VII), demonstrando que a proporção entre óleo residual e lixívia de cinzas influenciou diretamente o rendimento de glicerol no processo de saponificação. As amostras V a VII indicam maior eficiência da reação, uma vez que reflete a presença adequada de óleo residual e alcalinidade suficiente para promover a completa conversão em sabão. Segundo DE FREITAS e SALVALAIO (2023) no estudo, obtiveram resultados semelhantes, pois verificaram que formulações

otimizadas de sabões artesanais ecológicos apresentaram teores de glicerol na faixa de 2% e 7% em massa, o que confere ao sabão características de maciez, maior durabilidade e melhor aceitação sensorial. Amostras com menor massa de glicerol (III e IX) coincidem com formulações de extremos na proporção óleo/cinzas, sugerindo reacção incompleta de saponificação devido a excesso de base ou deficiência de triglicerídeos. Segue abaixo a tabela 7 que ilustra o comportamento do sabão Maëva.

Segundo estudo realizado por OGUNSUYI e AKINNAWO (2012), concluem que a manutenção de teor adequado de glicerol é desejável não apenas para assegurar a qualidade físico-química do sabão, mas também para evitar a necessidade de processos adicionais de purificação, o que tornaria o processo de produção de sabão mais oneroso e mais caro, contrariando o principal objectivo de produção de baixo custo, preservação do ambiente e valorização de resíduos.

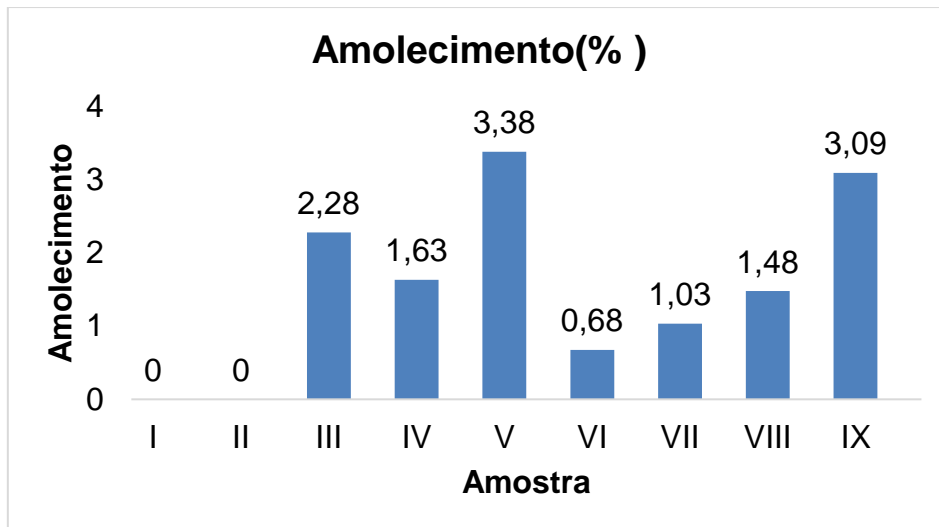
**Tabela 7:** Glicerina do Sabão Maëva.

<b>Glicerina do sabão Maëva</b>			
Ensaio	I	II	III
Volume Resíduo(ml)	9	8.6	9.1
Massa do glicerol	11.34	10.836	11.466
Glicerol médio	11.214		

#### **4.1.6. Durabilidade/ Amolecimento**

O amolecimento do sabão é um indicador importante de sua estabilidade e capacidade de manter sua forma sólida durante o uso e está diretamente relacionado à composição dos ingredientes e às condições de processamento utilizadas na fabricação.

Trata-se de um indicador que se relaciona inversamente com a dureza do sabão. O gráfico 6 ilustra os valores obtidos (vede também o anexo 6), onde se verifica uma variação significativa entre as amostras V (3,38%) e IX (3,09%), as quais indicam valores maiores o que consequentemente reduz a dureza e aumenta o amolecimento do sabão e provavelmente com maior teor de água ou menor grau de saponificação. Por outro lado, valores intermediários são observados nas amostras III (2,28%), IV (1,63%) e VIII (1,48%), os quais causam o efeito contrário.



**Gráfico 6:** Dureza ou amolecimento do sabão em barra a base de Óleo Residual e Cinzas de Madeira.

**Tabela 8:** Amolecimento-Durabilidade.

Amolecimento-Durabilidade			
Ensaio	I	II	III
Massa inicial(g)	24.8059	25.4853	24.8214
Massa final(g)	27.2004	27.5229	27.806
Amolecimento %	-8.8031	-7.4032	-10.7336
Amolecimento % médio	-8.980		

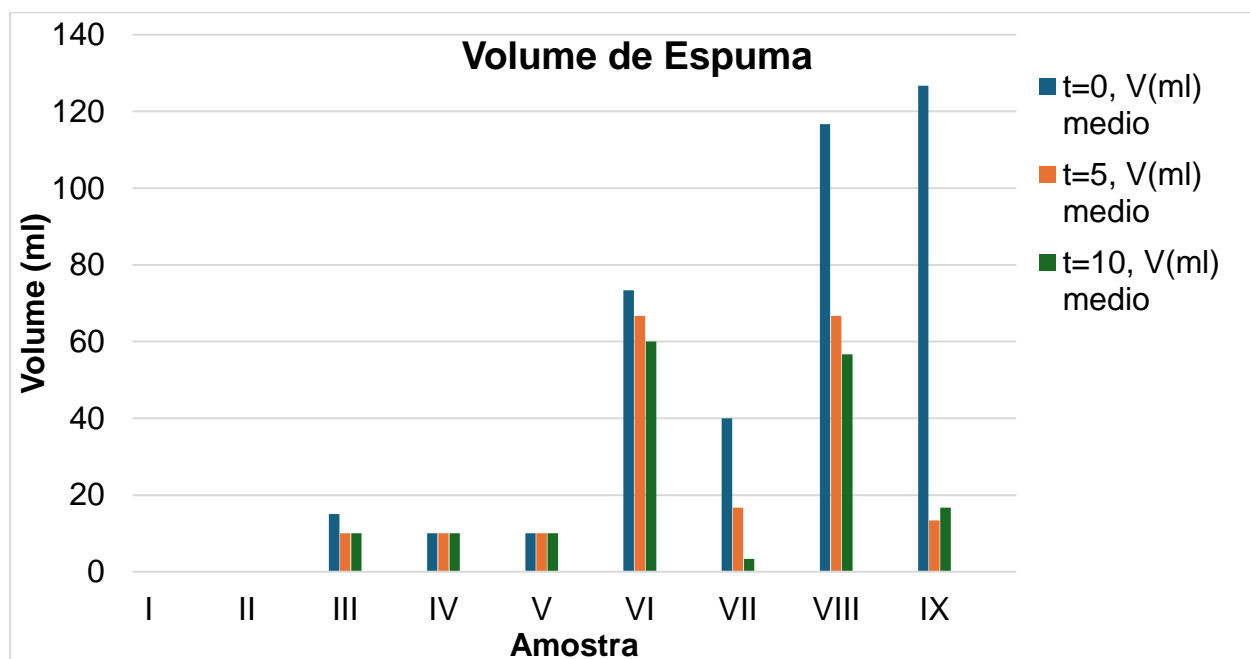
Analisando o amolecimento entre os sabões produzidos a partir de óleo residual e o sabão Maëva, com base nos resultados apresentados na tabela 8 (acima), verificou-se que, durante o ensaio, as amostras artesanais apresentaram desintegração completa quando expostas à água, evidenciando menor resistência estrutural. Em contrapartida, o sabão Maëva demonstrou comportamento distinto: embora tenha absorvido água e amolecido superficialmente, manteve a sua consistência interna, sem se desfazer. Esse desempenho explica os valores negativos obtidos para o índice de amolecimento do sabão Maëva, os quais indicam maior estabilidade e durabilidade frente ao contato com a água.

#### 4.1.7. Espuma

A formação de espuma é um fator que atrai bastante os consumidores, sendo frequentemente um critério de escolha na compra de um sabonete, mesmo que não

influencie diretamente o poder de limpeza (LAGE, 2015). É um indicador importante da capacidade de limpeza e da aceitabilidade sensorial do sabão, estando diretamente relacionado à presença de surfactantes e à composição dos ácidos graxos nas formulações.

O gráfico 7 (vede o Anexo 7) ilustra a variação do volume de espuma de sabão, avaliadas em três tempos de agitação:  $t = 0$  (azul), 5 (vermelho) e 10 (verde) minutos.



**Gráfico 7:** Variação de espuma em diferentes tempos (minutos) de agitação sabão em barra a base de Óleo Residual e Cinzas de Madeira.

Observa-se que as amostras VIII e IX destacaram-se com os maiores volumes iniciais de espuma, registrando aproximadamente 118 ml e 125 ml, respectivamente, em  $t=0$ , o que sugere uma alta capacidade de formação de espuma logo após a agitação. Contudo, essas amostras apresentaram redução significativa nos volumes em  $t=5$  e  $t=10$  minutos, indicando uma estabilidade moderada da espuma. A amostra VI também mostrou bom desempenho, com um volume inicial de cerca de 60 ml e uma manutenção relativamente alta até  $t=5$  minutos. Por outro lado, as amostras III, IV e V exibiram volumes de espuma baixos e estáveis ao longo do tempo, refletindo uma menor capacidade espumante. Por outro lado, a amostra VII apresentou um volume inicial moderado, de aproximadamente 40 ml, mas sua espuma decaiu rapidamente, indicando baixa estabilidade.

A tabela 9 abaixo ilustra a variabilidade da espuma do sabão Maëva comercial. É evidente que a espuma seja muito abundante e esteja em maior quantidade comparativamente com ao gráfico da figura 20. O facto que se reitera é de que a única amostra que tende a ter a espuma estável semelhantemente com a do sabão Maëva é a amostra VI.

**Tabela 9:** Espuma do sabão Maëva.

<b>Espuma do sabão Maëva</b>			
Ensaio	I	II	III
t=0, V(ml) medio	140		
t=5, V(ml) medio	106.67		
t=10, V(ml) medio	106.67		

A espuma de sabão Maëva teve uma descida de 140 ml para aproximadamente 106.67, mas dos 5 a 10 minutos o volume da espuma manteve-se constante. levemente para 106,67 ml em 5 minutos, mas manteve-se constante até 10 minutos, desta forma pode-se dizer que, o sabão Maëva possui um excelente poder espumante, superior às amostras artesanais analisadas anteriormente.

## 5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

### 5.1. CONCLUSÃO

Com a luz da realização da presente pesquisa e com vista a suprir os objectivos previamente estabelecidos, conclui-se que os mesmos foram alcançados com sucesso. Sendo que:

- ✓ As amostras I (90%O e 10%C) e II (80%O e 20%C) não houve a formação do sabão e as amostras desfizeram – se, o que evidenciou-que só se produz sabão quando se tem quantidade suficiente de base, ou seja, maior quantidade de Cinzas de Madeira, para este caso a partir de 30% de Cinzas de Madeira em diante;
- ✓ O IS é máximo na proporção de 50% de Óleo Residual e 50% das Cinzas de Madeira (343.7 mg) e nas amostras restantes ocorre um decréscimo quando se altera a quantidade de um dos componentes;
- ✓ As amostras VI e VII apresentaram o melhor equilíbrio entre pH ( $\approx 10,3$  à  $10,5$ ), teor de humidade ( $<1\%$ ), alcalinidade livre reduzida e teor de glicerol adequado, resultando em um sabão de boa estabilidade, espuma persistente e desempenho próximo ao sabão comercial utilizado como referência. Estas composições podem ser consideradas óptimas para a produção artesanal de sabão;
- ✓ O excesso Cinza de Madeira nas amostras VIII e IX resultou em pH elevado ( $>10,9$ ), o que pode ocasionar problemas dermatológicos e estabilidade do sabão. Em contrapartida, o excesso de Óleo Residual nas amostras I e II inviabilizou a formação de barras consistentes, reforçando a necessidade de ajuste preciso da proporção óleo–lixívia;
- ✓ O teor de humidade manteve-se baixo em todas as amostras ( $<1\%$ ), o que favorece maior durabilidade e melhor conservação das barras de sabão, o que pode aumentar a credibilidade e aceitação dos usuários;
- ✓ A alcalinidade livre média foi reduzida ( $\approx 0,02\%$ ), situando-se abaixo de valores de referência reportados na literatura, encontram-se dentro do desejado, com valor mínimo de 0.00036 e máximo de 0.00212 %NaOH. Esse resultado evidencia que o sabão a base de Óleo Residual e Cinzas de Madeira possui controle mais rigoroso da alcalinidade, o que pode ser ocasionado pelo

adequado pré-tratamento do Óleo Residual e principalmente ao uso de Cinzas de Madeira que possui composição alcalina;

- ✓ O rendimento em glicerol, mais elevado nas amostras V–VII (até 2,835 g), indicou maior eficiência de saponificação o que evidencia melhores propriedades funcionais. Formulações extremas, por outro lado, revelaram menor aproveitamento;
- ✓ As amostras V (2.205 g) a VII (2.835 g) indicam maior eficiência da reação de saponificação, uma vez que reflete a presença adequada de Óleo Residual e alcalinidade suficiente para promover a completa conversão em sabão, o que evita processos adicionais de purificação, tornando o processo de produção de sabão mais económico e ambientalmente viável;
- ✓ O ensaio de espuma demonstrou que, embora algumas amostras apresentassem volumes iniciais elevados, apenas a amostra VI apresentou estabilidade comparável ao sabão comercial, enquanto que as amostras III, IV e V exibiram volumes de espuma baixos e estáveis ao longo do tempo, refletindo uma menor capacidade espumante, apresentado um aspecto menos branco e cremoso após seu tempo de repouso;

Do ponto de vista ambiental, a produção de sabão a partir de Óleo Residual e Cinzas de Madeira mostrou-se viável, pois dá um novo destino e valorizando os resíduos de difícil tratamento, contribuindo para preservação dos cursos de água, do solo e todas matrizes bióticas e abióticas. Do ponto de vista socioeconómico, a produção do sabão a base de Óleo Residual e Cinzas de Madeira pode para além de melhorar a gestão de resíduos, criar oportunidades de geração de renda e sensibilização ambiental.

## 5.2. RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se:

- ✓ Realizar ensaios complementares da qualidade, como por exemplo ácidos graxos totais, bem como ensaios microbiológicos, de modo a garantir o sabão não tenha efeitos indesejáveis na pele;
- ✓ Avaliar a vida útil do sabão, incluindo variações ao longo do tempo de armazenamento, de modo a estimar o prazo de validade do mesmo;
- ✓ Avaliar a influência das diferentes tipologias de cinzas quanto a composição mineralógica e a granulometria na eficiência da saponificação e nas propriedades do sabão.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- ALBINO, C. S. (2016). *Produção de sabão líquido a partir de óleo alimentar usado para utilização na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, Lisboa.
- AOCS. (2013). *Saponification Value*. Official Method CD 3-25.
- CARVALHO, A. P. (2013). *Qualidade física, química e antimicrobiana de sabões líquidos elaborados com óleo residual de fritura e diferentes agentes saponificantes*.
- CORSINI, M. D., JORGE, N., MIGUEL, A. M., & VICENTE, E. (2008). Perfil de ácidos graxos e avaliação da alteração em óleo de fritura. (Q. Nova, Ed.) 31(5).
- DA SILVA, B. G., & PUGET, F. P. (2010). SABÃO DE SÓDIO GLICERINADO: PRODUÇÃO COM ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA. (C. C. Conhecer, Ed.) 6(11), pp. 1-15.
- DE FREITAS, I. D., & SALVALAIO, L. H. (2023). *DESENVOLVIMENTO E FORMULAÇÃO DE SABÃO UTILIZANDO CINZAS DE MADEIRA A PARTIR DA RECICLAGEM DO ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA*. Monografia, INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, Vila Velha.
- Decreto n.º 13. (2006). REGULAMENTO SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS.
- DEMEYER, A., NKANA, J. C., & VERLOO, M. G. (2001). Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: an overview. 77, pp. 287-295.
- DIAS, D. J. (2013). *Processos de valorização energética de óleos e gorduras*. Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa.
- DIEZ, A. M., & CARVALHO, C. S. (2000). Aditivos para sabonetes em barra.
- DOS SANTOS, G. M., DE BRITO, M. M., Sousa, P. V., & BARROS, N. V. (2017). DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ACIDEZ EM ÓLEOS DE SOJA COMERCIALIZADOS EM SUPERMERCADOS VAREJISTAS. (R. C. Saúde, Ed.) 2(2), pp. 11-14.
- ENEH, O. C. (January de 2017). Soap and Soap-kindred Products Industries.
- ETIEGNI, L., MAHLER, R. L., & CAMPBELL, A. G. (1991). Evaluation Of Wood Ash Disposal On Agricultural Land .I. Potential As A Soil Additive And Liming Agent. 22, pp. 243-256.
- GIL, A. (2008). *Essências - A Descoberta das Fragrâncias*. Porto: QuidNov Editora.
- GOLDONI, P. C. (2008). *A qualidade do óleo de fritura e seus métodos de avaliação*. Universidade Castelo Branco.

- HUANG, H., CAMPBELL, A. G., FOLK, R., & MAHLER, R. L. (1992). Wood ash as a soil additive and liming agent for wheat: Field studies. 23, pp. 25-33.
- IS : 286. (1978). *Indian Standard: METHODS OF SAMPLING AND TEST FOR SOAPS* .
- ISO 10539. (2002). *Animal and vegetable fats and oils —Determination of alkalinity* (1 ed.).
- ISO 3657. (2013). *Animal and vegetable fats and oils — Determination of saponification value* (4 ed.). Switzerland.
- ISO 672. (1978). *Soaps — Determination of moisture and volatile matter content — Oven method* (1 ed.). Switzerland.
- IUPAC. (2019). *Compendium of Chemical Terminology - Gold Book*. Obtido em 25 de Setembro de 2024, de [goldbook.iupac.org: https://goldbook.iupac.org/terms/view/S05721](https://goldbook.iupac.org/terms/view/S05721)
- JUSTINO, A. L., LAGE, M. M., PERREIRA, T. G., RODRIGUES, M. F., SILVA, M. A., ORLANDI, D., . . . ABI-SABER, A. A. (2011). Engenharia de produzir Sabonetes com óleo vegetal: Uma Produção Sustentável. 4(2), pp. . 19-28.
- LAGE, C. S. (2015). *Ensaio de Controlo de Qualidade em Sabões e Sabonetes*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Escola de Ciências, Lisboa.
- LARBALÉTRIER, A. (1900). *Pratique de savons et des parfums*. Paris: Librairie Garnier Frères.
- MAGALHÃES , G. S., & NASCIMENTO , R. D. (2009). *PREPARAÇÃO E FORMULAÇÃO DE BASES SAPONÁCEAS ORIUNDAS DE ÓLEOS VEGETAIS RECICLADOS*. Projeto Final de Curso.
- MENDONÇA, M. A. (2006). *Alterações químicas, físicas e nutricionais ao óleo submetido ao processo de fritura*. Tese de Mestrado, Universidade de Brasília - UnB, Centro de Excelência em Turismo - CET, Brasília.
- MIGUEL, C. R. (2010). *Coleta seletiva para a reciclagem do óleo vegetal em estabelecimentos localizados no município de Florianópolis - ACIF*. Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC. Programa de reciclagem de óleo de cozinha - REOLEO.
- MILLAN, M., SOARES, K., & BOSS, E. A. (2018). *UTILIZAÇÃO DE ÓLEO RESIDUAL PARA FABRICAÇÃO DE SABÃO: ÊNFASE NA REDUÇÃO DE RESÍDUOS E ANÁLISE DE ESTATÍSTICA DA QUALIDADE EM UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO*.
- MONTEIRO, J. H., FIGUEIREDO, C. E., MAGALHÃES, A. F., BRITO, J. C., ALMEIDA, T. P., MANSUR, G. L., & MELO, M. A. (2001). *Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos* (15 ed.). Rio de Janeiro.
- MORRISON, R. T., & BOYD, R. N. (1996). *Química Orgânica* (13ª ed.). Lisboa, Portugal: Fundação Calouste Glubenkian.

- MOTA, J. C., ALMEIDA, M. M., Alencar, V. C., & CURI, W. F. (2009). CARACTERÍSTICAS E IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELOS RESÍDUOS SÓLIDOS: UMA VISÃO CONCEITUAL.
- MUSE, J. K., & MITCHELL, C. C. (1995). aper mill boiler ash and lime by-products as soil liming materials. 87, pp. 432-438.
- NAYAK, P. K., DASH, U., RAYAGURU, K., & KRISHNAN, K. R. (2015). Physio-Chemical Changes During Repeated Frying of Cooked Oil: A Review.
- OGUNSUYI, H. O., & AKINNAWO, C. A. (2012). *Quality Assessment of Soaps Produced from Palm Bunch Ash-Derived Alkali and Coconut Oil*.
- OHNO, T., & ERICH, M. S. (1993). Incubation-derived calcium carbonate equivalence of papermill boiler-ashes derived from sludge and wood sources. 79, pp. 175-180.
- OLIVEIRA, W. A., Almeida, E. S., QUEIROZ, C. R., & MELO, C. M. (2021). *Elaboração e Análises Físico Químicas de Sabão Produzido com Óleo Residual de Fritura*. (B. T. IFTM, Ed.) Uberaba-MG: CARTILHA TÉCNICA.
- OYEKUNLE, J. A., ORE, O. T., OGUNJUMELO, O. H., & AKANNI, M. S. (2021). Comparative chemical analysis of Indigenous Nigerian soaps with conventional ones. (Heliyon, Ed.) 7(4), pp. 2405-8440.
- PEREIRA, A. M. (2008). *Produção de Sabões Líquidos com Aroma e Esfoliante a partir de Óleos Usados da cantina da FEUP*. TesedeMestrado, Universidade de Porto, Departamento de Engenharia Química, Porto.
- PERUZZI, F. M., & CANTO, E. L. (2003). Química na abordagem do cotidiano.
- PRATES, M. M. (2006). DETERMINAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE SABÕES COMERCIAIS EM BARRA PARA CONTROLE DE QUALIDADE.
- ROCCA, R. A., & CURI, D. (2005). Química. p. 38.
- SASSON, C., BOIN, G., CARARO, G. A., CORDEIRO, M., DUSI, L. H., & NUNES, P. M. (2009). Influência de Emolientes em Sabonetes em Barra. *Revista Cosmetics & Toiletries Brasil*, 21(3).
- SILVA, A. R. (2006). *Valorização de Produtos Naturais na Incorporação de Aromas em Produtos de Higiene Pessoal*. Relatório da disciplina Projecto de Investigação, Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Porto.
- SOMESHWAR, A. V. (1996). Wood ash and combination wood-red boiler ash characterization. (25), pp. 962-972.
- SUBROTO, E., PANGAWIKAN, A. D., YARLIN, V. P., & ISNAENI, N. F. (2020). Characteristics, Purification, and the Recent Applications of Soybean Oil in Fat-Based Food Products: A Review. 8(7), pp. 3003 - 3011.
- THODE FILHO, S. (2013). Sistema de análise estequiométrica para produção de sabão a partir óleo vegetal residual: uma estratégia para redução do impacto

- ambiental. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 15, pp. 3019-3025.
- TREVISAN, J., & DOS SANTOS, A. C. (2024). REVISTA CADERNO PEDAGÓGICO. 21(10), pp. 01-09.
- TRUGILHO, P. F., LIMA, J. T., & MENDES, L. M. (1996). INFLUÊNCIA DA IDADE NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E ANATÔMICAS DA MADEIRA DE *Eucalyptus saligna* . pp. 1-15.
- TVEDTEN, I., MANGUELEZE, L., & UATE, A. (Junho de 2015). Resumo da Política IV: Gestão de Resíduos Sólidos em Maputo, Moçambique. (C. BRIEF, Ed.) 14.
- UJONG, A. E., EMELIKE, N. J., OWUNO, F., & OKIYI, P. N. (Dezembro de 2023). Effect of frying cycles on the physical, chemical and antioxidant properties of selected plant oils during deep-fat frying of potato chips.
- VANCE, E. D. (1996). Land application of wood-@red and combination oiler ashes: an overview. 25, pp. 937-944.
- VASKE, N. R. (2012). *Estudo Preliminar da Viabilidade do Aproveitamento das cinzas proveniente de Filtro Multiciclone pela Combustão de Lenha de Eucalipto em Caldeira proveniente de Filtro Multiciclone pela Combustão de Lenha de Eucalipto em Caldeira*. Tese de doutoramento, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- VASSILEV, S. V., BAXTER, D., ANDERSEN, L. K., & VASSILEVA, C. G. (2013). An overview of the composition and application of biomass ash.: Part 2. Potential utilisation, technological and ecological advantages and challenges. 105, pp. 19-39.
- VENQUIARUTO, L. D., DEL PINO, J. C., DALLAGO, R. M., & SPIZA, J. (2010). SABERES POPULARES FAZENDO-SE SABERES ESCOLARES: UM ESTUDO ENVOLVENDO EXTRATO AQUOSO DE CINZAS. 34(127), pp. 91-98.
- VERGARA, P., WALLY, A. P., PESTANA, V. R., BASTOS, C., & ZAMBIAZI, R. C. (2006). Estudo do comportamento de óleo de soja e de arroz reutilizados em frituras sucessivas de batata. 24(1), pp. 207-220.
- VOLOCHTCHUK, O. M., FUJITA, E. M., FADEL, A. P., AUADA, M. P., DE ALMEIDA, T., & MARINONI, L. P. (2000). Variações do pH dos sabonetes e indicações para sua utilização na pele normal e na pele doente. 6(75), pp. 697-703.
- ZULIANI, A. L. (2015). *Utilização de alcoóis graxos etoxilados sulfatados como matéria ativa aniônica na produção de detergentes lava-louças de uso doméstico*. Universidade de São Paulo. São Paulo: Curso de Engenharia Química.

## 7. ANEXOS

## Anexo 1

Tabela 10: Cálculo do Índice de Saponificação.

Índice de Saponificação																			
Amostras	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX		
Ensaio	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Volume de H <sub>4</sub> SO <sub>2</sub> (ml)-a	-	-	-	-	31.1	30	17.	18.	15.	15.4	23.	19.2	29.2	28	6	45	7	50	
Volume do branco (ml)-b	4	4	4	4	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	4	40	4	40	
I.S	-	-	-	-	124.	14	315	301	343	344.	231	291.	151.	16	7	40.	2	10.	
I.S Medio					132.3		308		343.7		261.1		159.6		55.3		19.1		

## Anexo 2

Tabela 11: Cálculo do pH.

Amostr	I			II			III			IV			V			VI			VII			VIII			IX		
Ensaio	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
pH	9.	-	-	9.	-	-	9.	9.	9.	10.	9.	9.	9.	9.	9.	10.	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
pH medio	9.1			9.9			9.8			9.90			9.6			10.07			10.23			10.8			10.93		

## Anexo 3

Tabela 12: Cálculo da Humidade.

Amostr	I			II			III			IV			V			VI			VII			VIII			IX		
ensaio	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Massa inicial (g)	45	-	-	44	-	-	45	44	48	51	30	25	51	44	44	30	25	51	48	49	51	51	49	51	48	51	51
Massa final (g)	.0	-	-	.4	-	-	.0	.6	.8	.4	.8	.0	.9	.9	.5	.7	.0	.3	.8	.8	.9	.9	.7	.9	.8	.9	.9
Humidade (%)	13	-	-	22	-	-	34	11	17	18	33	11	16	17	16	28	25	22	27	58	13	39	56	49	60	59	56
Media da Humidade (%)	0.1287			0.22			0.21			0.21			0.16			0.25			0.33			0.48			0.58		

**Anexo 4****Tabela 13: Cálculo da Alcalinidade.**

Amostras	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Ensaio	-	-	-	-	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Massa inicial (g)	-	-	-	-	1.00 47	1.01 11	1.00 25	1.00 66	1.01 15	1.01 91	1.04 02	1.00 03	1.03 1	1.00 33	1.00 46	1.02 59	1.00 2	1.01 42
Volume H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ml)*10 <sup>-3</sup> –(L)	-	-	-	-	0.00 08	0.00 1	0.00 16	0.00 18	0.00 2	0.00 22	0.00 2	0.00 23	0.00 2	0.00 21	0.00 37	0.00 35	0.00 55	0.00 51
%NaO	-	-	-	-	0.00 032	0.00 04	0.00 064	0.00 072	0.00 08	0.00 088	0.00 08	0.00 09	0.00 08	0.00 084	0.00 148	0.00 14	0.00 22	0.00 204
%NaO medio					0.00036		0.00068		0.00084		0.00085		0.00082		0.00144		0.00212	

**Anexo 5****Tabela 14: Cálculo da Glicerina.**

Amostras	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Ensaio	-	-	-	-	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Volume residuo (ml)	-	-	-	-	0.5	0.6	1	1.5	1.5	2	2	1.9	2	2.5	2	1.4	1	1.5
Massa de glicerol	-	-	-	-	0.6 3	0.75 6	1.2 6	1.8 9	1.8 9	2.5 2	2.5 2	2.39 4	2.5 2	3.1 5	2	1.76 4	1.2 6	1.8 9
Massa de glicerol medio					0.69300		1.57500		2.20500		2.45700		2.83500		2.14200		1.57500	

**Anexo 6****Tabela 15: Cálculo do Amolecimento.**

Amostras	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		IX	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Ensaio	-	-	-	-	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Massa inicial (g)	-	-	-	-	44.9 443	52.2 599	45.5 759	52.4 356	24.8 817	52.9 526	45.9 512	50.0 294	46.0 191	51.2 499	53.4 346	53.9 586	50.7 924	54.7 105
Massa final (g)	-	-	-	-	43.3 144	51.7 728	44.7 199	51.7 099	24.1 472	50.9 368	45.5 253	49.8 167	45.5 657	50.6 962	52.5 556	53.2 52	49.5 094	52.7 095
Amolecimento( % )	-	-	-	-	3.63	0.93	1.88	1.38	2.95	3.81	0.93	0.43	0.99	1.08	1.65	1.31	2.53	3.66
Amolecimento( % ) medio					2.28		1.63		3.38		0.68		1.03		1.48		3.09	

## Anexo 7

Tabela 16: Cálculo da Espuma.

Amostras	I			II			III			IV			V			VI			VII			VIII			IX					
Ensaio	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Volume (ml) no instante(t=0)	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	7	10	3	2	7	10	15	10	15	11	12	0	0	0
t=0, V(ml) medio							15			10			10			60			40			116.67			126.67					
Volume (ml) no instante(t=5 min)	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	80	4	10	1	1	3	70	60	70	20	10	10	0	0	0
t=5, V(ml) medio							10			10			10			73.33			16.67			66.67			13.33					
Volume (ml) no instante(t=10 min)	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	80	2	10	0	0	1	50	60	60	0	0	50	0	0	0
t=10, V(ml) medio							10			10			10			66.67			3.33			56.67			16.67					