



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL

GESSIKA DANIELLY DE MENDONÇA DANTAS

**DESENVOLVIMENTO DE UMA FORMULAÇÃO DE DETERGENTE LAVA-
LOUÇAS NEUTRO COM A INCORPORAÇÃO DO EXTRATO DO SISAL (*Agave
sisalana*)**

JOÃO PESSOA – PB

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

D192d Dantas, Gessika Danielly de Mendonça.
DESENVOLVIMENTO DE UMA FORMULAÇÃO DE DETERGENTE
LAVALOUÇAS NEUTRO COM A INCORPORAÇÃO DO EXTRATO DO
SISAL (Agave sisalana) / Gessika Danielly de Mendonça
Dantas. - João Pessoa, 2023.
71 f. : il.

Orientação: Prof^a Dr^a Melânia Lopes Cornélio
Cornélio.
TCC (Graduação) - UFPB/Tecnologia.

1. Agave. 2. Sisal. 3. Saneantes. 4. Detergente. I.
Cornélio, Prof^a Dr^a Melânia Lopes Cornélio. II. Título.

UFPB/BSCT

CDU 66.01(043.1)

GESSIKA DANIELLY DE MENDONÇA DANTAS

DESENVOLVIMENTO DE UMA FORMULAÇÃO DE DETERGENTE LAVA-
LOUÇAS NEUTRO COM A INCOPORAÇÃO DO EXTRATO DO SISAL (*Agave
sisalana*)

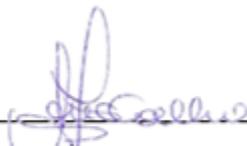
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro de Tecnologia, da
Universidade Federal da Paraíba, como
requisito parcial para a obtenção do título
de Bacharel em Química Industrial.

Aprovada em: 30 de novembro de 2022

Comissão Examinadora



Prof.ª Dr.ª Melânia Lopes Comélio
(Orientadora)



Prof.ª Dr.ª Ana Flávia Santos Coelho
(1ª Examinadora)



Prof.ª Dr.ª Kátia Messias Bichinho
(2ª Examinadora)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela minha vida, por me dar força, coragem e, sobretudo, as bênçãos a mim concedidas para a realização do sonho da graduação. Aos meus pais, Luiz e Édina, pela minha criação e ensinamentos aos quais responsabilizo essas e outras conquistas atingidas. Agradeço, especialmente, a minha mãe por todo apoio e esforço, quem acreditou em mim desde o primeiro momento, até quando eu quis desistir. A senhora sempre foi meu porto seguro dentro e fora de casa, nunca vou conseguir agradecer tudo que a senhora fez e faz por mim. À minha irmã, Dilce, por ser um exemplo de persistência e garra, além de me fazer sentir amada e acolhida, do jeitinho dela. Aos meus amigos e companheiros de faculdade, Carla, Martha, Jonattan, Alice, Rayssa, Larissa, Samara, Thiago e Alynne, vocês foram a família que eu construí durante esses últimos anos, os principais responsáveis por manter minha sanidade mental e vontade de continuar, agradeço muito por todos os choros, noites viradas, estresses, risadas, lanches e desesperos compartilhados. À minha maravilhosa orientadora, Prof.^a Dr.^a Melânia Cornélio, por todo apoio, compreensão, amizade e reconhecimento. Nem se eu escrevesse cinco páginas seria o bastante para agradecer. Em meio a tantas experiências acadêmicas, trabalhar com a senhora foi de longe a melhor que já vivenciei, disse uma vez e posso repetir, professores como a senhora são figuras raras. Agradeço aos professores Fauston Fred, Kátia Bichinho, Liliana Lira, Márcio Coelho e Cláudio Gabriel, excelentes docentes que me marcaram durante a minha graduação. Aos técnicos Teddy e Wellington, pela paciência e ensinamentos durante minha vivência em laboratório. À Prof.^a Dr.^a Julice Dutra Lopes, por ceder o laboratório de análises e pesquisas de bebidas alcoólicas (LBA) para realização da parte experimental deste trabalho. À Prof.^a Dr.^a Helenice Holanda, por ceder o laboratório de tecnologia de alimentos (LTA) para realização das análises de composição centesimal e aos técnicos Diógenes e Adriana por toda colaboração nos procedimentos. Ao laboratório de fitoquímica (IPeFarM) e ao técnico Nonato pelo espaço cedido e colaboração para a realização das análises fitoquímicas. À Prof.^a Dr.^a Ana Flávia Santos Coelho, por ceder o laboratório de microbiologia industrial (LAMI) para realização das análises de atividade antimicrobiana e a técnica Milena toda colaboração nos procedimentos. Aos que não foram mencionados, mas que de alguma forma fizeram parte da minha história. Muito obrigada!

RESUMO

Divergindo de muitos outros setores, a indústria de saneantes vivenciou um crescente destaque nos dois últimos anos. Por se tratar de um mercado altamente competitivo, cada dia mais surgem novos produtos. Atualmente, os produtos biodegradáveis vêm ganhando espaço nas prateleiras e nas preferências dos consumidores. Com o intuito de acompanhar a demanda do mercado procura-se reduzir ou substituir os tensoativos sintéticos por tensoativos biodegradáveis. O Nordeste brasileiro é responsável pela maior produção de fibra de *Agave sisalana* (sisal) do mundo, sendo a Paraíba o segundo maior produtor nacional, ficando atrás apenas da Bahia. A *Agave sisalana*, é uma planta rica em metabólicos secundários, em especial, as saponinas que podem ser utilizadas como tensoativos naturais. Portanto, o objetivo deste trabalho é desenvolver um detergente lava-louças neutro incorporando a *Agave sisalana*. O detergente lava-louças formulado foi avaliado com relação aos seus aspectos físico-químicos (pH, densidade e viscosidade), por contagem de bactérias heterotróficas, por um estudo de estabilidade acelerada, por atividade antimicrobiana e poder de limpeza. Os resultados obtidos evidenciaram que o detergente lava-louças com extrato de *Agave sisalana* apresentou melhores resultados de poder de limpeza comparado com um detergente lava-louças comercial, além de ser um produto estável e com grande atividade antimicrobiana para bactérias gram positivas. Concluindo que os metabólicos presentes no extrato de *Agave sisalana* contribuíram para a formulação de um novo saneante compatível com as necessidades do mercado.

Palavras-chave: Agave. Sisal. Saneantes. Detergente.

ABSTRACT

Differing from many Other sectors, the sanitizing industry has experienced a growing emphasis in the last two years. As it is a highly competitive market, new products are emerging every day. Currently, biodegradable products are gaining space on shelves and in consumer preferences. In order to keep up with the market demand, it is sought to reduce or replace synthetic surfactants with biodegradable surfactants. The Brazilian Northeast is responsible for the largest production of *Agave sisalana* fiber (sisal) in the world, with Paraíba being the second largest national producer, behind only Bahia. *Agave sisalana* is a plant rich in secondary metabolites, especially saponins that can be used as natural surfactants. Therefore, the objective of this work is to develop a neutral dishwasher detergent incorporating *Agave sisalana*. The formulated dishwashing detergent was evaluated in terms of its physicochemical aspects (pH, density and viscosity), by counting heterotrophic bacteria, by an accelerated stability study, by antimicrobial activity and cleaning power. The results obtained showed that the dishwashing detergent with *Agave sisalana* extract showed better cleaning power results compared to the commercial dishwashing detergent, in addition to being a stable product with great antimicrobial activity for gram positive bacteria. Concluding that the metabolites present in the extract of *Agave sisalana* contributed to the formulation of a new sanitizer compatible with the needs of the market.

Keywords: Agave. Sisal. Sanitizing. Detergent.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Reação de saponificação de um triglicéride com soda cáustica, obtendo três moléculas de sal de ácido graxo e glicerina.	21
Figura 2 – Representação esquemática da estrutura de um tensoativo genérico.....	21
Figura 3 – Representações esquemáticas das estruturas das classes de tensoativos: (a) aniônico; (b) catiônico; (c) não-iônico e; (d) anfótero.	23
Figura 4 – <i>Agave sisalana</i> localizada no município de Pocinhos – PB, nas dependências da cooperativa CAMPOL.	28
Figura 5 – Operação de desfibramento utilizando a máquina paraibana no município de Pocinhos – PB, nas dependências da cooperativa CAMPOL.....	29
Figura 6 – Resíduo sólido (mucilagem) obtido do desfibramento das folhas de sisal no município de Pocinhos – PB, nas dependências da cooperativa CAMPOL.....	30
Figura 7 – Fibras de sisal sendo transportadas por jumento no município de Pocinhos – PB, nas dependências da cooperativa CAMPOL.	30
Figura 8 – Fibras de sisal secas a luz solar no município de Pocinhos – PB, nas dependências da cooperativa CAMPOL.	31
Figura 9 – Verificação do espécime utilizando a ferramenta de reconhecimento de imagem, <i>Google Lens</i>	33
Figura 10 – Remoção das laterais espinhosas e do espinho frontal da <i>Agave sisalana</i>	34
Figura 11 – Aplicação da solução de hipoclorito de sódio (2 ppm) nas folhas de <i>Agave sisalana</i> para higienização.	34
Figura 12 – Lavagem das folhas de <i>Agave sisalana</i> com água destilada.	34
Figura 13 – Aplicação do álcool 70% nas folhas de <i>Agave sisalana</i> para higienização.	35
Figura 14 – Corte das folhas de <i>Agave sisalana</i> , higienizadas, em porções menores.....	35
Figura 15 – Mistura de água destilada e <i>Agave sisalana</i> , após serem trituradas no liquidificador doméstico.....	35
Figura 16 – Processo de filtração do suco de <i>Agave sisalana</i> utilizando uma peneira.	36
Figura 17 – Extrato e fibras de <i>Agave sisalana</i> após o processo de filtragem.	36
Figura 18 – Extrato de <i>Agave sisalana</i> envasado e etiquetado para armazenamento.	37
Figura 19 – Amostras de extrato de <i>Agave sisalana</i> após secagem em banho-maria para a determinação de umidade por aquecimento direto.	37

Figura 20 – Resíduo mineral de coloração cinza claro proveniente da incineração das amostras de extrato de <i>Agave sisalana</i>	39
Figura 21 – Amostra de extrato de <i>Agave sisalana</i> após digestão com ácido sulfúrico e mistura catalítica para a determinação de proteínas totais pelo método Kjeldahl.....	40
Figura 22 – Aparelho destilador de Kjeldahl antes do processo de destilação para a determinação de proteínas totais da <i>Agave sisalana</i>	41
Figura 23 – Solução, em triplicata, de coloração rósea proveniente da titulação de proteína destilada com ácido clorídrico (0,1 N) padronizado para a determinação de proteínas totais da <i>Agave sisalana</i> pelo método Kjeldahl.....	42
Figura 24 – Separação de fases em amostra de extrato de <i>Agave sisalana</i> para a determinação de lipídios pelo método Bligh & Dyer.....	43
Figura 25 – Alíquota do filtrado após a evaporação do solvente em estufa a 105 °C para a determinação de lipídios da <i>Agave sisalana</i> pelo método Bligh & Dyer.....	43
Figura 26 – Extrato alcoólico de <i>Agave sisalana</i> concentrado, utilizado na caracterização fitoquímica.....	44
Figura 27 – Medida de viscosidade utilizando o viscosímetro rotativo digital, modelo NDJ-5S.	47
Figura 28 – Medida de densidade utilizando o densímetro digital, modelo DSL 910, da Gehaka.	47
Figura 29 – Gabarito de leitura para a contagem de colônias em UFC/mL.....	48
Figura 30 – Recipientes contendo amostras de detergentes lava-louças neutro com extrato de <i>Agave sisalana</i> , antes do estudo de estabilidade acelerada.....	49
Figura 31 – Tubos contendo caldo Tryptic Soy Broth (TSB) <i>Escherichia coli</i> e <i>Staphylococcus aureus</i>	50
Figura 32 – Procedimento em que discos de papel esterilizados impregnados com o extrato de <i>Agave sisalana</i> foram depositados na placa de Petri inoculada com cultura bacteriana.....	50
Figura 33 - Conjunto de placas de Petri inoculadas com os discos impregnados para cada amostra, em triplicata, e os controles positivo e negativo para uma cultura bacteriana.....	51
Figura 34 – Placas de Petri antes de serem incubadas em estufa à 35 °C durante 24 horas.	51
Figura 35 – Esquema de medições realizadas no halo de inibição e disco de papel utilizados na análise de atividade antimicrobiana pelo método por difusão de disco.	52
Figura 36 – Lâminas do Aquacult, após serem incubadas em estufa à 35 °C durante 48 horas.	55

Figura 37 – Recipientes contendo amostras de detergentes lava-louças neutro com extrato de <i>Agave sisalana</i> , após o estudo de estabilidade acelerada durante o período de 90 dias.....	56
Figura 38 – Placas de Petri incubadas com <i>Escherichia coli</i> e discos de papel impregnados com detergente lava-louças neutro sem extrato de <i>Agave sisalana</i>	58
Figura 39 – Placas de Petri incubadas com <i>Escherichia coli</i> e discos de papel impregnados com extrato de <i>Agave sisalana</i>	58
Figura 40 – Placas de Petri incubadas com <i>Escherichia coli</i> e discos de papel impregnados com detergente lava-louças neutro com extrato de <i>Agave sisalana</i>	59
Figura 41 – Placas de Petri incubadas com <i>Escherichia coli</i> e discos de papel impregnados com água destilada estéril, para controle negativo, e antibiótico cloranfenicol, para controle positivo.	59
Figura 42 – Placas de Petri incubadas com <i>Staphylococcus aureus</i> e discos de papel impregnados com detergente lava-louças neutro sem extrato de <i>Agave sisalana</i>	60
Figura 43 – Placas de Petri incubadas com <i>Staphylococcus aureus</i> e discos de papel impregnados com extrato de <i>Agave sisalana</i>	61
Figura 44 – Placas de Petri incubadas com <i>Staphylococcus aureus</i> e discos de papel impregnados com detergente lava-louças neutro com extrato de <i>Agave sisalana</i>	61
Figura 45 – Placas de Petri incubadas com <i>Staphylococcus aureus</i> e discos de papel impregnados com água destilada estéril, para controle negativo, e antibiótico cloranfenicol, para controle positivo.	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Formulação de detergente lava-louças neutro com extrato de <i>Agave sisalana</i> como princípio ativo.....	46
Tabela 2 – Resultados dos testes físico-químicos do extrato de <i>Agave sisalana</i>	53
Tabela 3 – Resultados da composição centesimal do extrato de <i>Agave sisalana</i>	53
Tabela 4 – Resultados da caracterização fitoquímica do extrato de <i>Agave sisalana</i>	54
Tabela 5 – Resultados dos testes físico-químicos do detergente lava-louças neutro com extrato de <i>Agave sisalana</i>	55
Tabela 6 – Resultados do estudo de estabilidade acelerada do detergente lava-louças neutro com extrato de <i>Agave sisalana</i> , após o período de 90 dias.	56
Tabela 7 – Valores de média e desvio padrão dos resultados da análise de atividade antimicrobiana para <i>Escherichia coli</i> pelo método por difusão de disco.	57
Tabela 8 – Valores de média e desvio padrão dos resultados da análise de atividade antimicrobiana para <i>Staphylococcus aureus</i> pelo método por difusão de disco.	60
Tabela 9 – Resultados dos testes de volume de espuma por ensaio de proveta para o detergente lava-louças neutro com extrato de <i>Agave sisalana</i> e para o detergente lava-louças neutro comercial.	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – A classificação taxonômica da <i>Agave sisalana</i>	27
Quadro 2 – Reações químicas presentes na determinação de proteínas totais pelo método Kjeldahl.	39

LISTA DE SIGLAS

EHDP - Ácido etileno hidroxi ditostônico

EDTA - Ácido nitrito diamino tetracético

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ABIPLA - Associação Brasileira de Indústrias de Produtos de Limpeza e Afins

LAS - Alquilbenzeno linear sulfonado

TTC - Cloreto de trifeniltetrazólio

COSIBRA - Companhia Sisal do Brasil

CMC - Concentração Micelar Crítica

IpeFarM - Instituto de Pesquisa em Fármacos e Medicamentos

LBA - Laboratório de Análises e Pesquisas de Bebidas Alcoólicas

LAMI - Laboratório de Microbiologia Industrial

LTA - Laboratório de Tecnologia de Alimentos

LTC - Laboratório de Tecnologia de Cosmética

MERCOSUL - Mercado Comum do Sul

PIB - Produto Interno Bruto

TSB - Tryptic Soy Broth

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 JUSTIFICATIVA	15
3 OBJETIVOS	16
3.1 Geral.....	16
3.2 Específicos	16
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
4.1 Produtos saneantes	17
4.1.1 Definição	17
4.1.2 Classificação.....	17
4.2 Detergente lava-louças	18
4.2.1 Breve histórico sobre detergentes	18
4.2.2 Definição	19
4.3 Reação de saponificação	20
4.4 Composição química para detergente lava-louças	21
4.4.1 Tensoativos.....	21
4.4.2 Modificadores de reologia.....	24
4.4.3 Agentes sequestrantes	25
4.4.4 Conservantes	25
4.4.5 Umectantes	25
4.5 <i>Agave sisalana</i>	25
4.5.1 Origem e histórico da cultura sisaleira no Brasil	25
4.5.2 Classificação botânica	26
4.5.3 Aplicações industriais	28
4.5.4 Processo de obtenção de fibras.....	29
4.5.5 Importância socioeconômica	31
5 METODOLOGIA	33
5.1 Obtenção do extrato de <i>Agave sisalana</i>	33
5.2 Composição centesimal do extrato de <i>Agave sisalana</i>	37
5.2.1 Determinação de umidade por aquecimento direto.....	37
5.2.2 Determinação de resíduo mineral fixo	38
5.2.3 Determinação de proteínas totais pelo método de Kjeldahl	39
5.2.4 Determinação de lipídios pelo método de Bligh & Dyer	42
5.2.5 Determinação de carboidratos por diferença.....	43
5.3 Caracterização fitoquímica do extrato de <i>Agave sisalana</i>	44

5.3.1 Identificação de alcaloides	44
5.3.2 Identificação de taninos.....	45
5.3.3 Identificação de flavonoides.....	45
5.3.4 Identificação de saponinas	45
5.4 Desenvolvimento da fórmula do detergente lava-louças neutro.....	45
5.5 Testes físico-químicos do detergente lava-louças neutro	47
5.5.1 Viscosidade	47
5.5.2 Densidade	47
5.6 Contagem de bactérias heterotróficas	48
5.7 Estudo de estabilidade acelerada	48
5.8 Atividade antimicrobiana pelo método por disco de difusão.....	49
5.9 Avaliação do poder de limpeza pelo volume de espuma por ensaio de proveta.....	52
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
6.1 Caracterização físico-química do extrato de <i>Agave sisalana</i>	53
6.2 C~ do extrato de <i>Agave sisalana</i>	53
6.3 Caracterização fitoquímica do extrato de <i>Agave sisalana</i>	53
6.4 Testes físico-químicos do detergente lava-louças neutro	54
6.5 Contagem de bactérias heterotróficas	55
6.6 Estudo de estabilidade acelerada	55
6.7 Atividade antimicrobiana pelo método por disco de difusão.....	57
6.7.1 <i>Escherichia coli</i>	57
6.7.2 <i>Staphylococcus aureus</i>	59
6.8 Avaliação do poder de limpeza pelo volume de espuma por ensaio de proveta.....	62
7 CONCLUSÃO.....	64
REFERÊNCIAS.....	65

1 INTRODUÇÃO

Divergindo de muitos outros setores, a indústria de saneantes vivenciou um crescente destaque nos dois últimos anos. Em decorrência da pandemia causada pelo Covid-19 e suas variantes, termos como higienização e desinfecção, seguidos dos produtos para esses propósitos, foram cada vez mais utilizados. Com a suspensão das atividades presenciais e o isolamento social, as pessoas passaram a trabalhar, estudar, se alimentar e fazer toda e qualquer atividade dentro de suas próprias casas. Fato este que, somado ao alto risco de contágio e número de mortes, impactaram diretamente nos hábitos de limpeza doméstica (ABIPLA, 2020).

De acordo com dados da Euromonitor Internacional, a Associação Brasileira de Indústrias de Produtos de Limpeza e Afins (ABIPLA) relata que no ano de 2020 o mercado global de produtos de limpeza doméstica registrou um aumento de 8,4 % comparado ao volume atingido no ano anterior. No entanto, a produção brasileira manteve-se estável com relação aos números de 2019. Considerando que o PIB de 2020 foi negativo em 4,1 % e que tantos outros setores industriais foram rigorosamente prejudicados, o fato de o setor de saneantes manter-se constante indica um resultado positivo (ABIPLA, 2021).

Diante dessa realidade, a inovação do mercado de saneantes requer qualidade e eficácia para atender às novas demandas de higiene dos lares. Contudo, a preocupação com o meio ambiente e a busca por produtos biodegradáveis são fatores que cada dia mais ganham espaço em diversas indústrias. Sendo assim, o desenvolvimento de novos produtos e a adoção de políticas sustentáveis vêm se tornando cada vez mais necessários (ABIPLA, 2020).

O Brasil é o país com a maior biodiversidade do mundo, sendo mais de 116.000 espécies animais e mais de 46.000 espécies vegetais conhecidas, difundidas por seis biomas terrestres e três ecossistemas marinhos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022). Desta forma, o cenário nacional dispõe de inúmeros recursos naturais que podem atuar como matérias-primas biodegradáveis, substituindo as sintéticas e atendendo a essa forte tendência no mercado de saneantes (RAI *et al.*, 2021).

Perante essa perspectiva, destaca-se a necessidade de mais estudos para o desenvolvimento de formulações de produtos comerciais com princípios ativos naturais, utilizando os recursos orgânicos de forma mais eficiente (RAI *et al.*, 2021). Nesse contexto, o intuito deste trabalho é desenvolver um detergente lava-louças com ativo vegetal proveniente da biodiversidade brasileira.

2 JUSTIFICATIVA

Sustentabilidade é um termo frequente em diversos setores industriais, conseqüentemente, os produtos biodegradáveis vêm ganhando espaço nas prateleiras e nas preferências dos consumidores. Diante dessa perspectiva, embora a indústria de saneantes seja consolidada, ela mostra-se promissora para pesquisas e inovações do mercado. Por se tratar de um mercado altamente competitivo, cada dia mais surgem novos produtos, o que provoca uma enorme versatilidade e atualização do mercado, atendendo às necessidades de todos os nichos de consumidores.

Atualmente, grande parte dos tensoativos utilizados em detergentes possuem origem sintética, derivados do petróleo, e são descartados no meio ambiente (CURBELO, 2006). O acúmulo dessas matérias-primas na natureza provoca uma séria poluição nos recursos hídricos, por este motivo, procura-se reduzir ou substituir os tensoativos sintéticos por tensoativos biodegradáveis (ZAGO NETO; PINO, 1997). Sendo assim, com o intuito de acompanhar as tendências de mercado, o desenvolvimento de novos produtos saneantes com matérias-primas naturais torna-se cada vez mais necessário (CURBELO, 2006).

A *Agave sisalana* é uma planta original da América Central e do México. Atualmente, o Nordeste brasileiro é responsável pela maior produção de fibra de sisal do mundo, sendo a Paraíba o segundo maior produtor nacional, ficando atrás apenas da Bahia. O cultivo do sisal em locais com o clima semiárido, onde o plantio de outras culturas de plantas não é possível, impacta diretamente no desenvolvimento socioeconômico da região (ALVES; SANTIAGO; LIMA, 2005).

De acordo com Rai *et al.* (2021) a *Agave sisalana* é uma planta rica em metabólitos secundários, em especial, as saponinas. As saponinas são glicosídeos que possuem a capacidade de reduzir a tensão superficial da água e formar micelas, por este motivo, podem ser utilizadas como tensoativos naturais. Portanto, através desse trabalho, será possível testar e analisar essa e outras características da *Agave sisalana* para o desenvolvimento de um detergente lava-louças neutro.

3 OBJETIVOS

3.1 Geral

Desenvolver um detergente lava-louças neutro incorporando ativos extraídos da flora regional paraibana, *Agave sisalana*.

3.2 Específicos

1. Desenvolver uma metodologia para obtenção do extrato da *Agave sisalana* em escala laboratorial;
2. Realizar a caracterização da composição química do extrato da *Agave sisalana*;
3. Realizar a caracterização fitoquímica do extrato da *Agave sisalana*;
4. Produzir uma fórmula de detergente lava-louças neutro utilizando o extrato da *Agave sisalana* como ativo;
5. Realizar estudo de estabilidade acelerada no detergente lava-louças neutro formulado;
6. Realizar testes físico-químicos no detergente lava-louças neutro formulado;
7. Realizar teste de contagem de bactérias heterotróficas no detergente lava-louças neutro formulado;
8. Verificar a atividade antimicrobiana do detergente lava-louças neutro, através do método por difusão de disco;
9. Realizar teste de avaliação do poder de limpeza do detergente lava-louças neutro formulado pelo volume de espuma por ensaio de proveta.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Produtos saneantes

4.1.1 Definição

Baseado na RDC N° 59, de 17 de dezembro de 2010 (BRASIL, 2010, p. 2), os produtos saneantes, popularmente conhecidos como produtos de limpeza,

são substâncias ou preparações destinadas à aplicação em objetos, tecidos, superfícies inanimadas e ambientes. Esses produtos possuem a finalidade de limpeza, desinfecção, desinfestação, sanitização, desodorização e odorização, além de desinfecção de água para o consumo humano, hortifrutícolas e piscina.

4.1.2 Classificação

Conforme a RDC N° 59, de 17 de dezembro de 2010 (BRASIL, 2010), os produtos saneantes podem ser classificados quanto ao risco, finalidade, venda e emprego. De acordo com o risco, os produtos saneantes são classificados como risco 1 e risco 2. Para a avaliação do risco de um produto saneante são considerados os seguintes requisitos: toxicidade das substâncias e suas concentrações presentes no produto, finalidade de uso dos produtos, condições de uso, ocorrência de queixas técnicas anteriores, população possivelmente exposta, frequência de exposição, frequência de duração e formas de apresentação (ABIPLA, 2021).

Podem ser classificados como risco 1 aqueles que:

- Possuem o valor de pH, na forma pura, à uma temperatura de 25°C, maior que 2 ou menor que 11,5;
- Não apresentem características de corrosividade, atividade antimicrobiana, ação desinfetante e não sejam à base de microrganismos viáveis;
- Não disponham em sua composição um dos seguintes ácidos inorgânicos: fluorídrico (HF), nítrico (HNO₃), sulfúrico (H₂SO₄) ou alguns de seus sais que podem liberá-los durante o uso.

São exemplos de produtos saneantes de risco 1: amaciantes, detergentes lava-louças, neutralizadores de odores e ceras para pisos. Produtos saneantes pertencentes ao risco 1 requerem notificação, obrigatória, de saneante na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL, 2010).

Podem ser classificados como produtos saneantes de risco 2, aqueles que:

- Possuem o valor de pH, na forma pura, à uma temperatura de 25 °C, menor que 2 ou maior que 11,5;
- Apresentem características de corrosividade, atividade antimicrobiana, ação desinfetante e sejam à base de microrganismos viáveis;

- Disponham em sua composição um dos seguintes ácidos inorgânicos: fluorídrico (HF), nítrico (HNO₃), sulfúrico (H₂SO₄) ou alguns de seus sais que podem liberá-los durante o uso.

São exemplos de produtos saneantes de risco 2: águas sanitárias, desinfetantes domissanitários e produtos desinfestantes (para o controle de pragas). Produtos saneantes pertencentes ao risco 2 requerem registro obrigatório de saneante na ANVISA. O protocolo de registro assegura que o produto está em conformidade com a legislação sanitária para comercialização e utilização (BRASIL, 2010).

Conforme à finalidade, os produtos saneantes são classificados, como:

- Limpeza em geral e afins: alvejantes, desincrustantes, detergentes, amaciantes, lustradores, ceras para pisos, polidores, engomadores de roupas, acidulantes, limpadores de superfície, desodorizadores, aromatizantes de ambientes, sabões e saponáceos;
- Desinfecção, esterilização, sanitização, desodorização e desinfecção de água para o consumo humano, hortifrutículas e piscinas: bactericida, fungicida, germicida, antibacteriano e bacteriostático;
- Desinfestação: inseticidas domésticos, inseticidas para empresas especializadas, jardinagem amadora, moluscidas, repelentes, raticidas domésticos e para empresas especializadas (ABIPLA, 2021; BRASIL, 2010).

Quanto à venda e emprego, os saneantes podem ser classificados como: produtos de venda livre, produtos de uso profissional ou de venda restrita à empresa especializada (BRASIL, 2010). Produtos de venda livre são formulações de baixa toxicidade e consideradas seguras para uso domiciliar. Em contrapartida, os produtos de uso profissional, em sua maioria, são formulações mais concentradas que necessitam de diluição e/ou outros usos específicos como local adequado e pessoal especializado (ABIPLA, 2021).

4.2 Detergente lava-louças

4.2.1 Breve histórico sobre detergentes

A reação de saponificação é uma das reações mais antigas da história da química e embora não se conheça a sua verdadeira origem, estudos indicam que sua descoberta foi por acaso. Ao ferver a gordura animal contaminada com cinzas de madeira, os povos antepassados obtiveram uma substância branca “coalhada” flutuando sobre a mistura (BARBOSA; SILVA, 1995; GONÇALVES *et al.*, 2015). O nome sabão, vem de sapo em latim, sapone em italiano, soap em inglês, ele origina-se do monte Sapo, onde eram sacrificados animais (AMARAL; JAIGOBIND; JAISINGH, 2021).

O uso dos sabões para limpeza e banho é recente, tendo em vista que a partir do século XVIII reconheceu-se a existência de microrganismos patógenos. Logo, a necessidade de hábitos de limpeza e higiene tornaram-se um fator indispensável para o combate à proliferação de doenças. Desde então, a utilização desses produtos cresceu (AMARAL; JAIGOBIND; JAISINGH, 2021).

Diversos tipos de sabões podem ser obtidos variando o tamanho, a origem da cadeia graxa e o tipo de sal obtido, como por exemplo os sabões em barra de uso doméstico são derivados de bases fortes e ácidos graxos (AMARAL; JAIGOBIND; JAISINGH, 2021; GONÇALVES *et al.*, 2015). O detergente, derivado do latim *detergere*, foi produzido pela primeira vez em 1890 pelo químico alemão A. Krafft que notou como pequenas cadeias de moléculas ligadas ao álcool produziam uma espécie de sabão. No entanto, apenas durante a Primeira Guerra Mundial, os químicos alemães H. Gunther e M. Hetzer desenvolveram o primeiro detergente para fins comerciais (FOGAÇA, 2013; PENTEADO; SEOUD; CARVALHO, 2006).

Diferente dos sabões em barra, esses detergentes não originavam compostos insolúveis em águas duras e ácidas. No entanto, em meados de 1945, nos Estados Unidos, em decorrência da escassez de óleos e gorduras surgiram os detergentes sintéticos. Pelo baixo custo e também pela disponibilidade de insumos petroquímicos, os detergentes sintéticos (alquilbenzenossulfonatos) passaram a ser produzidos e consumidos em grande escala (AMARAL; JAIGOBIND; JAISINGH, 2021).

Com o tempo, a utilização desse tipo de matéria-prima provocou a formação de camadas densas de espuma, gerando um grande problema de poluição de águas. Sendo assim, surgiu a necessidade de desenvolver novas matérias-primas substitutas e biodegradáveis. Desta forma, os detergentes de uso domésticos e industriais ao serem lançados nos esgotos iriam decompor-se biologicamente, solucionando ou amenizando este problema (AMARAL; JAIGOBIND; JAISINGH, 2021).

Atualmente, o termo detergente é popularmente utilizado apenas para substitutos sintéticos do sabão, no entanto o sabão também pode ser considerado uma espécie de detergente, já que ambos desempenham a mesma função prática. A maior diferença técnica entre sabões e detergentes sintéticos é que esses últimos possuem melhor desempenho de limpeza em águas duras, por causa das suas características químicas (TEDESCO, 2018).

4.2.2 Definição

Segundo a RDC N° 40, de 05 de junho de 2008 (BRASIL, 2008, p. 2), que aprova o regulamento técnico para produtos de limpeza e afins harmonizado no âmbito do MERCOSUL,

detergente “é um produto destinado à limpeza de superfícies e tecidos através da diminuição da tensão superficial”. Em outras palavras, detergentes são formulações que possuem como matéria ativa a quantidade total de tensoativos, expresso em % (p/p), presente em sua composição. A partir de sua composição química, esse tipo de produto apresenta a propriedade de reduzir a tensão superficial da água, permitindo a remoção de sujidades por meio da formação de micelas.

Detergentes são produtos amplamente requeridos para o uso doméstico e industrial. Portanto, é possível classificá-los em duas grandes categorias: lava-louças e lava-roupas. Os detergentes lava-louças, como próprio termo sugere, são aqueles destinados à lavagem manual e automática de louças em geral. Embora não sejam tão comuns no Brasil, o uso de máquinas de lavar-louças é bem popular em outros países.

Em meio da grande variedade de combinações de cores e fragrâncias presentes nas prateleiras dos mercados, destacam-se os detergentes lava-louças neutro. Ao contrário dos demais, esse gênero de lava-louças não possui fragrância em sua composição química e geralmente são encontrados na cor amarela, podendo variar de acordo com o fabricante.

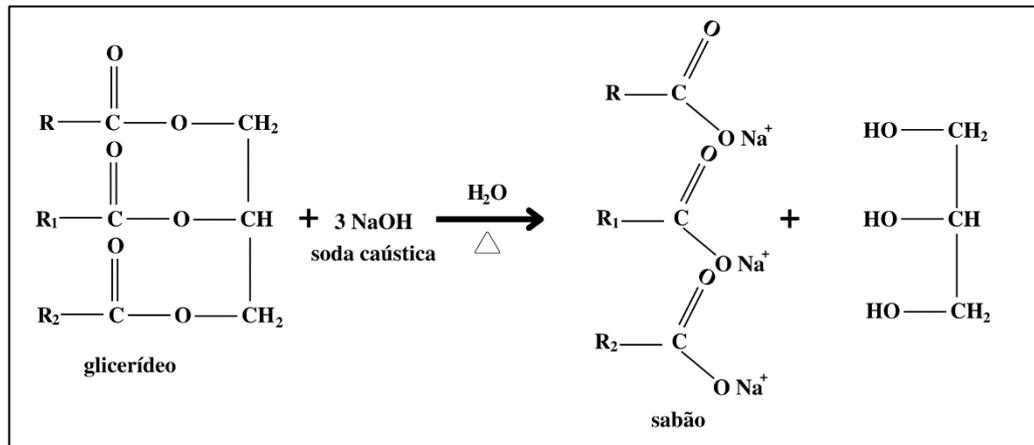
Embora pareçam ser formulações simples, é muito importante ter conhecimento das principais classes de matérias-primas e suas respectivas funções, tendo em vista que cada matéria-prima incorporada é responsável por um atributo do produto final (MISIRLI, 2021). De acordo com dados da ABIPLA (2021), no ano de 2020, com mais de 8,6 %, os detergentes lava-louças ocuparam o terceiro lugar no ranking dos cinco destaques do segmento de limpeza caseira. Resultando na venda de 546.958 mil litros de detergentes, sendo equivalente a 189.637 mil reais, o maior índice desde 2016.

4.3 Reação de saponificação

Produzido desde a antiguidade até os dias atuais, o sabão é o tensoativo natural mais popular do mundo. Através da reação de saponificação de gorduras animais e óleos vegetais são convertidos em sabão. Essa reação ocorre quando um éster de ácido graxo (gorduras e óleos) reage com uma base forte, em meio aquoso, e sob aquecimento sofre hidrólise, formando um álcool e um sal de ácido graxo (BARBOSA; SILVA, 1995; DALTIM, 2011).

Esse sal possui uma parte hidrofóbica (cadeia carbônica longa) e uma parte hidrofílica (grupo carbonila da cadeia), por este motivo, possui características tensoativas sendo capazes de dissolver tanto em gordura quanto em água. A representação da reação de saponificação de um triglicéride com soda cáustica, formando três moléculas de sal de ácido graxo (sabão) e glicerina está ilustrada na Figura 1 (BARBOSA; SILVA, 1995; DALTIM, 2011).

Figura 1 – Reação de saponificação de um triglicéride com soda cáustica, obtendo três moléculas de sal de ácido graxo e glicerina.



Fonte: Adaptado de DALTIM, 2011.

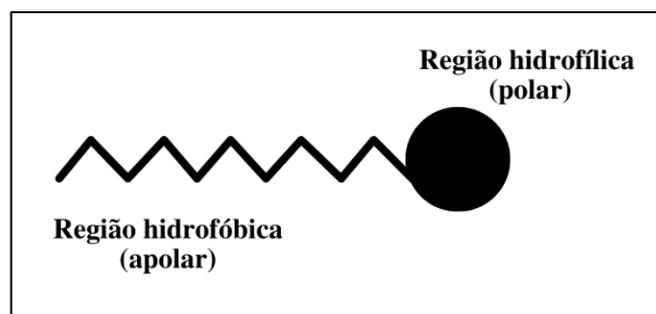
4.4 Composição química para detergente lava-louças

O mercado de detergentes lava-louças é altamente competitivo, desta forma, as empresas cada vez mais lançam formulações diferenciadas. Ao contrário do que o senso comum dita, o processo de desenvolvimento de um detergente lava-louças não é tão simples. Para a elaboração de uma formulação de qualidade, é muito importante ter conhecimento das principais classes de matérias-primas e suas respectivas funções (MISIRLI, 2021).

4.4.1 Tensoativos

Os tensoativos ou surfactantes são moléculas que apresentam uma parte hidrofóbica (apolar) ligada a uma outra parte hidrofílica (polar). Trata-se de uma molécula anfipática, isto é, possui domínios polares e apolares na mesma estrutura. A Figura 2 mostra esquematicamente a estrutura de um tensoativo genérico. A extremidade apolar de um tensoativo geralmente origina-se em uma cadeia carbônica, podendo ser linear, ramificada ou com partes cíclicas. Embora sejam mais eletronegativos que os átomos de hidrogênio, os carbonos dessa cadeia não estabelecem uma concentração de carga eletrostática (DALTIM, 2011; MISIRLI, 2021).

Figura 2 – Representação esquemática da estrutura de um tensoativo genérico.



Fonte: Adaptado de SOLOMONS; FRYHLE, 2005.

Contudo, a parte polar é formada por átomos que compõem uma concentração de carga, podendo formar um polo negativo e/ou positivo. Como citado anteriormente, a parte polar possui característica hidrofílica, sendo responsável pela solubilidade da molécula em água, independentemente de serem cargas negativas ou positivas. Desta forma, para um tensoativo ser solúvel em água, ele deve dispor de cargas eletrostáticas positivas e negativas, que promovem interações com as moléculas de água (DALTIM, 2011). Por consequência, quanto maior a quantidade de cargas, maior será a solubilidade daquele tensoativo em água (AMARAL; JAIGOBIND; JAISINGH, 2021).

De acordo com a carga iônica da extremidade polar/hidrofílica, os tensoativos podem ser classificados como aniônicos, catiônicos, não iônicos ou anfóteros. Quando a região polar apresenta uma carga negativa, este tipo de tensoativo é chamado de tensoativo aniônico (DALTIM, 2011; ZAGO NETO; PINO, 1997). Essa classe de tensoativo possui uma grande solubilidade em água, pois além da carga negativa presente na parte polar da molécula também há a eletronegatividade dos átomos de oxigênio que somados concentram cargas, provocando uma alta polaridade e conseqüentemente uma alta atração de moléculas de água (DALTIM, 2011).

Os tensoativos aniônicos formam a maior e mais utilizada classe de tensoativos, normalmente são sensíveis a águas duras e são fortemente influenciados pela presença de eletrólitos em solução (DALTIM, 2011). São exemplos de tensoativos aniônicos o alquilbenzenosulfonato de sódio sulfatados, lauril éter sulfato de sódio e fosfatos (MISIRLI, 2021).

Os tensoativos que possuem uma carga positiva na região polar são chamados de tensoativos catiônicos (DALTIM, 2011; MISIRLI, 2021; ZAGO NETO; PINO, 1997). Normalmente são menos solúveis em água em comparação com os aniônicos, dado que a carga positiva do tensoativo é parcialmente neutralizada pela presença de elétrons, provocando a redução da polaridade do domínio hidrofílico do tensoativo. Essa disparidade na solubilidade permite que essas duas classes de tensoativos sejam utilizadas em aplicações industriais diferentes. Praticamente todos os tensoativos catiônicos disponíveis no mercado brasileiro são obtidos a partir de animas primárias ou secundárias, possuindo em sua estrutura o nitrogênio quaternário (DALTIM, 2011).

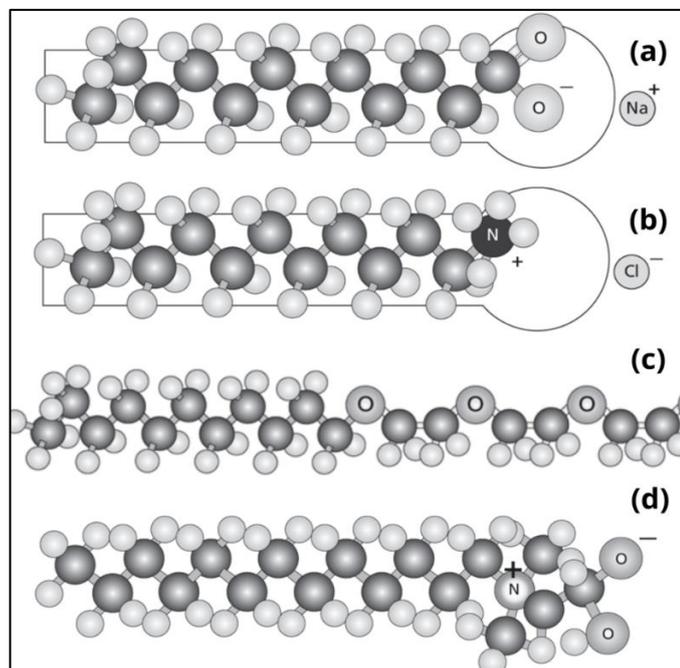
Os tensoativos não-iônicos, como o próprio nome sugere, são aqueles que não possuem carga iônica verdadeira. Gerados pela reação de um composto graxo com um óxido de eteno, esses tensoativos apresentam solubilidade em água por meio de cargas dispersas por vários átomos de oxigênio espalhados por uma cadeia polimérica (DALTIM, 2011). Os tensoativos

não-iônicos são quimicamente compatíveis com todas as outras classes e suas propriedades são pouco influenciadas pelo pH. Sendo assim, os tensoativos não-iônicos formam a segunda classe de tensoativos mais utilizada pelas indústrias (CURBELO, 2006).

Por fim, os tensoativos anfóteros que possuem caráter iônico duplo, isto é, são moléculas que dispõem de carga negativa e positiva, podendo comportar-se como aniônicos ou catiônicos, dependendo do pH da solução em que se encontram (DALTIM 2011; ZAGO NETO; PINO, 1997). Em meio alcalino, devido à alta concentração de hidroxilas que neutralizam a carga positiva, os tensoativos anfóteros atuam como tensoativos aniônicos. Em contrapartida, em meio ácido os tensoativos anfóteros se comportam como tensoativos catiônicos (ROSEN; KUNJAPPU, 1978). Apesar de serem compatíveis com outras classes, os tensoativos anfóteros são a classe menos utilizada pelas indústrias por causa do alto custo (DALTIM, 2011).

Vale ressaltar que a associação de tensoativos aniônicos e catiônicos não é indicada, pois ambos reagem neutralizando-se e anulando as cargas, podendo formar precipitados sólidos indesejados. Por possuírem cargas neutras, os tensoativos não-iônicos são compatíveis com qualquer outro tipo de tensoativo. Os tensoativos anfóteros também podem ser associados com outros tipos de tensoativos, desde que a formulação esteja na faixa de pH correta (NITSCHKE; PASTORE, 2002). Os esquemas das estruturas das classes de tensoativos estão representados na Figura 3.

Figura 3 – Representações esquemáticas das estruturas das classes de tensoativos: (a) aniônico; (b) catiônico; (c) não-iônico e; (d) anfótero.



Fonte: Adaptado de DALTIM 2011.

Os tensoativos são responsáveis pela principal característica desejada em um detergente, a capacidade de remoção de sujidades. Isso se dá ao fato de que a matéria ativa desse produto saneante é mensurada pela quantidade total de tensoativos, expresso em % (p/p), presente em sua composição química (MISIRLI, 2021). Os tensoativos possuem a capacidade de reduzir a tensão superficial da água, além de proporcionar uma melhor molhabilidade, permitindo a remoção das sujidades através da formação de micelas. As micelas são estruturas, em sua grande maioria, esféricas e de natureza coloidal, responsáveis pela catálise micelar e pela solubilização de gorduras (DALTIM, 2011; GONÇALVES *et al.*, 2015).

Numa micela, a extremidade hidrofóbica (apolar) interage com a gordura e substâncias hidrofóbicas, enquanto que a extremidade hidrofílica (polar) interage com a água. Neste momento são geradas partículas micelares que ficam dispersas na água, iniciando o processo de limpeza. Desta forma, as soluções de tensoativos constituem um sistema dinâmico em que as micelas estão sendo continuamente formadas e destruídas. O processo de remoção de sujidades implica no deslocamento de partículas de natureza lipofílica (sujidades) para o interior de uma micela, ocasionando a estabilização da mesma, de modo que a sujeira seja mantida em suspensão, evitando a sua redeposição sobre a superfície que está sendo limpa (DALTIM, 2011; GONÇALVES *et al.*, 2015).

Para cada categoria de tensoativo existe uma concentração na qual todas as superfícies já estão preenchidas e a quantidade de tensoativo excedente alcança uma concentração mínima necessária para o início de formação de micelas. Essa concentração, é chamada de concentração micelar crítica (CMC) (SANTOS *et al.*, 2007). Para que ocorra a solubilização dos tensoativos, o processo de limpeza requer certa agitação da solução. Como os tensoativos diminuem a tensão superficial dos líquidos, ao receberem o movimento de fricção proporcionam uma grande facilidade de formação de bolhas e espuma. Sendo assim, a espuma consiste em um conjunto de interações intermoleculares entre os componentes do ar, a água e tensoativos (MISIRLI, 2021).

4.4.2 Modificadores de reologia

Os modificadores de reologia ou espessantes, são substâncias químicas utilizadas para aumentar a viscosidade e estabilidade das formulações. Podem ser classificados como naturais (goma xantana), naturais modificados (derivados da celulose), sintéticos (álcool polivinílico) e inorgânicos (sais) (CORRÊA, 2012). Essa classe de matéria-prima é responsável por melhorar a textura dos detergentes sem alterar suas propriedades, por este motivo a viscosidade de um detergente não possui relação com a eficiência do mesmo.

Em decorrência do seu baixo custo, os sais como o cloreto de sódio (NaCl), sulfato de sódio (Na₂SO₄) e sulfato de magnésio (MgSO₄) são os mais utilizados na indústria de saneantes. Porém, quando utilizados em excesso, esses espessantes podem saturar a formulação, ocasionando uma diminuição na solubilidade dos tensoativos, desestabilizando as micelas e provocando a turvação e até precipitação do produto (MISIRLI, 2021).

4.4.3 Agentes sequestrantes

Os agentes sequestrantes ou quelantes estão presentes em praticamente todas as fórmulas de produtos saneantes. Essa classe de matéria-prima possui a função de complexar íons metálicos e alcalinos terrosos, como íons cálcio (Ca⁺²), magnésio (Mg⁺²) e ferro (Fe⁺³), inativando-os e impedindo danos a formulação (CORRÊA, 2012).

O uso dos sequestrantes acarreta no aumento da estabilidade dos sistemas onde a formulação será empregada e na potencialização do conservante (CORRÊA, 2012). Entre os principais sequestrantes utilizados, destaca-se o EDTA (ácido etilenodiaminotetracético), o EHDP (ácido etileno hidroxí ditostônico), os polifosfatos, fosfatos, boratos, citratos e silicatos (GUEDES, 2018; MISIRLI, 2021).

4.4.4 Conservantes

Conforme a definição prevista no anexo II da RDC N° 79, de 28 de agosto de 2000 (BRASIL, 2000, p. 9), “conservantes são substâncias que possuem a finalidade primária de preservar danos e/ou deteriorações causados por microrganismos durante a fabricação e estocagem, bem como proteger o consumidor de contaminação inadvertida durante o uso do produto”. Entre os principais conservantes utilizados, destaca-se a metilisotiazolinona, a benzoatiazolinona, a dimetiloidimetil hidantoína e o triclosan.

4.4.5 Umectantes

Os umectantes são substâncias higroscópicas, que possuem a função de formar uma camada protetora sobre a pele, aumentando a hidratação e protegendo-a da perda de água para a atmosfera. Essa classe de matéria-prima é bastante utilizada em detergentes lava-louças, tendo em vista que é um produto que está em contato direto com a pele do consumidor, a fim de evitar o ressecamento das mãos. Atualmente, o umectante mais utilizado nas formulações de detergentes lava-louças é a glicerina (CORRÊA, 2012).

4.5 *Agave sisalana*

4.5.1 Origem e histórico da cultura sisaleira no Brasil

A palavra *Agave* é derivada do grego *agaus*, que significa esplêndido, magnífico ou nobre (OASHI, 1999). Enquanto o nome sisal vem de uma erva chamada *Zizal Xiu* originária

da Península de Yucatán no México, qual nomeou os residentes daquela região e o porto mais comumente utilizado para a exportação de fibras (REMUSI, 1956).

O gênero *Agaveaceae* possui mais de 300 espécies, comportando árvores e arbustos rizomatosos, com folhas alternas, espiraladas e dispostas em rosetas. Dentre essas inúmeras espécies, destaca-se a *Agave sisalana* em função da sua importância econômica e propriedades biológicas (CUNHA, 2010; CUNHA NETO, 2012; MARTIN; MATTOSO; SILVA, 2009).

A *Agave sisalana*, popularmente conhecida como sisal, é uma planta originária da América Central e do México. Por volta do início do século XX os primeiros bulbilhos foram trazidos da Flórida por uma empresa norte-americana e introduzidos no estado da Bahia para fins de exploração comercial. Somente em 1919, o sisal foi estabelecido no Nordeste baiano e deu início a cultura sisaleira no país (CUNHA, 2010; MACHADO, 2006; MIRANDA, 2011; OASHI, 1999; SANTOS, 1999; SANTOS; SILVA, 2017).

Segundo Oashi (1999), o sisal foi trazido e plantado na Paraíba em 1911, pelo engenheiro J. Viana Júnior na região do Brejo. Entretanto, somente por volta de 1940 que a planta foi difundida para outros estados do Nordeste. O cultivo da *Agave sisalana* foi consolidado no semiárido nordestino, em virtude das condições climáticas da região (COUTINHO *et al.*, 2008).

Durante a década de 1930, o comércio sisaleiro foi intensificado nos estados nordestinos. O principal responsável por esse impulsionamento foi a alta demanda de fibras gerada pela Segunda Guerra Mundial. No cenário internacional, em 1952, o Brasil tornou-se o maior produtor mundial da fibra de sisal (COUTINHO *et al.*, 2008; CUNHA, 2010; SANTOS, 1999).

4.5.2 Classificação botânica

A *Agave sisalana* é uma herbácea monocotiledônea, que apresenta elementos vegetativos variados que proporcionam características xeromórficas, tais como cutícula espessada, mesofilo compacto e bainha de fibras desenvolvidas, o que confere a esses órgãos um aspecto xeromórfico. Essas estruturas também conferem maior resistência contra patógenos, como é o caso do fungo causador da podridão vermelha do sisal (CUNHA NETO, 2012). A classificação taxonômica da *Agave sisalana* está exibida no Quadro 1.

Quadro 1 – A classificação taxonômica da *Agave sisalana*.

Domínio	<i>Eukaryota</i>
Reino	<i>Plantae</i>
Filo	<i>Spermatophyta</i>
Subfilo	<i>Angiospermae</i>
Classe	<i>Monocotyledonae</i>
Ordem	<i>Liliales</i>
Família	<i>Agavaceae</i>
Subfamília	<i>Agavoideae</i>
Gênero	<i>Agave</i>
Subgênero	<i>Euagave</i>
Espécie	<i>Sisalana</i>

Fonte: De autoria própria a partir de dados de BARRETO, 2017.

A planta do sisal possui uma morfologia relativamente simples, como trata-se de uma suculenta, sua reprodução ocorre, majoritariamente, de maneira assexuada através de ventosas originárias dos rizomas e bulbilhos (MONJA-MIO *et al.*, 2019). As raízes são longas e bem ramificadas, possuem um diâmetro de 2 a 4 mm, responsáveis por suportar o peso das folhas e do escapo floral, além de fixar a base da planta no solo. Em condições ideais, as raízes expandem-se, horizontalmente, de 1,5 a 3,0 m, podendo atingir até 5 m (EMBRAPA, 2021).

Embora seja acaulescente, isto é, sem caule, a *A. sisalana* possui um eixo principal sobre qual os brotos e folhas surgem. Em uma planta madura, esse tronco pode estender-se a 120 cm de comprimento e 20 cm de diâmetro (SANTOS; SILVA, 2017). As folhas de sisal são lisas, rígidas, com coloração verde brilhante, possuem sua superfície superior côncava e inferior convexa. Possuem largura de 10 cm a 15 cm e podem atingir comprimento máximo de 2 m e médio de 90 cm a 120 cm. Sendo assim, são folhas mais compridas do que largas e possuem um espinho de coloração marrom-escura em sua extremidade (EMBRAPA, 2021).

Durante seu ciclo de vida, o sisal só floresce uma vez e logo após a planta morre. Quando a planta está prestes a florescer, ela produz uma roseta de folhas afiladas e estreitas em torno da extremidade apical. Mais tarde, essas folhas emergem e formam um escapo floral na parte central da planta. Em estágio inicial, esse escapo detém de uma coloração verde, com flores cerosas e brácteas de coloração cinzento purpurina, podendo atingir altura de 5 a 6 m (EMBRAPA, 2021).

A flor do sisal é hermafrodita, apresenta coloração verde-pálida e pode ser encontrada em cachos no final de cada ramo. No estágio inicial, o fruto da *Agave sisalana* possui coloração verde e consistência carnosa. Já no estágio final, assume uma coloração preta e aspecto seco. Os frutos amadurecem cerca de seis meses, após a polinização da flor (EMBRAPA, 2021). Na Figura 4 é possível observar algumas plantas da espécie *Agave sisalana*.

Figura 4 – *Agave sisalana* localizada no município de Pocinhos – PB, nas dependências da cooperativa CAMPOL.



Fonte: De autoria própria.

4.5.3 Aplicações industriais

O principal produto extraído da *Agave sisalana* são as fibras utilizadas para uma gama de aplicações, como na fabricação de barbantes, cabos marítimos, cordas, estofamentos e artesanatos (vassouras, sacos, bolsas, chapéus, capachos e tapetes) (SILVA *et al.*, 2008; BOTURA, 2011). A fibra de sisal tem recebido crescente interesse como matéria-prima para a indústria de celulose e papel na produção de pasta celulósica para fabricação do papel kraft e outros tipos de papéis finos, como aqueles usados para cigarro, absorvente higiênico, fralda, substrato laminado, saco a vácuo, saquinho de chá e papéis de filtração (GUTIÉRREZ; RODRÍGUEZ; DEL RÍO, 2008).

Além dessas aplicações, as fibras de sisal são utilizadas na construção civil, indústria automobilística, de móveis, de eletrodomésticos, de geotêxteis, bem como materiais compósitos (SILVA *et al.*, 2008). A fibra do sisal é extraída da folha da *Agave sisalana* e corresponde apenas a 5 % da planta, os 95 % restantes são resíduos sólidos (mucilagem) e resíduos líquidos (suco do sisal) que muitas vezes são descartados (OASHI, 1999).

Diante do desperdício desses subprodutos, vários pesquisadores se empenham para abertura de novos mercados para a exploração da mucilagem e do suco do sisal. Considerando

essas alternativas, a mucilagem pode ser utilizada como complemento alimentar para ruminantes, buchas de limpeza e adubo orgânico (BARRÊTO; ARAÚJO; BONIFÁCIO, 2010; FARIA *et al.*, 2008; LACERDA *et al.*, 2006). O suco do sisal é rico em água e uma série de metabólicos secundários, que possuem inúmeros efeitos biológicos, como inseticida (EMBRAPA, 2016; KERIKO; MUTUA, 2008), antiparasitária (SILVEIRA *et al.*, 2009), anti-inflamatória e analgésica (DUNDER *et al.* 2010), antibacteriana (LÓPEZ-ROMERO *et al.* 2018), antifúngica (VIEIRA, 2014), antioxidante (BARRETO *et al.*, 2020) e larvicida (NUNES *et al.*, 2015).

4.5.4 Processo de obtenção de fibras

O cultivo de uma planta de *Agave sisalana* varia entre 8 e 10 anos, no entanto o primeiro corte só pode ser realizado 3 anos depois do plantio, sendo possível retirar de 50 a 60 folhas por planta. Após a colheita, é realizado o desfibramento do sisal, processo que elimina a polpa da folha, através de raspagem mecânica. Normalmente, essa operação é realizada por meio de uma máquina a motor, popularmente conhecida como paraibana (Figura 5). Esta máquina apresenta capacidade produtiva de 150 a 200 kg de fibra seca em um turno de 10 horas/dia (COSIBRA, 2020; EMBRAPA, 2021). Na Figura 6 observa-se a mucilagem, principal resíduo sólido produzido após o desfibramento. O resíduo líquido, o suco do sisal, é obtido através do escoamento da mucilagem.

Figura 5 – Operação de desfibramento utilizando a máquina paraibana no município de Pocinhos – PB, nas dependências da cooperativa CAMPOL.



Fonte: De autoria própria.

Figura 6 – Resíduo sólido (mucilagem) obtido do desfibramento das folhas de sisal no município de Pocinhos – PB, nas dependências da cooperativa CAMPOL.



Fonte: De autoria própria.

O transporte mais comum nos campos de sisal é feito por jumentos, como exibido na Figura 7. Um animal pode transportar uma carga de 100 a 130 kg, equivalente a 200 folhas. Em segundo plano, também há possibilidade de transporte por caminhões ou tratores. Em seguida, as fibras são secas em luz solar (Figura 8) e pesadas para a comercialização. As operações de corte, transporte e desfibramento devem ser realizadas em sequência, de modo que todas as folhas sejam beneficiadas no mesmo dia, a fim de evitar o murchamento, dificultando o desfibramento (COSIBRA, 2020; EMBRAPA, 2021).

Figura 7– Fibras de sisal sendo transportadas por jumento no município de Pocinhos – PB, nas dependências da cooperativa CAMPOL.



Fonte: De autoria própria.

Figura 5 – Fibras de sisal secas a luz solar no município de Pocinhos – PB, nas dependências da cooperativa CAMPOL.



Fonte: De autoria própria.

4.5.5 Importância socioeconômica

Atualmente, os maiores polos brasileiros produtores de sisal são o estado da Bahia com 93,5 % (36 municípios produtores), a Paraíba com 3,5 % (34 municípios produtores) e o Rio Grande do Norte com 3,0 % (5 municípios produtores) (BOTURA *et al.*, 2013; EMBRAPA, 2021; LI; MAI; YE, 2000). Durante a década de 70, o estado da Paraíba tornou-se o maior produtor nacional de *A. sisalana*, porém, na década de 90, perdeu seu posto para a Bahia (ALVES; SANTIAGO; LIMA, 2005).

O cultivo do sisal no Nordeste brasileiro ocorre, em sua grande maioria, em propriedades de pequeno porte ou cooperativas, cujo foco é a agricultura familiar. Além de ser fonte de renda e emprego para vários trabalhadores, é um importante agente socioeconômico da região semiárida, pois as condições climáticas são poucos favoráveis para a exploração de outras culturas vegetativas (MARTIN; MATTOSO; SILVA, 2009).

A fibra do sisal é extraída da folha da *Agave sisalana*, correspondente a apenas 5 % da planta, sendo 15 % de resíduos sólidos e 80 % de resíduos líquidos. (QUEIROGA *et al.*, 2021; SOARES; ARRUDA; AMARANTE, 2022). Desta forma, destaca-se a grande importância de estudos para o desenvolvimento de alternativas de aproveitamento desses resíduos (CARNEIRO, 2016). Dados do IBGE (2021) apontam que a produção brasileira do ano de 2021 foi equivalente a 98,403 toneladas em uma área colhida de 100,800 hectares.

De acordo com o portal da Embrapa (2021), existem cerca de 850 mil postos de trabalho ativos envolvidos na produção e comercialização da fibra de sisal, desde trabalhadores que trabalham na lavoura até artesãos. A atividade sisaleira é duramente dependente do mercado externo, visto que grande parte da produção nacional é convertida em exportação. Embora o sisal tenha uma importante relevância no cenário de exportação paraibano, as lavouras sisaleiras

são conduzidas com um baixo nível tecnológico, o que refletiu no declínio desse setor nos últimos anos (ALVES; SANTIAGO; LIMA, 2005). Segundo a Companhia Sisal do Brasil (COSIBRA) (2020), no ano de 2019, a produção brasileira de sisal atingiu 42 % da produção mundial. Em 2020 foram exportadas 34,4 mil toneladas de fibra de sisal.

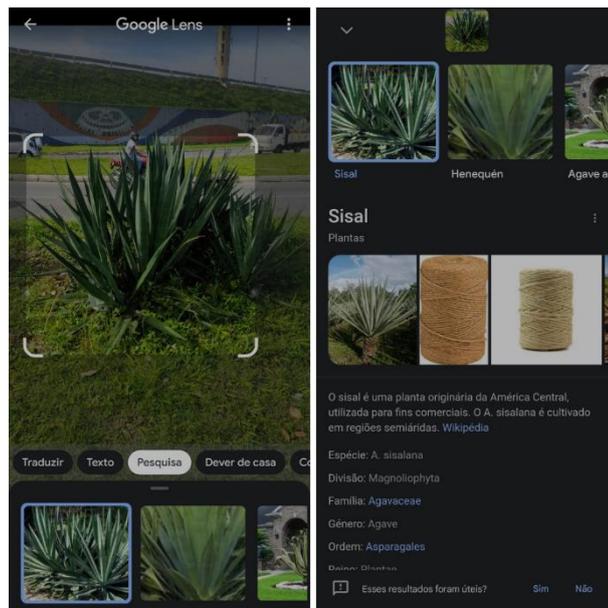
5 METODOLOGIA

5.1 Obtenção do extrato de *Agave sisalana*

O procedimento de obtenção do extrato de *Agave sisalana* foi iniciado com a coleta do espécime próximo ao Viaduto Cristo Redentor, localizado na cidade de João Pessoa – PB. Como forma de verificação, utilizou-se a ferramenta de reconhecimento de imagem, *Google Lens* (Figura 9).

Figura 6 – Verificação do espécime utilizando a ferramenta de reconhecimento de imagem,

Google Lens.



Fonte: De autoria própria a partir de dados do *Google Lens*.

Após a coleta, com o auxílio de uma faca, removeu-se as laterais espinhosas e o espinho frontal da planta (Figura 10). Para a etapa de higienização, a *A. sisalana* foi lavada com detergente lava-louças neutro comercial e água corrente. Na sequência, com um borrifador, aplicou-se uma solução de hipoclorito de sódio, numa concentração de 2 ppm, e deixou agir por 10 minutos (Figura 11). Após esse tempo, as folhas foram lavadas com água destilada e deixadas de molho por 5 minutos, em seguida, foram borrifadas com álcool 70 % e secas naturalmente (Figuras 12 e 13).

Figura 7 – Remoção das laterais espinhosas e do espinho frontal da *Agave sisalana*.



Fonte: De autoria própria.

Figura 8 – Aplicação da solução de hipoclorito de sódio (2 ppm) nas folhas de *Agave sisalana* para higienização.



Fonte: De autoria própria.

Figura 9 – Lavagem das folhas de *Agave sisalana* com água destilada.



Fonte: De autoria própria.

Figura 10 – Aplicação do álcool 70% nas folhas de *Agave sisalana* para higienização.



Fonte: De autoria própria.

Depois de higienizadas, as folhas foram fracionadas em porções menores (Figura 14) para facilitar a trituração no liquidificador doméstico. Numa proporção de 1:1 colocou-se uma porção de água e outra de folhas no liquidificador, onde foram trituradas durante um minuto. Após o trituração, o suco foi filtrado em uma peneira, separando as fibras do extrato (Figuras 15, 16 e 17).

Figura 11 – Corte das folhas de *Agave sisalana*, higienizadas, em porções menores.



Fonte: De autoria própria.

Figura 12 – Mistura de água destilada e *Agave sisalana*, após serem trituradas no liquidificador doméstico.



Fonte: De autoria própria.

Figura 13 – Processo de filtração do suco de *Agave sisalana* utilizando uma peneira.



Fonte: De autoria própria.

Figura 14 – Extrato e fibras de *Agave sisalana* após o processo de filtragem.



Fonte: De autoria própria.

Com o objetivo de retardar a oxidação e aumentar a vida útil do extrato, foi adicionado 1,5 % de hidrogenosulfito de sódio (NaHSO_3) ao líquido. No total foram produzidos 1445,80 g de extrato e 513 g de resíduo. Na sequência, foram feitas as medições de pH, utilizando o pHmetro portátil da Hanna instruments, e grau Brix, utilizando o refratômetro para açúcar, modelo KASVI K52-032, com escala de 0-32 % e precisão de 0,2 %, do extrato. Por fim, todo líquido foi envasado em embalagens de 500 mL, previamente higienizadas e etiquetadas, e armazenado no refrigerador à temperatura de 5°C (Figura 18).

Figura 15 – Extrato de *Agave sisalana* envasado e etiquetado para armazenamento.



Fonte: De autoria própria.

5.2 Composição centesimal do extrato de *Agave sisalana*

5.2.1 Determinação de umidade por aquecimento direto

O princípio dessa técnica consiste em evaporar toda a água presente na amostra à uma temperatura de 105 °C, dado que o ponto de ebulição da água é 100 °C e a esta temperatura podem ocorrer perdas mínimas de alguns minerais e vitaminas termolábeis, esta técnica é aplicada para a determinação do teor de umidade (CECCHI, 2003).

Inicialmente uma cápsula de alumínio foi aquecida em estufa à 105 °C e resfriada em dessecador, ambos durante 30 minutos. Na sequência, em uma balança analítica, essa cápsula foi tarada e 5 g de extrato de *Agave sisalana* foram pesados. Por se tratar de uma amostra líquida, o material (cápsula de alumínio + amostra) foi levado para o banho-maria até que a amostra adquirisse a consistência mais seca possível (Figura 19).

Figura 16 – Amostras de extrato de *Agave sisalana* após secagem em banho-maria para a determinação de umidade por aquecimento direto.



Fonte: De autoria própria.

Em seguida, esse material (cápsula de alumínio + amostra) foi aquecido em estufa estabilizada à 105 °C (± 5 °C) por 24 horas, para que no dia seguinte pudesse ser esfriado em dessecador por 30 minutos e finalmente pesado. Esta análise foi implementada em triplicata. Vale salientar que as cápsulas foram manipuladas com uma pinça de aço inox, a fim de não transferir umidade e/ou oleosidade das mãos às mesmas. Com os dados obtidos durante as análises, calculou-se a quantidade de umidade (g/100g) conforme a Equação 1:

$$\% \text{ Umidade} = \frac{(\text{peso final} - \text{peso da cápsula})}{\text{peso da amostra úmida}} \times 100$$

(Eq. 1)

5.2.2 Determinação de resíduo mineral fixo

Esse método baseia-se na incineração da amostra à uma temperatura de 550 a 570 °C, resultando na transformação da matéria orgânica em CO₂, H₂O e NO₂ e na produção de um resíduo inorgânico. Esse resíduo geralmente é composto por óxidos de metais, sulfatos não voláteis, fosfatos, silicatos e cloretos, dependendo da composição da amostra e das condições de incineração (CECCHI, 2003).

Desta forma, por meio das cinzas é possível efetuar uma medida geral da quantidade de minerais, considerando algumas perdas por volatilização. Apesar dessa prática impossibilitar a quantificação específica dos minerais, podem ser determinados os seguintes elementos: potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, manganês, cobre, boro, molibdênio e alumínio (CECCHI, 2003).

De início, um cadinho de porcelana foi aquecido em estufa à 105 °C durante uma hora e resfriado em dessecador por 30 minutos. Em seguida, com o cadinho previamente tarado, pesou-se 3 g de extrato de *Agave sisalana*. Por se tratar de uma amostra líquida, o material (cadinho de porcelana + amostra) foi levado para a estufa até que a amostra adquirisse a consistência mais seca possível.

Logo após, esse material (cadinho de porcelana + amostra) foi incinerado numa mufla à 550 °C até que as cinzas apresentassem coloração branca ou cinza claro (Figura 20). Por fim, após esfriadas em dessecador, as cinzas, juntamente com o cadinho de porcelana, foram pesadas. Esta análise foi implementada em triplicata. É importante destacar que os cadinhos de porcelana foram manipulados com uma pinça de aço inox, a fim de não transferir umidade e/ou oleosidade das mãos aos mesmos. Com os dados obtidos durante as análises, calculou-se a quantidade de minerais/cinzas (g/100g) conforme a Equação 2:

$$\% \text{ Minerais} = \frac{(\text{peso final} - \text{peso do cadinho})}{\text{peso da amostra úmida}} \times 100$$

(Eq. 2)

Figura 17 – Resíduo mineral de coloração cinza claro proveniente da incineração das amostras de extrato de *Agave sisalana*.



Fonte: De autoria própria.

5.2.3 Determinação de proteínas totais pelo método de Kjeldahl

O método de Kjeldahl consiste em uma combustão úmida, aquecida com ácido sulfúrico concentrado e mistura catalítica, a qual provoca a redução do nitrogênio orgânico da amostra em amônia, que ocasionalmente reage com uma solução alcalina produzindo sulfato de amônia. Para que, na sequência, a amônia produzida seja destilada em ignição com solução de ácido bórico (4 %) e titulada com solução padrão de ácido clorídrico. As reações químicas que ocorrem nesse processo estão expostas na Quadro 2 (IAL, 2008).

Quadro 2 – Reações químicas presentes na determinação de proteínas totais pelo método Kjeldahl.

Etapa da análise	Reação
Digestão com H ₂ SO ₄	$N_{(amostra)} + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4$
Adição do NaOH	$(NH_4)_2SO_4 + NaOH \longrightarrow NH_3$
Adição do H ₃ BO ₃	$NH_3 + H_3BO_3 \longrightarrow (NH_4)_3BO_3$
Titulação com HCl	$(NH_4)_3BO_3 \longrightarrow NH_4Cl + H_3BO_3$

Fonte: Adaptado de IAL, 2008.

Em um tubo de Kjeldahl, pesou-se 1 g de extrato de *Agave sisalana*, na sequência, em uma capela de exaustão, adicionou-se 1 mL de mistura catalítica (dióxido de selênio, sulfato de cobre e sulfato de potássio – 1:10:100) e 10 mL de ácido sulfúrico concentrado. A amostra e os reagentes foram cuidadosamente manipulados para que atingissem diretamente o fundo do tubo, sem tocar as paredes.

Posteriormente, o material (tubo de Kjeldahl + solução) foi levado para o digestor, no qual a temperatura foi aumentada lentamente até atingir 350 °C. A etapa de digestão foi finalizada quando a solução apresentou coloração incolor em conjunto com precipitado branco (Figura 21).

Figura 18 – Amostra de extrato de *Agave sisalana* após digestão com ácido sulfúrico e mistura catalítica para a determinação de proteínas totais pelo método Kjeldahl.



Fonte: De autoria própria.

Após atingir temperatura ambiente, as paredes do tubo foram lavadas com 5 mL de água destilada e 3 gotas de fenoftaleína foram adicionadas. Com o tubo já acoplado ao aparelho destilador de Kjeldahl, em um erlenmeyer de 125 mL acrescentou-se 25 mL de solução de ácido bórico (4 %) com indicador misto, no qual teve a saída do condensador de Kjeldahl mergulhada.

Iniciando o processo de destilação, o equipamento foi ligado na tomada e o nível da água da caldeira foi verificado. Para que houvesse um fluxo de água no condensador, manteve-se a torneira do laboratório aberta. Com o equipamento ligado, a água da caldeira foi pré-aquecida até ebulição. Em seguida, a temperatura do destilador foi reduzida até a escala 3, de modo que a solução de hidróxido de sódio (40 %) fosse adicionada lentamente no tubo até pH alcalino.

Com a mudança de cor do tubo de alaranjado para roxo escuro, aumentou-se a temperatura do destilador para escala 10. A destilação foi encerrada quando o volume final no erlenmeyer foi igual a três vezes o volume inicial, isto é, 75 mL. Para impedir qualquer refluxo da solução no equipamento, primeiramente retirou-se o erlenmeyer da saída do condensador e somente assim a temperatura foi reduzida para 2 e o aquecedor foi desligado. Na sequência, retirou-se o tubo do destilador e o seu conteúdo restante foi descartado. Na Figura 22 pode-se observar o aparelho destilador de Kjeldahl, antes da destilação, com o tubo e o erlenmeyer posicionados.

Figura 19 – Aparelho destilador de Kjeldahl antes do processo de destilação para a determinação de proteínas totais da *Agave sisalana*.



Fonte: De autoria própria.

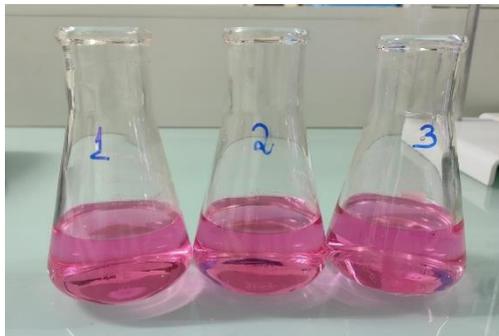
Por fim, utilizando uma solução de ácido clorídrico (0,1 N), previamente padronizada, realizou-se a titulação do erlenmeyer que comportava a proteína destilada até o surgimento da coloração rósea (Figura 23). Esta análise foi implementada em triplicata. Com os dados obtidos durante as análises e algumas informações adicionais, calculou-se a quantidade de proteínas totais (g/100g) conforme a Equação 3:

$$\% \text{ Proteínas totais } g/100 g = \frac{(V_a - V_b) \times f_a \times F \times 0,14}{\text{peso da amostra}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que,

- V_a – volume gasto de ácido clorídrico (0,1 mol L⁻¹) padronizado na titulação da amostra;
- V_b – volume gasto de ácido clorídrico (0,1 mol L⁻¹) padronizado na titulação do branco;
- f_a – fator de correção da solução de ácido clorídrico (0,1 mol L⁻¹);
- F – fator de correspondência do nitrogênio.

Figura 20 – Solução, em triplicata, de coloração rósea proveniente da titulação de proteína destilada com ácido clorídrico ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) padronizado para a determinação de proteínas totais da *Agave sisalana* pelo método Kjeldahl.



Fonte: De autoria própria.

Para a execução dos cálculos levou-se em consideração que o fator de correção da solução de ácido clorídrico ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) foi igual a 1,014 mL e o volume do ácido clorídrico ($0,1 \text{ N}$) padronizado gasto na titulação do branco foi de 0,10 mL. Tendo em vista que a cada 100 g de proteína têm-se cerca de 16 g de nitrogênio, obtém-se o fator de correspondência 6,25 ($100/16$). No entanto, os fatores variam de acordo com o tipo de proteína, neste caso, a legislação brasileira estabelece que o fator de correspondência utilizado para proteína vegetal seja de 5,75 (BRASIL, 2003; IAL, 2008).

5.2.4 Determinação de lipídios pelo método de Bligh & Dyer

O método de Bligh & Dyer advém da extração a frio de lipídios totais, utilizando uma mistura de clorofórmio, metanol e água. Após dissolução, ocorre o surgimento de duas fases, sendo uma de clorofórmio, que comporta os lipídios e uma metanólica, que comporta os compostos não lipídicos (BLIGH; DYER, 1959).

Em um tubo de ensaio, pesou-se 2,5 g de extrato de *Agave sisalana*, a seguir, em uma capela de exaustão, adicionou-se 10 mL de clorofórmio, 20 mL de metanol e 8 mL de água destilada. Para completa homogeneização, colocou-se os tubos em um agitador rotativo durante 30 minutos. Na sequência, adicionou-se mais 10 mL de clorofórmio e 10 mL de uma solução de sulfato de sódio anidro (1,5 %) que também foram homogeneizados no agitador durante 15 minutos.

Passado esse tempo, os tubos foram mantidos em repouso por 24 horas para possibilitar a separação das duas fases. Na Figura 24 é possível observar essas fases bem definidas, após o descarte de grande parte do sobrenadante. Utilizando um sistema de filtração simples (funil + papel de filtro) o conteúdo restante no tubo foi filtrado. Posteriormente, pegou-se uma alíquota de 5 mL do filtrado em um béquer de 50 mL previamente tarado. Com o objetivo de evaporar

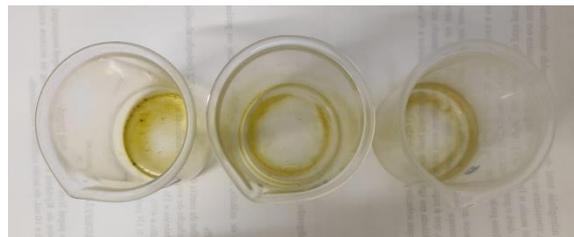
o solvente presente na alíquota, o material (béquer + alíquota do filtrado) foi colocado em estufa a 105 °C por 30 minutos e em dessecador até temperatura ambiente, para finalmente ser pesado (Figura 25).

Figura 21 – Separação de fases em amostra de extrato de *Agave sisalana* para a determinação de lipídios pelo método Bligh & Dyer.



Fonte: De autoria própria.

Figura 22 – Alíquota do filtrado após a evaporação do solvente em estufa a 105 °C para a determinação de lipídios da *Agave sisalana* pelo método Bligh & Dyer.



Fonte: De autoria própria.

Esta análise foi implementada em triplicata. Com os dados obtidos durante as análises, calculou-se a quantidade de lipídios totais (g/100g) conforme a Equação 4:

$$\% \text{ Lipídios} = \frac{(\text{peso final} - \text{peso do béquer}) \times 4}{\text{peso da amostra (g)}} \times 100$$

(Eq. 4)

5.2.5 Determinação de carboidratos por diferença

A partir das médias dos resultados das análises anteriores de umidade, resíduo mineral fixo, proteínas totais e lipídios expressos em g/100g, calculou-se a quantidade (g/100g) de carboidratos do extrato de *Agave sisalana*, conforme a Equação 5:

$$\% \text{ Carboidratos} = 100 - (A + B + C + D)$$

(Eq. 5)

Em que,

- A - % de umidade;
- B - % de minerais;
- C - % de proteínas;
- D - % de lipídios.

5.3 Caracterização fitoquímica do extrato de *Agave sisalana*

Para a realização das análises fitoquímicas foi necessário transformar o extrato de *A. sisalana* aquoso em extrato alcoólico e concentrá-lo. Para isso, foram adicionados 4,5 L de álcool etílico 95 % em um litro de extrato de *Agave sisalana* aquoso e utilizou-se o rotavapor R-210 da Buchi. Vale ressaltar, que a temperatura do banho-maria foi mantida em uma margem segura de 58 °C, não excedendo o ponto de ebulição do álcool etílico que é de 78 °C. Na Figura 26 é possível observar o extrato alcoólico de *Agave sisalana* concentrado.

Figura 23 – Extrato alcoólico de *Agave sisalana* concentrado, utilizado na caracterização fitoquímica.



Fonte: De autoria própria.

5.3.1 Identificação de alcaloides

Evaporou-se 25 mL do extrato alcoólico até secura e adicionou-se 0,8 mL (6 gotas) de hidróxido de sódio (NaOH) a 1 %. Após completa homogeneização, adicionou-se 6 mL de água destilada e 6 mL de clorofórmio (CHCl_3). Na sequência a solução foi filtrada com algodão transferida para um funil de separação até a completa separação do extrato e da camada clorofórmica.

Com o descarte do sobrenadante, foram acrescentados 6 mL de ácido clorídrico (HCl) a 1 % à camada clorofórmica, agitando e deixando decantar até obter um aspecto límpido. Pegou-se 1 mL da camada de HCl e distribuiu-se em quatro tubos de ensaio. Com os tubos em mãos, realizou-se os testes com os respectivos reagentes: Bourchardat (3 a 5 gotas), Mayer (5 gotas), Dragendorff (3 a 5 gotas) e ácido sílico tungstico (5 gotas). A precipitação imediata indica a presença de alcaloides.

5.3.2 Identificação de taninos

Evaporou-se 50 mL do extrato alcoólico até *secura* e acrescentou-se 10 mL de água destilada. Após a completa dissolução, filtrou-se em funil com algodão e o mesmo foi distribuído em seis tubos de ensaio. Os tubos foram testados da seguinte maneira: nos três primeiros tubos, testou-se com a gelatina a 0,5 % e nos outros três restantes, testou-se com o cloreto férrico (FeCl_3) a 2 %. As proporções para os tubos foram de 0,5 mL, 1 mL e 2 mL, completando os dois primeiros com água destilada até os 2 mL. Ocorrendo a formação de precipitado há presença de taninos. Diferentemente dos alcaloides, a precipitação dos taninos não é imediata e requer um intervalo de cerca de 5 minutos.

5.3.3 Identificação de flavonoides

Em funil de separação, colocou-se 15 mL do extrato alcoólico de *Agave sisalana* e adicionou-se 15 mL de água destilada, agitando e deixando em repouso por alguns minutos. Na sequência acrescentou-se 15 mL de clorofórmio e colocou-se em repouso por mais alguns minutos. Após a separação das camadas, desprezou-se a camada clorofórmica, essa operação repetida até que toda a clorofila tenha sido retirada. Essa solução foi evaporada até *secura* em um rotavapor. Em seguida, 3 mL de metanol foram adicionados e a solução foi distribuída em dois tubos de ensaio, sendo 2 mL em cada tubo.

No primeiro tubo, adicionou-se 0,5 mL de HCl a 10 % e uma fita de magnésio, deixando-a reagir até completa dissolução. Em caso positivo, após o desaparecimento da fita observa-se a formação de uma coloração rósea. No segundo tubo, a solução foi secada em banho-maria, na sequência colocou-se 5 gotas de acetona, 0,05 mg de ácido oxálico e o mesmo de ácido bórico. Sem deixar secar totalmente, a solução foi seca novamente em banho-maria durante 5 minutos. Após isto, acrescentou-se 10 mL de éter etílico, e o tubo foi observado em uma câmara de luz U.V., em caso positivo é possível visualizar fluorescência.

5.3.4 Identificação de saponinas

Em um tubo de ensaio, foram dissolvidas 2 mL do extrato alcoólico em 10 mL de água destilada, sob agitação manual durante um minuto. Após a formação de espuma, o tubo foi mantido em repouso por 10 minutos. Passado esse tempo, caso a espuma permaneça, indica que o teste teve resultado positivo, caso desapareça o teste é negativo.

5.4 Desenvolvimento da fórmula do detergente lava-louças neutro

Para elaboração da fórmula do detergente lava-louças neutro, considerou-se que pelo menos um componente das seguintes classes de matérias-primas deveria ser empregado, sendo elas: tensoativos, umectantes, sequestrantes, conservantes, espessantes e corantes. Desta forma, selecionou-se matérias-primas usuais para o mercado de saneantes, priorizando aquelas

disponíveis no Laboratório de Tecnologia Cosmética (LTC) da UFPB. O desenvolvimento da formulação foi obtido através da adição das matérias-primas % (p/p). Em formulação se faz necessário destacar que certos aspectos, como ajuste de pH e quantidade específica de corante para atingir a coloração desejada, somente podem ser definidos depois que a fórmula foi reproduzida em laboratório. Para definir as quantidades (% p/p) das matérias-primas, pegou-se como base algumas formulações do arquivo pessoal da Profa. Dra. Melânia Cornélio. A formulação final do detergente lava-louças neutro com extrato de *Agave sisalana* como princípio ativo está exibida na Tabela 1.

Tabela 1 – Formulação de detergente lava-louças neutro com extrato de *Agave sisalana* como princípio ativo.

Matéria-prima	Função	Quantidade (% p/p)
Ácido sulfônico	Tensoativo	1,0 – 3,0
Sodium hydroxide (50 %)	Alcalinizante	0,5 – 1,0
Sodium Lauryl Sulfate	Tensoativo	6,0 – 9,0
Cocamide DEA	Tensoativo	0,5 – 1,5
Glycerin	Umectante	3,0 – 5,0
Disodium EDTA	Sequestrante	0,1 – 0,2
Extrato de <i>Agave sisalana</i>	Princípio Ativo	1,0 – 4,0
Isoconservantes	Conservante	0,05 – 0,01
Magnesium Sulfate	Espessante	1,5 – 4,0
Corante Verde	Corante	q.s.p
Aqua	Veículo	q.s.p

Fonte: De autoria própria.

Procedimento:

- a) Carregar a água, iniciar a agitação e adicionar o sequestrante;
- b) Adicionar o tensoativo e acrescentar o hidróxido de sódio (50%). Ajustar o pH na faixa de 6,5 a 7,5 e homogeneizar;
- c) Adicionar o sodium lauryl sulfate, a cocamide DEA, a glycerin, o disodium EDTA diluído e a methylisothiazolinone;
- d) Adicionar o espessante e homogeneizar;
- e) Adicionar o extrato de *Agave sisalana* e corante;

- f) Regular o valor de pH para 7,0;
- g) Por último, após o detergente apresentar a viscosidade desejada e aspecto totalmente homogêneo, o mesmo deve ser envasado em uma embalagem adequada, previamente higienizada e etiquetada.

5.5 Testes físico-químicos do detergente lava-louças neutro

5.5.1 Viscosidade

A viscosidade do detergente lava-louças neutro foi medida através de um viscosímetro rotativo digital, modelo NDJ-5S, com rotação de 60 rpm, utilizando o spindle nº 1. Conforme exibido na Figura 27.

Figura 24 – Medida de viscosidade utilizando o viscosímetro rotativo digital, modelo NDJ-5S.



Fonte: De autoria própria.

5.5.2 Densidade

A densidade do detergente lava-louças neutro foi medida através de um densímetro digital, modelo DSL 910, da Gehaka, utilizando o cesto côncavo e esfera de 1 cm³, indicado para medir a densidade de líquido, sob temperatura de 27 °C. Conforme exibido na Figura 28.

Figura 25 – Medida de densidade utilizando o densímetro digital, modelo DSL 910, da Gehaka.



Fonte: De autoria própria.

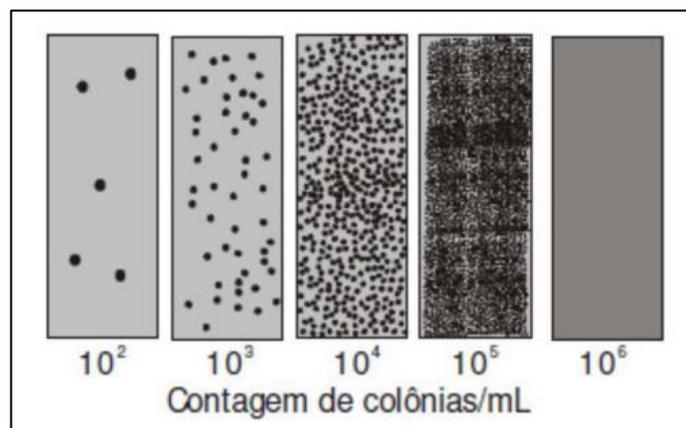
5.6 Contagem de bactérias heterotróficas

A contagem de bactérias heterotróficas é o método mais utilizado como indicador geral de populações bacterianas em água ou em qualquer amostra líquida. A fim de realizar a contagem microbiana do detergente lava-louças neutro utilizou-se o Aquacult. O Aquacult é um método semiquantitativo que permite verificar o crescimento de microrganismos dentro de um limite de sensibilidade entre 10^2 a 10^6 UFC/mL. O meio que constitui esse método é o Plate Count Ágar com TTC (cloreto de trifeniltetrazólio), o qual possibilita o desenvolvimento de uma série de bactérias, de alguns bolores e leveduras (LABORCLIN, 2019).

Para o uso do Aquacult, uma amostra de detergente lava-louças neutro foi coletada em um recipiente estéril. Após romper a o lacre, a lâmina contendo o meio foi mergulhada na amostra em análise e recolocada no vial. Em seguida, após está devidamente fechado, o Aquacult foi incubado em estufa bacteriológica a 35 °C durante 48 horas.

O TTC é reduzido a uma forma insolúvel dentro da célula bacteriana produzindo colônias de coloração vermelha (LABORCLIN, 2019). Sendo assim, após o surgimento dessas colônias, a amostra é avaliada e comparada visualmente com o gabarito de leitura exibido na Figura 29.

Figura 26 – Gabarito de leitura para a contagem de colônias em UFC/mL.



Fonte: LABORCLIN, 2019.

5.7 Estudo de estabilidade acelerada

Para o estudo de estabilidade acelerada, separou-se quatro amostras de detergente lava-louças neutro com extrato de *Agave sisalana* de mesmo volume e em quatro recipientes de tamanho e material similares. Esses recipientes foram devidamente etiquetados e expostos a diferentes condições de tratamento, sendo elas: temperatura ambiente, luz solar, estufa à temperatura de 50 °C e freezer à 5°C.

Após um período de 90 dias, os parâmetros de cor, odor, aspecto físico, pH, densidade e viscosidade foram avaliados e comparados os dados iniciais do estudo. Os parâmetros de cor,

odor e aspecto físico foram classificados como conforme a especificação (CE), normal sem alteração (NSA) e intensamente modificado (IA). Os recipientes contendo as amostras, antes do estudo de estabilidade acelerada estão exibidos na Figura 30.

Figura 27 – Recipientes contendo amostras de detergentes lava-louças neutro com extrato de *Agave sisalana*, antes do estudo de estabilidade acelerada.



Fonte: De autoria própria.

5.8 Atividade antimicrobiana pelo método por disco de difusão

Para o teste de atividade antimicrobiana em bactérias gram positivas e gram negativas, utilizou-se cepas de microrganismos de referência (*Escherichia coli* CCCD – E004 e *Staphylococcus aureus subsp aureus* CCCD – S 009) inoculadas em placas de Petri estéreis contendo Ágar Nutriente. Para cada microrganismo, foram selecionadas três colônias bem isoladas e com auxílio de uma alça de níquel-cromo, as mesmas foram tocadas em sua superfície. Com a alça contaminada inoculou-se um tubo contendo 4 mL de caldo Tryptic Soy Broth (TSB). O tubo foi inoculado em estufa à 35 °C durante 24 horas alcançando uma grande turbidez, como pode ser observado na Figura 31.

Figura 28 – Tubos contendo caldo Tryptic Soy Broth (TSB) *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*.



Fonte: De autoria própria.

A avaliação da atividade antimicrobiana foi feita utilizando o método de Dorman e Deans (2000) modificado. Cada cultura bacteriana (*Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*), foi inoculada, com auxílio de um swab, fazendo estrias nos sentidos horizontal e vertical, em placas de Petri estéreis contendo Àgar Mueller-Hinton.

Na sequência, discos de papel esterilizados foram impregnados com o extrato de *Agave sisalana* e depositados na placa de Petri em triplicata, conforme exibido na Figura 32. O controle negativo foi feito utilizando um disco de papel impregnado com água destilada estéril e o controle positivo foi feito utilizando um disco de papel estéril impregnado com antibiótico cloranfenicol (CLO – 30mcg) fabricado por Cefar Diagnóstica.

Figura 29 – Procedimento em que discos de papel esterilizados impregnados com o extrato de *Agave sisalana* foram depositados na placa de Petri inoculada com cultura bacteriana.



Fonte: De autoria própria.

O mesmo procedimento foi realizado com o detergente lava-louças neutro com extrato de *Agave sisalana* e com o detergente lava-louças neutro sem extrato. Sendo assim, para cada amostra analisada utilizou-se três placas de Petri para cada microrganismo. Na Figura 33 é possível observar o conjunto de placas de Petri inoculadas com os discos impregnados para cada amostra, em triplicata, e os controles positivo e negativo para uma cultura bacteriana. Posteriormente, todas as placas de Petri, foram incubadas em estufa à 35 °C durante 24 horas, conforme exposto na Figura 34.

Figura 30 - Conjunto de placas de Petri inoculadas com os discos impregnados para cada amostra, em triplicata, e os controles positivo e negativo para uma cultura bacteriana.



Fonte: De autoria própria.

Figura 31 – Placas de Petri antes de serem incubadas em estufa à 35 °C durante 24 horas.

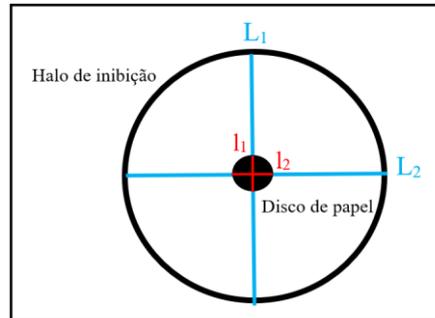


Fonte: De autoria própria.

Após este período, observou-se a formação de halos de inibição de crescimento das cepas testadas ao redor dos discos de papel, verificando a atividade microbiana. Para a medição do halo de inibição e do disco de papel, utilizou-se um paquímetro. Foram realizadas quadro

medições para cada placa, nomeadas como L_1 , L_2 , l_1 e l_2 , conforme mostra a Figura 35. Por fim, os resultados foram tratados estatisticamente.

Figura 32 – Esquema de medições realizadas no halo de inibição e disco de papel utilizados na análise de atividade antimicrobiana pelo método por difusão de disco.



Fonte: De autoria própria.

5.9 Avaliação do poder de limpeza pelo volume de espuma por ensaio de proveta

Para verificar que o processo de detergência está ocorrendo de maneira eficiente, é necessário agitar o sistema com água, para que ocorra a solubilização dos tensoativos, resultando na formação de espuma (DALTIM, 2011). Sendo assim, realizou-se um teste de volume de espuma por ensaio de proveta para o detergente lava-louças neutro com o extrato de *Agave sisalana* e com um detergente lava-louças neutro comercial.

Em uma proveta de 1000 mL com tampa, preparou-se 100 mL de uma solução aquosa de detergente lava-louças neutro com extrato de *Agave sisalana* a uma concentração de 0,4 de ativos. Sob temperatura ambiente, agitou-se a proveta tampada durante um minuto. Passado este tempo, com auxílio da graduação da proveta, mediu-se o volume do sistema (líquido + espuma) em intervalos de tempo de até quinze minutos.

Desta forma, avaliou-se a estabilidade da espuma gerada durante os intervalos de zero, um, cinco e quinze minutos. O mesmo procedimento foi repetido para um detergente lava-louças neutro comercial, logo, os resultados obtidos foram comparados.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Caracterização físico-química do extrato de *Agave sisalana*

Na Tabela 2 estão exibidos os resultados de pH e ° Brix do extrato de *Agave sisalana*, logo após o processo de extração.

Tabela 2 – Resultados dos testes físico-químicos do extrato de *Agave sisalana*.

Propriedade físico-química	Valor
pH	4,21
° Brix	4,5

Fonte: De autoria própria.

O pH medido possui caráter levemente ácido. A escala de ° Brix é utilizada para medir a quantidade de sólidos solúveis, isto é, açúcares ou sacarose presentes em uma solução. Quanto mais alto o ° Brix, maior a quantidade de açúcar e qualidade do produto analisado. Sendo assim, o valor de ° Brix indica que cada 100 g de solução possui 4,5 g de açúcar (COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL APCC, 2022).

6.2 Composição centesimal do extrato de *Agave sisalana*

Conforme relatado na Tabela 3, as análises de composição centesimal do extrato de *Agave sisalana* apresentaram baixos teores nutricionais, exceto pela quantidade de carboidratos.

Tabela 3 – Resultados da composição centesimal do extrato de *Agave sisalana*.

Componente analisado	Composição (g/100g)
Umidade	4,77
Minerais	1,30
Proteínas totais	0,35
Lipídios	0,32
Carboidratos	93,26

Fonte: De autoria própria.

Em decorrência da alta composição de carboidratos (g/100g) e, conseqüentemente, de açúcares presentes no extrato de *A. sisalana*, esses componentes podem ser utilizados como matérias-primas umectantes e/ou emolientes naturais, dado que carboidratos podem ser revertidos em gorduras, o extrato de *Agave sisalana* pode atuar na suavidade, maciez e proteção da pele.

Em saneantes como o detergente lava-louças, essa característica é de extrema importância, pois são produtos que com o tempo de uso, podem ressecar e agredir a pele das mãos dos consumidores. Logo, o uso de matérias-primas que minimizem esse efeito é de extrema necessidade nesse tipo de formulação.

6.3 Caracterização fitoquímica do extrato de *Agave sisalana*

As análises fitoquímicas comprovaram a presença de taninos, flavoloides e saponinas,

como exposto na Tabela 4. É importante destacar, que a mesma amostra pode ser testada por mais de um método de identificação fitoquímica, pois os constituintes da amostra podem, ou não, apresentar afinidade com os reagentes utilizados. No entanto, para comprovar a presença/ausência de um componente fitoquímico, basta identificá-lo em pelo menos um método.

Tabela 4 – Resultados da caracterização fitoquímica do extrato de *Agave sisalana*.

Classe de substâncias	Método	Presença/Ausência
Alcaloides	Bouchardat	-
	Mayer	-
	Dragendorff	-
	Ácido sílico tungstico	-
Taninos	Gelatina (0,5 mL)	-
	Gelatina (1,0 mL)	-
	Gelatina (2,0 mL)	+
	FeCl ₃ (0,5 mL)	+
	FeCl ₃ (1,0 mL)	+
	FeCl ₃ (2,0 mL)	+
Flavonoides	Fita de magnésio	-
	Fluorescência U.V.	++
Saponinas	Espuma	+++

Fonte: De autoria própria.

Substâncias como essas desempenham inúmeras funções nas plantas e, conseqüentemente, podem ser incorporadas em produtos na função de ativos. Tratando-se de atividades biológicas, vários autores justificam as funções relacionadas a esses compostos. Sendo assim, o extrato de *Agave sisalana* possui a presença de flavonoides, aos que são atribuídos características antioxidantes (BARRETO *et al.*, 2020; VIEIRA, 2014).

Além da presença de saponinas que podem desempenhar funções anti-inflamatórias, analgésicas, antimicrobianas, antivirais, antiparasitárias, antifúngicas e tensoativas. As saponinas presentes no extrato de *Agave sisalana* ao serem incorporadas na formulação do detergente lava-louças podem atuar como tensoativo natural, tornando-se um grande destaque para o segmento do mercado sustentável (DUNDER *et al.*, 2010; LÓPEZ-ROMERO *et al.*, 2018; SILVEIRA *et al.*, 2009; VIEIRA, 2014).

Segundo Gobbo-Neto e Lopes (2007), fatores como idade, sazonalidade, estágio de desenvolvimento, temperatura, disponibilidade de água e nutrientes, radiação UV, estímulo mecânico, poluição atmosférica e ataque de microrganismos patogênicos podem influenciar no conteúdo dos metabólitos secundários presentes nas plantas. Isto é, grandes variações desses parâmetros podem interferir na quantidade e na natureza de substâncias fitoquímicas, como flavonoides, taninos e saponinas.

6.4 Testes físico-químicos do detergente lava-louças neutro

Na Tabela 5 estão exibidos os resultados de pH, densidade e viscosidade do detergente lava-louças neutro com extrato de *Agave sisalana*.

Tabela 5 – Resultados dos testes físico-químicos do detergente lava-louças neutro com extrato de *Agave sisalana*.

Propriedade físico-química	Valor
pH	7,03
Densidade	1,015 g/cm ³
Viscosidade	990,9 mPa.s

Fonte: De autoria própria.

De acordo com a RDC N° 13, de 28 de fevereiro de 2007 (BRASIL, 2007), o pH para detergentes líquidos específicos para lavar louças manualmente deve estar entre 5,5 e 9,5. Sendo assim, o pH final medido está dentro da faixa aceita pela legislação. Sob aspectos visuais e sensoriais, a densidade e a viscosidade atenderam as viabilidades desejadas.

6.5 Contagem de bactérias heterotróficas

De acordo com a Figura 36, conforme a sensibilidade do método (10^2 UFC/mL), não houve desenvolvimento de bactérias heterotróficas na amostra de detergente lava-louças com extrato de *Agave sisalana* analisada.

Figura 33 – Lâminas do Aquacult, após serem incubadas em estufa à 35 °C durante 48 horas.



Fonte: De autoria própria.

6.6 Estudo de estabilidade acelerada

Dado os resultados do estudo de estabilidade acelerada do detergente lava-louças neutro com extrato de *Agave sisalana*, estão exibidos na Tabela 6. Relata-se que após um período de 90 dias o produto analisado não sofreu nenhuma alteração sob os aspectos de viscosidade (99,9% de assertividade), odor e aspectos físicos, incluindo turbidez. Levando em consideração

que a densidade é uma grandeza inversamente proporcional à temperatura, as densidades obtidas estão dentro das especificações definidas no início do estudo.

Tabela 6 – Resultados do estudo de estabilidade acelerada do detergente lava-louças neutro com extrato de *Agave sisalana*, após o período de 90 dias.

Análise	Especificações	Dados iniciais	Condições/Dados finais			
			Ambiente	Luz solar	Estufa (50 °C)	Freezer (5 °C)
Cor	Verde vibrante	CE	IA	IA	IA	NSA
Odor	Inodoro	CE	NSA	NSA	NSA	NSA
Aspecto físico	Líquido translúcido	CE	NSA	NSA	NSA	NSA
pH	5,5 – 9,5	7,03	6,05	5,96	5,96	5,97
Densidade (g/cm ³)	1,010 – 1,050	1,015	1,017	1,015	1,020	1,034
Viscosidade (mPa.s)	950 – 1000	990,9	990,9	990,9	990,9	990,9

CE – conforme a especificação; NSA – normal sem alteração; IA – intensamente modificado.

Fonte: De autoria própria.

Embora todas as amostras tenham apresentado um declínio no valor de pH, os mesmos ainda se encontram dentro da faixa estabelecida pela legislação (BRASIL, 2007). Por último, exceto pela amostra colocada em freezer, todas as outras apresentaram uma intensa alteração de cor, como observado na Figura 37. Porém, essa mudança de coloração não desqualifica o estudo de estabilidade, pois pode ser facilmente solucionada com a alteração da embalagem utilizada.

Figura 34 – Recipientes contendo amostras de detergentes lava-louças neutro com extrato de *Agave sisalana*, após o estudo de estabilidade acelerada durante o período de 90 dias.



Fonte: De autoria própria.

Ao utilizar uma embalagem fosca e não mais transparente, a mesma irá impedir a ação do calor sobre a coloração do produto. Uma outra solução para esta questão é a mudança do corante da formulação, pois o utilizado foi o único, na cor verde, disponível no LTC, podendo

não ser apropriado para a faixa de pH do detergente. Desta forma, obteve-se sucesso no estudo de estabilidade do detergente lava-louças neutro com extrato de *A. sisalana*.

6.7 Atividade antimicrobiana pelo método por disco de difusão

6.7.1 *Escherichia coli*

A Tabela 7 relata os valores de média e desvio padrão dos resultados da análise antimicrobiana para *Escherichia coli* com o detergente lava-louça sem o extrato de *Agave sisalana*, com o extrato de *Agave sisalana*, com o detergente lava-louça com o extrato de *Agave sisalana*, além dos controles positivo e negativo.

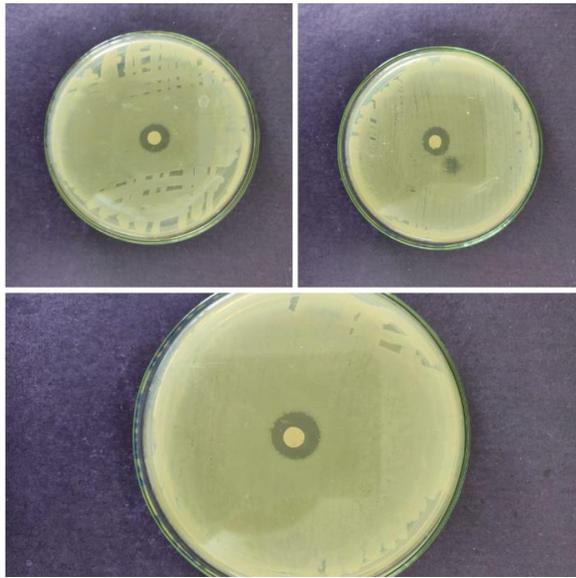
Tabela 7 – Valores de média e desvio padrão dos Resultados da análise de atividade antimicrobiana para *Escherichia coli* pelo método por difusão de disco.

Amostra	Medição			
	L ₁	L ₂	I ₁	I ₂
Detergente sem extrato de Agave	1,353 ± 0,052	1,428 ± 0,014	0,612 ± 0,005	0,617 ± 0,002
Extrato de Agave	0	0	0,647 ± 0,039	0,628 ± 0,010
Detergente com extrato de Agave	1,885 ± 0,301	1,872 ± 0,413	0,648 ± 0,037	0,620 ± 0,007
Controle positivo	3,435	3,340	0,630	0,605
Controle negativo	0	0	0,700	0,700

Fonte: De autoria própria.

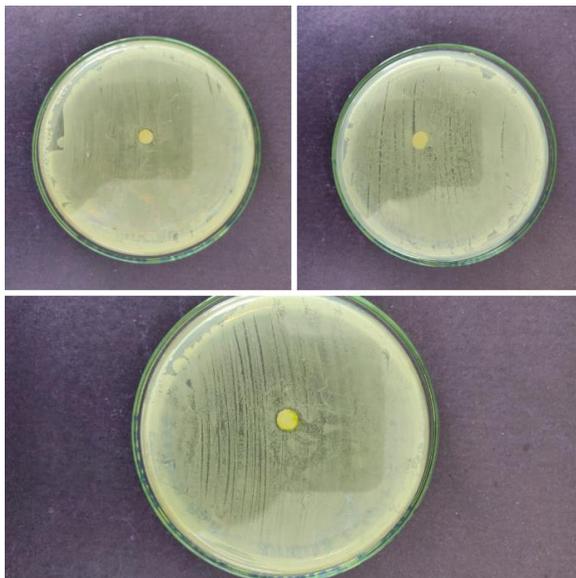
O detergente lava-louças sem extrato de *Agave sisalana* apresentou um poder inibitório significativo, como observado na Figura 38. Porém, ao contrário do esperado, o extrato de *Agave sisalana* não apresentou a formação de halo de inibição, como observado na Figura 39. O detergente lava-louças com extrato de *Agave sisalana* embora tenha apresentado poder inibitório, não formou um halo de inibição bem delimitado, como mostra Figura 40. Os controles positivo e negativo da análise desempenharam os comportamentos esperados, como exibido na Figura 41.

Figura 35 – Placas de Petri incubadas com *Escherichia coli* e discos de papel impregnados com detergente lava-louças neutro sem extrato de *Agave sisalana*.



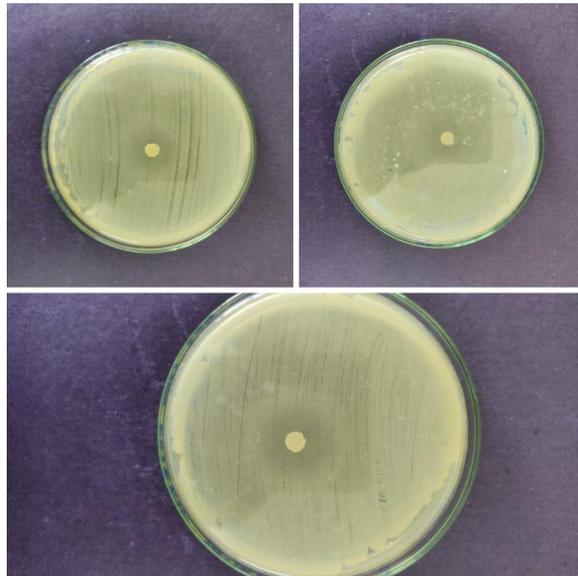
Fonte: De autoria própria.

Figura 36 – Placas de Petri incubadas com *Escherichia coli* e discos de papel impregnados com extrato de *Agave sisalana*.



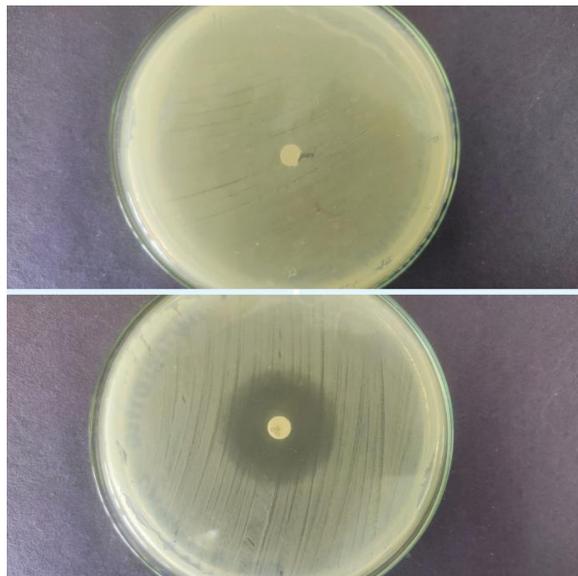
Fonte: De autoria própria.

Figura 37 – Placas de Petri incubadas com *Escherichia coli* e discos de papel impregnados com detergente lava-louças neutro com extrato de *Agave sisalana*.



Fonte: De autoria própria.

Figura 38 – Placas de Petri incubadas com *Escherichia coli* e discos de papel impregnados com água destilada estéril, para controle negativo, e antibiótico cloranfenicol, para controle positivo.



Fonte: De autoria própria.

Levanta-se a hipótese que o extrato de *Agave sisalana* mascarou a atividade antimicrobiana do detergente lava-louça (sem extrato), resultando em um halo com características esfumadas. Desta forma, realizou-se uma estimativa para as medidas de L_1 e L_2 .

6.7.2 *Staphylococcus aureus*

A Tabela 8 relata os valores de média e desvio padrão dos resultados da análise antimicrobiana para *Staphylococcus aureus* com o detergente lava-louça sem o extrato de *Agave sisalana*, com o extrato de *Agave sisalana*, com o detergente lava-louça com o extrato de *Agave sisalana*, além dos controles positivo e negativo.

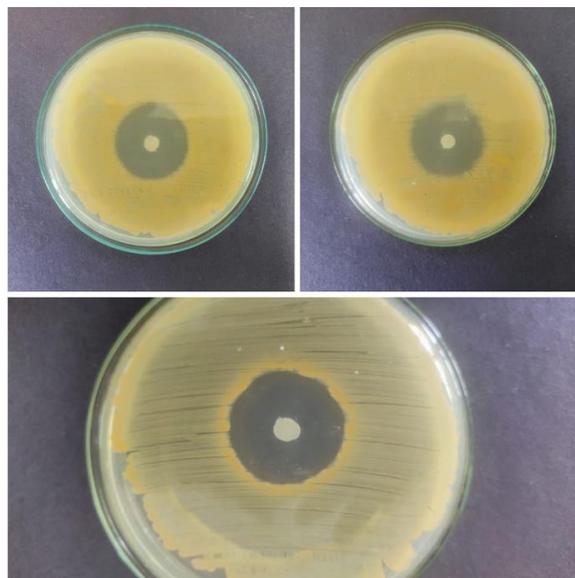
Tabela 8 – Valores de média e desvio padrão dos resultados da análise de atividade antimicrobiana para *Staphylococcus aureus* pelo método por difusão de disco.

Amostra	Medição			
	L ₁	L ₂	I ₁	I ₂
Detergente sem extrato de Agave	3,098 ± 0,348	3,108 ± 0,368	0,647 ± 0,039	0,628 ± 0,010
Extrato de Agave	0,970 0,130	0,935 0,105	0,665 ± 0,035	0,638 ± 0,008
Detergente com extrato de Agave	3,193 ± 0,596	3,180 ± 0,538	0,618 ± 0,008	0,652 ± 0,036
Controle positivo	3,130	3,130	0,615	0,605
Controle negativo	0	0	0,630	0,625

Fonte: De autoria própria.

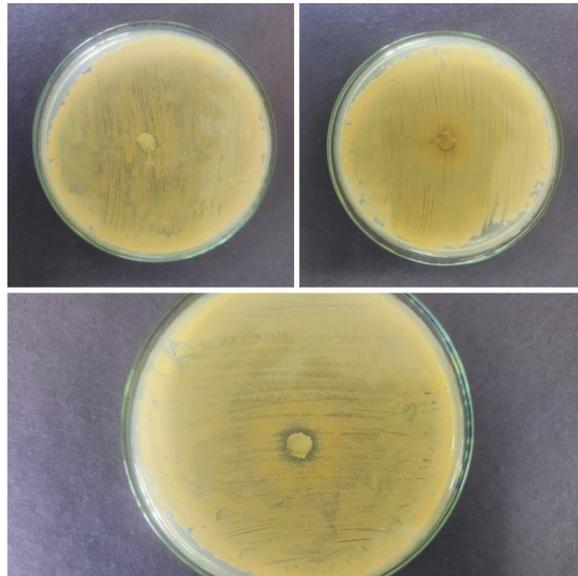
Ambas as amostras de detergente lava-louças (com e sem extrato de *Agave sisalana*) apresentaram um grande poder inibitório, como observado nas Figuras 42 e 43. Enquanto que o extrato de *Agave sisalana* apresentou a formação de halo de inibição em apenas uma das triplicatas, como exibido na Figura 44.

Figura 39 – Placas de Petri incubadas com *Staphylococcus aureus* e discos de papel impregnados com detergente lava-louças neutro sem extrato de *Agave sisalana*.



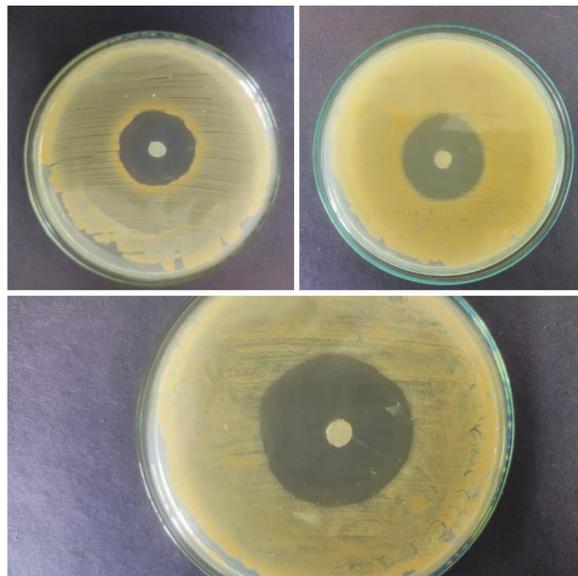
Fonte: De autoria própria.

Figura 40 – Placas de Petri incubadas com *Staphylococcus aureus* e discos de papel impregnados com extrato de *Agave sisalana*.



Fonte: De autoria própria.

Figura 41 – Placas de Petri incubadas com *Staphylococcus aureus* e discos de papel impregnados com detergente lava-louças neutro com extrato de *Agave sisalana*.

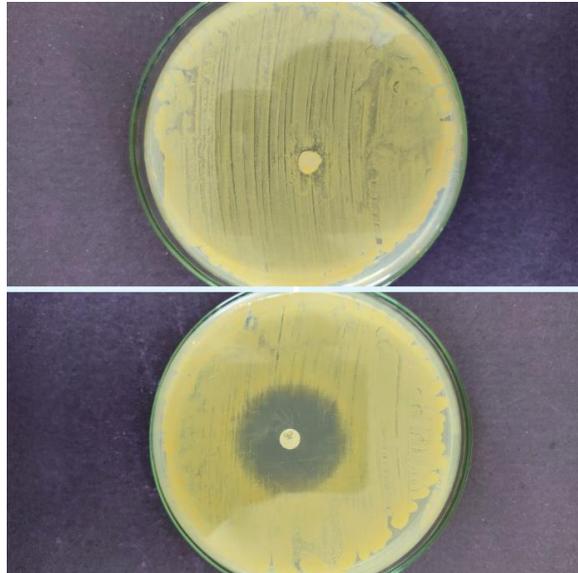


Fonte: De autoria própria.

Embora o poder inibitório do extrato seja reduzido, de acordo com as medições, é possível notar que o detergente lava-louças com o extrato de *A. sisalana* apresentou a formação de um halo superior aos demais. Até mesmo do controle positivo, no qual utilizou-se o antibiótico cloranfenicol. Logo, considera-se que as capacidades antimicrobianas foram somadas, resultando em um produto com atividade antimicrobiana para *Staphylococcus aureus*.

Os controles positivo e negativo da análise desempenharam os comportamentos esperados, como exibido na Figura 45.

Figura 42 – Placas de Petri incubadas com *Staphylococcus aureus* e discos de papel impregnados com água destilada estéril, para controle negativo, e antibiótico cloranfenicol, para controle positivo.



Fonte: De autoria própria.

A partir dos resultados obtidos para os dois microrganismos, comprova-se que formulação do detergente lava-louça possui alguma matéria-prima que proporciona ao mesmo, atividade inibitória contra bactérias gram positivas e gram negativas. Dentre essas características, o possível componente responsável por essa capacidade antimicrobiana é o isoconservante. O isoconservante é uma mistura de isotiazolinonas, isto é, cetonas comumente utilizadas como conservantes em saneantes e cosméticos. Esse componente além de ser eficiente é permitido pela ANVISA em concentrações aceitáveis pela RDC N° 30, de 4 de Julho de 2011 (BRASIL, 2011).

Sobre a atividade antimicrobiana do extrato de *Agave sisalana*, vários estudos comprovam a presença de metabólicos secundários que possuem função antimicrobiana. Segundo Hammuel (2011) o extrato metanoico apresentou atividade antimicrobiana contra *Escherichia coli*, *Salmonella typh*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes* e *Candida albicans*.

Santos (2009) verificou a atividade antimicrobiana do extrato hidroalcolico e do resíduo da *Agave sisalana*, em que demonstrou uma significativa inibição para *Candida albicans*, mas não foi eficiente contra *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Micrococcus luteus*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Salmonella choleraesuis*. Sendo assim, verificou-se que

fatores como metodologia de extração, concentração e solvente (etanol e/ou água) do extrato influenciam diretamente nessa capacidade inibitória da *Agave sisalana*.

6.8 Avaliação do poder de limpeza pelo volume de espuma por ensaio de proveta

Na Tabela 9 estão exibidos os resultados dos testes de volume de espuma por ensaio de proveta para o detergente lava-louças neutro com extrato de *Agave sisalana* e para o detergente lava-louças neutro comercial. Além do volume, foi avaliado a estabilidade durante um determinado tempo da espuma formada.

Tabela 9 – Resultados dos testes de volume de espuma por ensaio de proveta para o detergente lava-louças neutro com extrato de *Agave sisalana* e para o detergente lava-louças neutro comercial.

Tempo (min)	Detergente com extrato (mL)	Detergente comercial (mL)
0	810	800
1	810	750
5	730	580
15	650	410

Fonte: De autoria própria.

Os volumes iniciais de espuma para os dois detergentes foram bem similares, sendo 810 mL para o detergente com o extrato e 800 mL para o detergente comercial. Com o passar dos minutos, notou-se que o detergente com extrato de *Agave sisalana* apresentou uma variação de resultados bem menor que o detergente comercial. Resultando em uma diferença significativa nos volumes finais, sendo 650 mL para o detergente com o extrato e 410 mL para o detergente comercial. Em virtude da estabilidade do volume de espuma, relata-se que o detergente lava-louças com extrato de *Agave sisalana* apresentou melhores resultados em comparação com o detergente lava-louças comercial.

O resultado deste teste está diretamente relacionado à presença de saponinas no extrato da *A. sisalana*. Como o próprio nome sugere, a saponina é derivada da palavra *desapo*, que significa sabão em latim. Esses glicosídeos desempenham a função de tensoativos naturais, que podem substituir ou associar-se a tensoativos sintéticos convencionais (CURBELO, 2006; RIBEIRO *et al.*, 2013). As saponinas, além de formarem uma quantidade de espuma satisfatória, não requerem estabilizadores adicionais, ou seja, produzem uma espuma estável (EL AZIZ; ASHOUR; MELAD, 2019; RAI *et al.*, 2021).

7 CONCLUSÃO

Diante dos resultados expostos, conclui-se que a incorporação da *Agave sisalana* em produtos saneantes representa uma ótima alternativa na busca de novas matérias-primas naturais, desempenhando a função de umectante e/ou emoliente, devido à alta composição de carboidratos (g/100g), além de diversas possibilidades de atividades biológicas, pela presença dos metabólitos secundários.

Após a caracterização fitoquímica, foi comprovada a presença de taninos, flavonoides e saponinas, podendo ser utilizados como princípio ativo e assim agregar características antioxidante, anti-inflamatória, analgésica, antimicrobiana, antiviral, antiparasitária, antifúngica e/ou tensoativa aos produtos. Como trata-se de uma matéria-prima natural, grandes variações de parâmetros como idade, sazonalidade, estágio de desenvolvimento, disponibilidade de água e nutrientes e até mesmo a forma de extração podem influenciar no conteúdo de metabólitos secundários presentes.

Com relação ao detergente lava-louças neutro formulado, as análises físico-químicas e de contagem de bactérias heterotróficas apresentaram resultados positivos. Sobre o estudo de estabilidade acelerada, apesar da alteração de cor, todos os outros aspectos analisados permaneceram dentro das especificações definidas, sendo assim obteve-se sucesso.

Através do método por disco de difusão, constatou-se que a presença do isoconservante na formulação do detergente, conferiu atividade antimicrobiana para bactérias gram positivas (*Staphylococcus aureus*) e gram negativas (*Escherichia coli*). Mesmo que o extrato da *Agave sisalana* tenha apresentado um poder inibitório reduzido para *Staphylococcus aureus*, a amostra de detergente lava-louças com o extrato de *Agave sisalana* apresentou a formação de um halo superior aos demais. Desta forma, conclui-se as capacidades antimicrobianas (fórmula do detergente + extrato) foram somadas, resultando em um produto com grande atividade antimicrobiana para bactérias gram positivas.

A avaliação do poder de limpeza do detergente lava-louças com extrato de *Agave sisalana* apresentou melhores resultados comparado com o detergente lava-louças comercial. Logo, conclui-se que as saponinas presentes no extrato atuaram como tensoativo natural ao serem incorporadas na formulação. Portanto, todos os objetivos propostos foram alcançados.

REFERÊNCIAS

- ABIPLA, Associação Brasileira Das Indústrias De Produtos De Limpeza E Afins. **Anuário 2020**. 15. ed. São Paulo: ABIPLA, 2020. Disponível em: http://abipla.org.br/wp-content/uploads/2020/09/Anu%C3%A1rio-2020-ABIPLA_14-09-20_V_compressed.pdf. Acesso em: 24 maio 2022.
- ABIPLA, Associação Brasileira Das Indústrias De Produtos De Limpeza E Afins. **Anuário 2021**. 16. ed. São Paulo: ABIPLA, 2021. Disponível em: https://abipla.org.br/wp-content/uploads/2021/08/10799-DIGITAL-Anu%C3%A1rio-ABIPLA-2021_25-08-21.pdf. Acesso em: 24 maio 2022.
- ALVES, Maria Odete; SANTIAGO, Eduardo Girão; LIMA, Antônio Renan Moreira. **Diagnóstico socioeconômico do setor sisaleiro do Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2005. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482dspace/bitstream/123456789/188/1/2005_SDET_04.pdf. Acesso em: 27 set. 2022.
- AMARAL, L.; JAIGOBIND, A. G. A.; JAISINGH, S. **Detergente doméstico**. Dossiê Técnico – TECPAR/SBRT. Instituto de Tecnologia do Paraná. 2021. Disponível em: <http://respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/Mjg2>. Acesso em: 06 maio 2022.
- BARBOSA, André Borges; SILVA, Roberto Ribeiro da. Xampus. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 2, p. 3-6, 1995. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc02/quimsoc.pdf>. Acesso em: 06 maio 2022.
- BARRÊTO, Artur Franco; ARAÚJO, Egberto; BONIFÁCIO, Benedito Ferreira. Efeitos de extratos de Agave sisalana (Perrine) sobre o ácaro rajado Tetranychus urticae (Koch) e ocorrência de fitotoxidez em plantas de algodoeiro (Gossypium hirsutum L. r. latifolium Hutch). **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 2, p. 207-215, 2010. Disponível em: https://orgprints.org/id/eprint/24509/1/Barr%C3%A1to_Efici%C3%Aancia.pdf. Acesso em: 21 jul. 2022.
- BARRETO, Stella Maria Andrade Gomes. **Utilização do subproduto do beneficiamento do sisal (Agave sisalana Perrine): desenvolvimento de nanoemulsões cosméticas e avaliação da segurança e eficácia**. 2017. 117f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.
- BARRETO, Stella Maria Andrade Gomes *et al.* In vitro and in vivo antioxidant activity of Agave sisalana agro-industrial residue. **Biomolecules**, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2218-273X/10/10/1435>. Acesso em: 25 set. 2022.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911 – 917, 1959. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/o59-099>. Acesso em: 23 maio 2022.
- BOTURA, Mariana Borges. **Avaliação anti-helmíntica e toxicológica de extratos e frações do resíduo de Agave Sisalana Perr. (SISAL) sobre nematoides gastrintestinais de caprinos**. 2011. Tese (Doutorado Acadêmico em Biotecnologia) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santa, 2011.

BOTURA, Mariana Borges *et al.* In vitro ovicidal and larvicidal activity of *Agave sisalana* Perr.(sisal) on gastrointestinal nematodes of goats. **Veterinary Parasitology**, v. 192, p. 211-217, fev. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.10.012>. Acesso em: 20 maio 2022.

BRASIL. Resolução RDC Nº 13, 28 de Fevereiro de 2007. Aprova o Regulamento Técnico para Produtos de Limpeza e Afins harmonizado no âmbito do Mercosul, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, Fevereiro, 2007.

BRASIL. Resolução RDC Nº 30, 04 de Julho de 2011. Substitui a lista de substâncias de ação conservante permitidas para produtos saneantes constante do Anexo da Resolução - RDC n. 35/2008 e revoga a Resolução - RDC n. 58/2009. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, Julho, 2011.

BRASIL. Resolução RDC Nº 40, 05 de Junho de 2008. Aprova o Regulamento Técnico para Produtos de Limpeza e Afins harmonizado no âmbito do Mercosul através da Resolução GMC nº 47/07. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, Junho, 2008.

BRASIL. Resolução RDC Nº 59, 22 de Dezembro de 2010. Dispõe sobre os procedimentos e requisitos técnicos para a notificação e o registro de produtos saneantes e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, Dezembro, 2010.

BRASIL. Resolução RDC Nº 79, 28 de Agosto de 2000. Anexo II Lista de substâncias de ação conservante permitidas para produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, Agosto, 2000.

BRASIL. Resolução RDC Nº 360, 23 de Dezembro de 2003. Aprova o documento sobre Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados em complemento às Resoluções GMC nº 44/03 e nº 46/03. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, Dezembro, 2003. CORRÊA, Marcos Antônio. **Cosmetologia: ciência e técnica**. São Paulo: Editora Medfarma, 2012.

CARNEIRO, Janáira Lopes dos Santos. **Caracterização de acessos de sisal usando descritores da planta e da fibra**. 2016. 118 f. Tese (Doutorado Acadêmico em Recursos Genéticos Vegetais) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2016.

CECCHI, Heloisa Máscia. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Editora da Unicamp, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.7476/9788526814721>. Acesso em: 18 abr. 2022.

COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL APPC. **O que é o grau Brix?** Disponível em: https://appc.coop.br/pt_br/2019/11/08/o-que-e-o-grau-brix/. Acesso em: 17 jun. 2022. DALTIM, Decio. Introdução e Primeiros Conceitos. In: DALTIM, Decio. **Tensoativos: química, propriedades e aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2011, cap. 1, p. 1-43. Disponível em: <http://www.usp.br/massa/2014/qfl2453/pdf/Tensoativos-livrodeDecioDaltin-Capitulo1.pdf>. Acesso em: 5 set. 2022.

COSIBRA, Companhia Sisal do Brasil. **Sisal Brasil – Informativo**. 2020. Disponível em: https://www.cosibra.com.br/blog_ver.php?id=9#:~:text=A%20produ%C3%A7%C3%A3o%20brasileira%20de%20sisal,pela%20Conab%20no%20ano2000. Acesso em: 10 out. 2022.

COUTINHO, W. M *et al.* A Podridão do tronco de sisal. **Embrapa Algodão-Comunicado Técnico (INFOTECAE)**, Campina Grande, 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/276727>. Acesso em: 28 maio 2022.

CUNHA, Marília Caroline Freire. **Análise do processo de gestão de custos dos agentes que compõem a cadeia produtiva da cultura do sisal no estado da Paraíba**. 2010. 95f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

CUNHA NETO, Israel Lopes da; MARTINS, Fabiano Machado. Anatomia dos Órgãos Vegetativos de *Agave Sisalana Perrine Ex Engelm* (Agavaceae). **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 2, p. 72–78, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/2251>. Acesso em: 27 maio 2022.

CURBELO, F. D. S. **Recuperação Avançada de Petróleo Utilizando Tensoativos**. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

DORMAN H. J. D.; DEANS S. G. Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. **Journal of Applied Microbiology**, v.88, p. 308-316, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2000.00969.x>. Acesso em: 28 out. 2022.

DUNDER, R. J. *et al.* Anti-inflammatory and analgesic potential of hydrolyzed extract of *Agave sisalana Perrine ex Engelm.*, Asparagaceae. **Brazilian Journal Of Pharmacognosy**, v. 3, n. 20, p. 376-381, jul. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfar/a/w83sQySQMRnHgvcgZ4VDtjN/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 26 jul. 2022.

EL AZIZ, Maher Mohamed Abed; ASHOUR, Aziza Said; MELAD, Al Sadek Gomha. A review on saponins from medicinal plants: chemistry, isolation, and determination. **Journal of Nanomed Research**, v. 7, p. 282-288, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.15406/jnmr.2019.07.00199>. Acesso em: 21 nov. 2022.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sisal**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/sisal>. Acesso em: 19 jun. 2022.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Extrato do sisal é testado como inseticida contra o *Aedes aegypti***. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/8841447/extrato-do-sisal-e-testado-como-inseticida-contra-o-aedes-aegypti>. Acesso em: 19 jun. 2022.

FARIA, Mário Marcos de Santana *et al.* Composição bromatológica do co-produto do desfibramento do sisal tratado com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 377-382, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000300001>. Acesso em: 12 out. 2022.

FOGAÇA, Jennifer. **A história dos sabões e detergentes**. PIBID Química. Sobral, 2013. Disponível em: <http://pibidquimica2011.blogspot.com/2013/05/a-historia-dos-saboes-edetergentes.html>. Acesso em: 13 maio 2022.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas Medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000200026>. Acesso em: 25 set. 2022.

GONÇALVES, Edilene *et al.* **Tensoativos biodegradáveis**. Amparo, 2015. Disponível em: https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2018/06/23tensoativos_biodegradaveis.pdf. Acesso em: 11 jun. 2022.

GUEDES, Letícia Marineli. **Desenvolvimento, análise cinética e avaliação sensorial em Humanos de formulação cosmética contendo polpa de cajá (spondias mombin l.)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

GUTIÉRREZ, A.; RODRÍGUEZ, I. M.; DEL RÍO, J. C. Chemical composition of lipophilic extractives from sisal (*Agave sisalana*) fibers. **Industrial Crops and Products**, v. 28, p. 81-85, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.01.008>. Acesso em: 10 out. 2022.

HAMMUEL, Chrinius *et al.* Phytochemical and antimicrobial screening of methanol and aqueous extracts of *Agave sisalana*. *Acta Poloniae Pharmaceutica, Zaria*, v. 68, n. 4, p. 535-539, 2011. Disponível em: https://ptfarm.pl/pub/File/acta_pol_2011/4.2011/535-539.pdf. Acesso em: 25 set. 2022.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola – Lavoura Permanente**. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/pesquisa/15/12040>. Acesso em: 10 out. 2022.

IAL, INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Químicos Físicos para Análise de Alimentos**. 1 ed. Online. São Paulo: IAL, 2008. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf. Acesso em: 23 maio 2022.

KERIKO, J. M.; MUTUA, M. M. Insecticidal activities of the sisal plant, *Agave sisalana*, Agavaceae extracts against white termites, *Reticulitermes flavipes* (Kollar) Rhinotermitidae. **Journal of Agriculture, Science and Technology**, v. 10, p. 70-75, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.4314/jagst.v10i1.31741>. Acesso em: 12 out. 2022.

LABORCLIN. **Aquacult**. 2019. Disponível em: https://www.laborclin.com.br/wp-content/uploads/2019/05/aquacult_bula_25012019-1.pdf. Acesso em: 28 maio 2022.

LACERDA, Maria Regina Beltrão *et al.* Physical and Chemical characteristics of coir Dust and sisal residue for seedling production of sabiá (*Mimosa casalpiniaefolia* Benth). **Rev. Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 163-170, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000200002>. Acesso em: 12 out. 2022.

LI, Yan; MAI, Yiu-Wing Mai; YE, Lin. Sisal fibre and its composites: a review of recent developments. **Composites Science Technology**, v. 60, p. 2037-2055, 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0266-3538\(00\)00101-9](https://doi.org/10.1016/S0266-3538(00)00101-9). Acesso em: 21 jul. 2022.

LÓPEZ-ROMERO, J. C. *et al.* Biological activities of Agave by-products and their possible applications in food and pharmaceuticals. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, p. 2461-2474, 2018.

MACHADO, Gustavo Bittencourt. Da identidade de resistência à identidade de projeto no Território do Sisal, (Bahia): o caso da Apaeb-Valente. **XLIV Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural (SOBER)**, jul. 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22004/ag.econ.149440>. Acesso em: 11 jul. 2022.

MARTIN, A. R.; MATTOSO, M. A. M. L. H. C.; SILVA, O. R. R. F. Caracterização química e Estrutural de Fibra de Sisal da Variedade Agave sisalana. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 19, n. 1, p. 40-46, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-14282009000100011>. Acesso em: 25 jul. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Biodiversidade**. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade>. Acesso em: 20 nov. 2022.

MIRANDA, Gilbert Patsayev Marreiro. Agave sisalana, o ouro verde do sertão: o mundo do trabalho e os espaços de resistência narrados pela memória dos velhos sisaleiros do semi-árido paraibano (1970-1990). **XXVI Simpósio Nacional de História-ANPUH**, São Paulo, jul. 2011. Disponível em: http://www.snh2011.anpuh.org/resources/anais/14/1308129272_ARQUIVO_ARTIGOSNH2011TEXTOREVISTO.pdf. Acesso em: 11 jul. 2022.

MISIRLI, Gabriel Mustafá. **Formulando Detergente Lava-louça**. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/37460307/Formulando-Detergente>. Acesso em: 08 dez. 2021.

MONJA-MIO, K. M. *et al.* Estratégias de melhoramento para melhorar a produção de Agave (*Agave spp.*). **Avanços em Estratégias de Melhoramento de Plantas: Culturas Industriais e Alimentares**, p. 319-362, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-030-23265-8_10. Acesso em: 21 jul. 2022.

NITSCHKE, M.; PASTORE, G. M. **Biossurfactantes**: propriedades e aplicações. *Química Nova*, Campinas, v. 25, n. 5, p. 772-776, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/sBY9nNYxC5zN5wK3gxLsK9p/?lang=pt>. Acesso em: 07 maio 2022.

NUNES, F. C. *et al.* The larvicidal activity of Agave sisalana against L4 larvae of *Aedes aegypti* is mediated by internal necrosis and inhibition of nitric oxide production. **Parasitology research**, v. 114, p. 543-549, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00436-014-4216-y>. Acesso em: 12 out. 2022.

OASHI, M. C. G. **Estudo da cadeia produtiva como subsídio para pesquisa e desenvolvimento do agronegócio do sisal na Paraíba**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

PENTEADO, J. C. P.; SEOUD, O. A. E.; CARVALHO, L. R. F. Alquilbenzeno Sulfonato Linear: uma abordagem ambiental e analítica. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 5, p. 1038-1046, 2006. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/qn/v29n5/31068.pdf>. Acesso em 12 de out. de 2022.

QUEIROGA, Vicente de Paula *et al.* **Sisal (Agave sisalana, Perrine) Tecnologias de plantio e utilização**. Campina Grande: Associação da Revista Eletrônica A Barriguda – AREPB, 2021.

RAI, Summi *et al.* Plant-Derived Saponins: A Review of Their Surfactant Properties and Applications. **Sci**, v. 3, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/sci3040044>. Acesso em: 10 out. 2022.

REMUSSI, C. **Plantas têxteis: su cultivo e industrializacion**. Barcelona: Salvat, 1956.

RIBEIRO, Bernado Dias *et al.* Functional properties of saponins from sisal (*Agave sisalana*) and juá (*Ziziphus joazeiro*): Critical micellar concentration, antioxidant and antimicrobial activities. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 436, p. 736-743, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2013.08.007>. Acesso em: 10 out. 2022.

ROSEN, M. J.; KUNJAPPU, J. T. **Surfactants and Interfacial Phenomena**. 4. ed. New York: Interscience Publication, 1978. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=pdTsgREZp5QC&oi=fnd&pg=PR15&dq=Rosen,+M.+J.+Surfactants+and+Interfacial+Phenomena.+1%C2%AA+Ed.,+New+York:+Interscience+Publication,+1978.&ots=-87G3kuOqP&sig=LoaOtf485V8U0rz8GYoYfeelbs#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 25 jun. 2022.

SANTOS, Edinusia Moreira Carneiro; SILVA, Onildo Araújo da. Sisal in Bahia-Brazil. **Mercator**, Fortaleza, v. 16, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.4215/rm2017.e16029>. Acesso em: 21 jul. 2022.

SANTOS, F. K. G. *et al.* Determinação da Concentração Micelar Crítica de Tensoativos Obtidos a partir de Óleos Vegetais para Uso na Recuperação Avançada de Petróleo. **IV Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás**, Campinas, 2007. Disponível em: http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/4/resumos/4PDPETRO_2_1_0072-2.pdf. Acesso em: 11 jul. 2022.

SANTOS, J. D. G. *et al.* Antimicrobial activity of *Agave sisalana*. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 22, p. 6181-6184, 2009. Disponível em: <https://www.ajol.info/index.php/ajb/article/view/66119>. Acesso em: 27 set. 2022.

SANTOS, M. B. O. **Alternativas para a região sisaleira: o caso APAEB-Valente**. 1999. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1999.

SILVA, Odilon Reny Ribeiro Ferreira da *et al.* Cultivo do sisal no Nordeste Brasileiro. **Circular Técnica**, Campina Grande, 2008. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/278171>. Acesso em: 21 jul. 2022.

SILVEIRA, Roberta Xavier *et al.* Influência do resíduo líquido do sisal (Agave sisalana, Perrine) sobre a alimentação larvar e motilidade de adultos, in vitro, de nematóides gastrintestinais de pequenos ruminantes. **Embrapa Pecuária Sudeste**, 2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/575639/influencia-do-residuo-liquido-do-sisal-agave-sisalana-perrine-sobre-a-alimentacao-larvar-e-motilidade-de-adultos-in-vitro-de-nematoides-gastrintestinais-de-pequenos-ruminantes>. Acesso em: 30 set. 2022.

SOARES, J. H. M.; ARRUDA, D. R.; AMARANTE, P. A. Transformações tecnológicas e econômicas do sisal no Nordeste do Brasil. **Research, Society and Development**, São Paulo, v. 11, n. 5, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i5.27847>. Acesso em: 25 jul. 2022.

SOLOMONS, T. W. G.; FRYHLE, C. B. **Química Orgânica**, 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

TEDESCO, José Otávio Silva. **Desenvolvimento e avaliação de detergente lava roupas líquido com nova formulação a partir de produtos do portfólio de empresa do setor**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química) – Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, Lorena, 2018.

VIEIRA, Juliana Patrícia de Luna. **Avaliação das atividades antimicrobiana, antioxidante e de citotoxicidades de produtos extraídos da Agave sisalana Perrine**. Orientador: Prof. Dr. José Alexandro da Silva. 2014. 64f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas - PPGCF) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

ZAGO NETO, Odone Gino; PINO, José Claudio Del. **Trabalhando a Química dos Sabões e Detergentes**. 1997. Disponível em <http://www.iq.ufrgs.br/aeq/html/publicacoes/matdid/livros/pdf/sabao.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2022.