

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA (PEQ-UFS)

BIANCA MACÊDO DE ARAÚJO

**AVALIAÇÃO DE EMULSÕES FOTOPROTETORAS PRODUZIDAS COM
ÓLEO DE SEMENTES DE *MORINGA OLEÍFERA***

São Cristóvão (SE)

2021

BIANCA MACÊDO DE ARAÚJO

**AVALIAÇÃO DE EMULSÕES FOTOPROTETORAS PRODUZIDAS COM
ÓLEO DE SEMENTES DE *MORINGA OLEÍFERA***

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Química,
como requisito parcial à obtenção do
título de Mestre em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Edilson de Jesus

São Cristóvão (SE)

2021

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

Araújo, Bianca Macêdo de
A663a Avaliação de emulsões fotoprotetoras produzidas com óleo de
sementes de moringa oleífera / Bianca Macêdo de Araújo ;
orientador Edilson de Jesus. - São Cristóvão, 2021.
42 f.; il.

Dissertação (mestrado em Engenharia Química) – Universidade
Federal de Sergipe, 2020.

1. Engenharia química. 2. Misturas (Química). 3. Pele –
Cuidado e higiene. 4. Óleos vegetais. I. Jesus, Edilson de Orient.
II. Título.

CDU 66.07

BIANCA MACÊDO DE ARAÚJO

**AVALIAÇÃO DE EMULSÕES FOTOPROTETORAS PRODUZIDAS COM
ÓLEO DE SEMENTES DE *MORINGA OLEÍFERA***

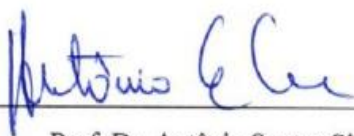
Dissertação de Mestrado aprovada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Química da Universidade Federal de Sergipe em 10 de agosto de 2021.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Edilson de Jesus Santos

Prof. Dr. Edilson de Jesus – Orientador Universidade
Federal de Sergipe



Prof. Dr. Antônio Santos Silva
Universidade Federal de Sergipe



Prof. Dra. Ana Paula Brescancini Rabelo
Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela graça de chegar até aqui, me permitindo viver este momento.

À minha família por todo o amor, apoio e compreensão dados ao longo desses anos. Aos meus avós Jurivê, Leonor e Rosa, por me ensinarem os maiores valores da vida e a importância da família. Aos meus pais, Vanusa e Pedro, por todas as dificuldades enfrentadas para priorizar minha educação. Agradeço especialmente, à minha mãe e meu irmão, Bruno, pelas palavras de incentivo que me fizeram continuar, todas as vezes que pensava em desistir.

Aos amigos conquistados durante todo o período acadêmico, por compartilharem comigo momentos bons e ruins, que, sem dúvidas, foram muito importantes na minha chegada até aqui e que levarei para sempre em minha vida.

Ao meu orientador Professor Dr. Edilson de Jesus por toda a paciência e humildade em todas as vezes que a dúvida surgiu.

A Universidade Federal de Sergipe – UFS, campus de São Cristóvão – SE, por todo o suporte no uso de laboratórios e equipamentos.

Espero deixar este mundo com a mesma simplicidade que o enfrentei até hoje, sem anseios por bens materiais, sem ódios e sem invejar ninguém, por nada.

Jurivê de Macêdo.

RESUMO

Neste trabalho, foi avaliada a capacidade de fotoproteção de emulsões cosméticas produzidas com óleo extraído de sementes de *moringa oleífera*. Em relação ao óleo, o fator de proteção solar (FPS) apresentado foi de 1,07 na concentração de 20 $\mu\text{L mL}^{-1}$, a identificação de compostos voláteis apresentou alta concentração de ácido oleico (87,74%), a concentração de fenóis totais encontrada foi de 15,07 mg EAG g^{-1} de óleo, a atividade antioxidante, determinada por IC_{50} e pelo índice de atividade antioxidante (IAA), foi de $\text{IC}_{50} = 925,12 \mu\text{g mL}^{-1}$ e $\text{IAA} = 0,06$, e a concentração de habilidade quelante foi de 53,58%. A emulsão foi preparada com o óleo de sementes de *moringa oleífera* como fase oleosa e fazendo mistura de tensoativos, utilizando o Procetyl AWS (Croda) como tensoativo e o ácido oleico (Synth) como cotensoativo na proporção de 2:1. As emulsões preparadas com 5% de óleo em sua formulação mostraram fator de proteção solar acima de 27, diferente das emulsões preparadas com 10% de óleo que apresentaram fator de proteção solar abaixo de 14. Duas emulsões preparadas sem a adição de ácido oleico em sua formulação não apresentaram separação de fases, apresentando FPS semelhante às formulações com adição de ácido oleico. As emulsões obtidas apresentaram comportamento de fluidos pseudoplásticos, de acordo com a curva de viscosidade em função da velocidade de rotação (rpm) realizada por análise em reômetro (Brookfield, DV-III Ultra), o que possibilita melhor espalhamento na pele. Portanto, o uso de óleo de sementes de *moringa oleífera* mostrou potencialidade para produção de emulsões fotoprotetoras.

Palavras-chave: Emulsão; Fator de Proteção Solar; óleo de *Moringa Oleífera*.

ABSTRACT

The photoprotection capacity of cosmetic emulsions produced with oil extracted from oily moringa seeds was evaluated. In relation to oil, the sun protection factor (SPF) presented was 1.07 at a concentration of 20 $\mu\text{L mL}^{-1}$, the identification of volatile compounds showed a high concentration of oleic acid (87.74%), the concentration of phenols total found was 15.07 mg EAG g^{-1} of oil, the antioxidant activity, determined by IC_{50} and antioxidant activity index (IAA), was $\text{IC}_{50} = 925.12 \mu\text{g mL}^{-1}$ and $\text{IAA} = 0.06$, and the concentration of chelating ability was 53.58%. The emulsion was prepared with moringa oil seed oil as oily phase and making a mixture of surfactants, using Procetyl AWS (Croda) as surfactant and oleic acid (Synth) as cosurfactant in the proportion of 2:1. Emulsions prepared with 5% oil in their formulation showed a sun protection factor above 27, different from emulsions prepared with 10% oil which presented a sun protection factor below 14. Two emulsions prepared without the addition of oleic acid in their formulation did not show phase separation, presenting SPF similar to formulations with the addition of oleic acid. The emulsions obtained presented the behavior of pseudoplastic fluids, according to the viscosity curve as a function of the rotation speed (rpm) performed by rheometer analysis (Brookfield, DV-III Ultra), which allows for better spreading on the skin. Therefore, the use of oil from oily moringa seeds showed potential for the production of photoprotective emulsions.

Keywords: Emulsion; Solar protection factor; *Moringa Oleifera* oil.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação do EE I para os comprimentos de onda de 290 a 320 nm.....	23
Tabela 2 - Composição das formulações fotoprotetoras.	24
Tabela 3 - Composição das soluções inertes.	25
Tabela 4 - Composição das amostras sem ácido oleico.	25
Tabela 5 – Espécies voláteis identificadas no óleo de sementes de moringa.....	28
Tabela 6 – Atividade antioxidante (IC ₅₀ e IAA), concentração de fenóis totais, habilidade quelante e fator de proteção solar (FPS) do óleo.	29
Tabela 7 – Massas e volumes específicos das emulsões e seus constituintes.	32
Tabela 8 – FPS das emulsões, soluções inertes e amostras sem ácido oleico em diferentes concentrações.....	32
Tabela 9 – Viscosidade média das emulsões E ₃ e E ₄ nas temperaturas de 36,5°C e 40°C.	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma representativo das metodologias.	20
Figura 2 – Diagrama de fases pseudoternário formado por Procetyl: Ácido oleico (2: 1), óleo e água.	31
Figura 3 – viscosidade em função da velocidade de rotação (rpm) das emulsões E ₃ e E ₄	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DA LITERTURA.....	14
2.1	Emulsões	14
2.2	Fator de proteção solar (FPS)	15
2.3	Óleos vegetais e suas propriedades.....	16
2.4	Métodos de extração de óleos vegatais	18
3	MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1	Materiais.....	20
3.2	Caracterização do óleo de sementes de <i>moringa oleífera</i>	20
3.2.1	Análise e identificação dos compostos voláteis	21
3.2.2	Determinação de fenóis totais	21
3.2.3	Determinação da atividade antioxidante	22
3.2.4	Determinação do fator de proteção solar (FPS) do óleo	22
3.2.5	Determinação da habilidade quelante	23
3.3	Construção do diagrama de fases pseudoternário e preparo das emulsões	24
3.4	Caracterização das emulsões	25
3.4.1	Determinação do fator de proteção solar (FPS) <i>in vitro</i> das emulsões.....	26
3.4.2	Comportamento da viscosidade das emulsões	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1	Caracterização do óleo de sementes de <i>moringa oleífera</i>	28
4.2	Construção do diagrama de fases pseudoternário e preparo das emulsões	30
4.3	Caracterização das emulsões	31
5	CONCLUSÃO.....	36
	REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

Segundo Catelan et al. (2019), a exposição excessiva ao sol, associada à falta de proteção solar, representa um dos maiores riscos para a ocorrência de câncer de pele e fotoenvelhecimento. A busca por proteção solar se intensificou nas últimas décadas, sendo observado aumento da consciência humana sobre os efeitos nocivos da radiação UV no corpo humano e na saúde à medida que os efeitos nocivos do sol se tornaram mais conhecidos e divulgados (Jarzycka et al., 2013). De acordo com Almeida et al. (2019), esses efeitos nocivos à saúde podem ser minimizados com a aplicação diária de produtos fotoprotetores ou multifuncionais.

Segundo a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 30 de 1º de junho de 2012 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) (Brasil, 2012), os filtros solares são preparações tópicas destinadas a proteger a pele dos efeitos nocivos da radiação ultravioleta com um valor mínimo de fator de proteção solar (FPS) de 6. De acordo com Catelan et al. (2019), existem também produtos multifuncionais em que o principal objetivo da formulação não é a fotoproteção, pois são produtos de higiene pessoal e/ou cosméticos contendo informações no rótulo sobre a presença de componentes de filtragem de radiação UV na pele, com valor mínimo de FPS de 2.

Vários veículos podem ser usados na preparação de formulações cosméticas, Lachman, Lieberman e Kaning (2001), consideram as emulsões os mais indicados por apresentarem constituintes hidro e lipossolúveis, promovendo maior hidratação à pele. Segundo Daltin (2011), Lachman, Lieberman e Kaning (2001) e Terescenco et al. (2018), para obter emulsões mais estáveis são adicionados tensoativos, que é um tipo de molécula que apresenta parte com característica hidrofílica ligada a outra parte com característica lipofílica, de modo a formar um filme molecular ordenado na interface das emulsões, reduzindo as tensões interfaciais e superficiais.

Badea et al. (2015) e Mercurio et al. (2015), utilizaram óleos e extratos vegetais para avaliar o efeito fotoprotetor e atividade antioxidante em formulações cosméticas e chegaram à conclusão que os materiais vegetais são ingredientes eficazes e podem melhorar significativamente o desempenho de formulações fotoprotetoras, evitando danos e inflamações no DNA induzidas por UV. Dentre os óleos vegetais que podem ser utilizados para fins cosméticos, têm-se o óleo de sementes de *moringa oleífera*. As sementes de moringa contêm

35% a 45% de óleo com alta concentração de ácido oleico, a composição do óleo é excepcional em termos de estabilidade (Padayachee e Baijnath, 2019).

Estudos sobre a análise da composição de ácidos graxos do óleo de sementes de moringa indicaram que o óleo continha 76,3% de ácidos graxos insaturados e entre eles 72,3% era o ácido oleico (Chen, Wang, X. J., et al., 2019). Resultados semelhantes foram encontrados por Sánchez-Machado et al. (2015) e Zhong et al. (2018), onde relataram que o óleo de sementes de moringa continha mais de 70% de ácidos graxos insaturados e tinha boa capacidade antioxidante. De acordo com Ayerza (2019), os óleos vegetais com alto teor de ácido oleico são muito estáveis e podem ajudar na estabilização de emulsões cosméticas.

O óleo de sementes de *moringa oleífera* se torna popular e é adequado para aplicações comestíveis e não comestíveis (como óleo de cozinha, biodiesel e cosméticos), devido às suas propriedades saudáveis e excelente estabilidade oxidativa (Zhong et al., 2018). Portanto, o uso do óleo de sementes de *moringa oleífera* em formulação fotoprotetora visa agregar valor ao óleo, que é comumente usado na produção de biocombustível, buscar o desenvolvimento de novos produtos e avaliar a potencialidade de emulsão cosmética com fator de proteção solar.

O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar a capacidade de fotoproteção de emulsões produzidas com óleo de sementes de moringa oleífera. Os objetivos específicos desta pesquisa foram: extrair óleo de sementes de moringa por prensagem a frio; identificar os constituintes voláteis do óleo por meio de cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas (CG-MS); determinar o teor de compostos fenólicos totais do óleo; determinar a atividade antioxidante (IC_{50}) e (IAA) do óleo; determinar a habilidade quelante do óleo; preparar emulsões utilizando o óleo de sementes de moringa como fase oleosa; construir o diagrama de fases pseudoternário a partir das formulações de emulsões; determinar o fator de proteção solar (FPS) do óleo e das emulsões; caracterizar o comportamento da viscosidade das emulsões.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Esta revisão apresenta estudos a respeito de emulsões, cristais líquidos, fator de proteção solar (FPS), destacando alguns malefícios que a radiação ultravioleta (UV) pode causar à saúde, bem como pesquisas sobre óleos vegetais e suas propriedades.

2.1 Emulsões

Emulsão é uma mistura termodinamicamente instável de dois líquidos praticamente imiscíveis. Quando os dois líquidos imiscíveis são agitados mecanicamente, no início, ambas as fases tendem a formar gotículas. Quando se para a agitação, as gotículas coalescem rapidamente e os dois líquidos se separam. Os tipos mais comuns de emulsões farmacêuticas, ou cosméticas, incluem a água como uma das fases e óleo como a outra fase (Lachman, Lieberman e Kaning, 2001).

As emulsões não são sistemas estáveis, portanto, é aceito que emulsificantes ou surfactantes sejam usados para estabilizar a matriz de emulsões (Iqbal et al., 2016). Segundo Lachman, Lieberman e Kaning (2001) o tempo de vida das gotículas aumenta quando se adiciona tensoativo aos dois líquidos imiscíveis, embora só uma fase da emulsão, chamada fase interna, continue a formar gotículas por algum tempo. O tensoativo atua como estabilizante da forma da gotícula da fase interna. Tendo por base a sua estrutura, os tensoativos podem ser descritos como moléculas que possuem duas partes distintas: uma parte hidrofílica e uma hidrofóbica. Devido à sua estrutura anfifílica, os tensoativos podem formar estruturas diferentes em soluções, como cristais líquidos, do tipo hexagonal, lamelar ou cúbico.

Se as gotículas do óleo são dispersas numa fase aquosa contínua, a emulsão diz-se de óleo em água (O/A), se pelo contrário o óleo é a fase contínua, a emulsão é do tipo água em óleo (A/O). É observado, por vezes, que as emulsões O/A mudam para emulsões do tipo A/O e vice-versa. Esta alteração do tipo de emulsão é conhecida como inversão de fases de uma emulsão. No que diz respeito ao tipo de emulsão, as emulsões O/A são mais úteis como base de fármacos laváveis e para os propósitos gerais dos cosméticos. Emulsões de óleo em água (O/A) são comumente usadas em várias aplicações industriais, como na indústria de alimentos, farmacêutica ou cosmética (Lachman, Lieberman e Kaning, 2001).

Em estudos sobre a influência na textura das emulsões em relação a sua composição, Dubuisson et al. (2018) observaram que o aumento da proporção da fase oleosa na emulsão

aumenta principalmente a consistência, a força de penetração e a viscosidade residual dos cremes. Em relação ao comportamento reológico de emulsões cosméticas, Wijarnprecha et al. (2019), consideram o comportamento pseudoplástico adequado às formulações de uso tópico, pois após o cisalhamento (aplicação de força de espalhabilidade), a resistência inicial para o cosmético fluir diminui, refletindo a melhor aplicação e espalhabilidade.

Ao considerar emulsões cosméticas que possuem padrões estéticos a serem completados (textura, consistência, conveniência de aplicação, cor, fragrância etc.), sua composição se torna complexa, pois consiste em vários componentes como óleo, água, surfactantes, corantes, fragrâncias, conservantes e vitaminas. Cada ingrediente desempenha um papel nas propriedades da emulsão, tornando importante o entendimento de suas propriedades individuais, bem como as possíveis interações com outros ingredientes (Terescenco et al., 2018).

2.2 Fator de proteção solar (FPS)

Segundo Singer, Karrer e Berneburg (2019), a radiação ultravioleta (UVR) varia de 100 a 380 nm e pode ser subclassificada em UVA (320-380 nm), UVB (280-320 nm) e UVC (100-280 nm). O UVA penetra na derme e danifica o DNA produzindo espécies reativas de oxigênio. É o principal colaborador do fotoenvelhecimento. O UVB, por outro lado, é responsável pelas queimaduras solares, pois danifica diretamente o DNA. Já o UVC não penetra a superfície terrestre devido à sua absorção na camada de ozônio. (Cohen e Grant, 2016; Yeager e Lim, 2019).

Conforme dito na RDC nº 30 de 01 de junho de 2012 (Brasil, 2012), protetor solar é qualquer forma de preparação cosmética que será utilizada em contato direto com a pele e com os lábios a fim de protegê-los contra as radiações UVB e UVA, absorvendo, dispersando ou refletindo a radiação. Com isso, para evitar os danos causados pela radiação UV, é indicado que se use algum tipo de proteção.

De acordo com Mercurio et al. (2015), formuladores de cosméticos e dermatologistas fazem destaque a combinações contendo filtros UV, antioxidantes e extratos naturais para uso em produtos cosméticos, com base em seus importantes benefícios para a pele. Essas substâncias podem aumentar a proteção contra a exposição aos raios UV, prevenir o câncer de pele, melhorar a condição da pele e prevenir o envelhecimento. Além de seu papel principal como constituinte natural da fração lipídica, os óleos vegetais também apresentam múltiplos

benefícios para a pele e atividade terapêutica ao neutralizar o estresse oxidativo (Badea et al., 2015).

Badea et al. (2015), avaliaram o uso de vários óleos vegetais no projeto de formulações fotoprotetoras e das sete formulações estudadas, a melhor proteção UV foi garantida pelo creme à base de óleo de semente de romã, resultando em um FPS de 4,1, concluindo que os resultados são úteis para cosméticos convencionais a fim de selecionar óleos vegetais apropriados para o desenvolvimento de produtos fotoprotetores com FPS desejável e maior segurança, usando fontes vegetais naturais.

Almeida et al. (2019), após estudos da atividade fotoprotetora e aumento do FPS na formulação de filtro solar, verificaram que incorporações de extratos de própolis vermelha promovem intensificação do FPS através do efeito sinérgico dos extratos com o filtro sintético empregado, garantindo maior proteção solar. Milani et al. (2018), utilizaram o extrato de subproduto da goiaba para adição da eficácia fotoprotetora de formulação cosmética e verificaram que o extrato apresentou sinergia com o filtro químico UV (etilhexilmetoxicinamato), aumentando o fator de proteção solar do fitocosmético em 17,99%. Varma et al. (2019), no estudo das propriedades antiinflamatórias e de proteção da pele com o uso de óleo de coco virgem, mostraram que o óleo possui proteção contra a radiação UVB e ação antiinflamatória, o que o torna ingrediente importante em formulações cosméticas.

2.3 Óleos vegetais e suas propriedades

Os óleos vegetais são amplamente reconhecidos por seus efeitos benéficos na indústria cosmética, possuindo muitas atividades biológicas e como o aumento da ação bioativa representa condição obrigatória para projetar novas formulações cosméticas, o uso de óleos vegetais e antioxidantes naturais se tornam realmente valioso (Lacatusu et al., 2018). Os materiais vegetais podem melhorar significativamente o desempenho de formulações fotoprotetoras, evitando danos e inflamações no DNA induzidas por UV (Badea et al., 2015; Mercurio et al., 2015).

Moringa oleifera pertence à família *Moringaceae* e é um vegetal com alto valor nutricional e medicinal. A planta é nativa da Índia, mas agora está espalhada para as regiões tropicais e subtropicais do mundo. O gênero é composto por 13 espécies e é conhecido por sua multiplicidade de usos. As folhas são usadas como suplementos nutricionais, as sementes

usadas para purificação da água, o óleo como biocombustível, o tronco como produtor de goma, as flores como fonte de mel e todas as partes da planta também podem ser usadas para fins terapêuticos (Singh et al., 2019).

Muhammad, Asmawi e Khan (2016) e Padayachee e Baijnath (2019), relataram que diferentes partes de *Moringa oleifera*, como raízes, folhas, flores, frutos e sementes, são boas fontes de fitoquímicos/metabólitos secundários. Brilhante et al. (2017) e Daba (2016), verificaram que a *Moringa oleifera* possui mais de 90 compostos químicos nutricionalmente importantes, como proteínas, lipídios, vitaminas, minerais, carboidratos e fibras alimentares. Singh et al. (2019), relataram que todas as partes da planta exibem propriedades farmacológicas como atividades antioxidantes, antidiabéticas, anti-obesidade, anticâncer, hepatoprotetoras, nefroprotetoras, neuroprotetoras, antibacterianas e antivirais. De acordo com Padayachee e Baijnath (2019), há 36 compostos antiinflamatórios que ocorrem naturalmente na árvore.

O óleo é altamente insaturado devido à alta porcentagem de ácido oleico. Além do ácido oleico, outros ácidos graxos proeminentes são os ácidos palmítico (7,8%), esteárico (7,6%) e beênico (6,2%). Segundo Ayerza (2019), A semente de moringa contém 35 a 45% de óleo, considerado ótimo emoliente cosmético natural com base em suas propriedades táteis, quase total ausência natural de cor e odor e alta concentração de ácido oleico (> 73%), obtendo menos de 1% do total de ácidos graxos poliinsaturados. Esse baixo teor de ácidos graxos poliinsaturados fornece ao óleo boa estabilidade, o que é muito apreciado pela indústria cosmética.

De acordo com Zhao et al. (2021), o ácido oleico (AO) apresenta-se amplamente em óleos vegetais e gorduras animais, onde, na indústria farmacêutica tem sido amplamente utilizado em muitas formas de dosagem servindo como intensificador de solubilidade para formulações orais, emulsionante para formulações tópicas e intensificador de penetração para formulações transdérmicas. Segundo Xie et al. (2016), o AO é um surfactante tradicional que possui alto rendimento em plantas e animais, sendo altamente possível melhorar a estabilidade das emulsões quando é adicionado nas formulações. Zou et al. (2020), em estudos sobre a adição de goma guar catiônica e ácido oleico na melhoria da estabilidade de emulsões, relataram que o AO ajudou a formar a estrutura da membrana das emulsões, confirmando que a estabilidade das emulsões foi melhor na sua presença.

O gênero *Moringa* possui alta atividade antioxidante, principalmente devido ao seu alto teor de flavonóides. A maioria dos flavonóides presentes no gênero está na forma de flavonol e glicosídeo. Os flavonóides mais comuns do gênero são rutina, quercetina,

rhamnetina, kaempferol, apigenina e miricetina (Wang et al., 2017). De acordo com Rani, Husain e Kumolosasi (2018), a abundância de conteúdo fenólico nas espécies de moringa confere maior atividade antioxidante, pois os compostos fenólicos têm potencial para estabilizar o radical livre gerado em uma célula doando ou aceitando elétrons, portanto, atua como molécula antioxidante.

2.4 Métodos de extração de óleos vegetais

Existem três métodos principais que foram identificados para a extração de óleos vegetais: extração mecânica, extração por solvente e extração enzimática. De acordo com Atabani et al. (2013), a prensagem mecânica e a extração com solvente são os métodos mais comumente usados para a extração comercial de óleo, sendo a técnica de extração de óleo em prensas mecânicas a prática mais convencional, nesse tipo, pode-se usar uma prensa de êmbolo manual ou uma prensa de parafuso acionada por motor. Segundo Rombaut et al. (2015), a prensagem a frio é geralmente preferida para reter mais componentes benéficos à saúde, como antioxidantes, aumentando o valor nutritivo do óleo

De acordo com Koubaa, Mhemdi e Vorobiev (2016), a prensagem a frio tem importantes vantagens industriais, ou seja, baixo consumo de energia e baixo custo de equipamento. Balboa et al. (2014) estudaram o conteúdo antioxidante de óleo e farinha desengordurada obtida a partir de sementes de borragem por um processo de prensagem a frio e os resultados mostraram que o processo de prensagem a frio melhorou o conteúdo de tocoferol do óleo em comparação à extração por solvente, sugerindo que a desnaturação antioxidante pode ter sido produzida pela alta temperatura aplicada na extração química.

Segundo Atabani et al. (2013), a extração por solvente é a técnica de remoção de um constituinte de um sólido por meio de um solvente líquido, existindo muitos fatores que influenciam a taxa de extração, como o tamanho da partícula, o tipo de líquido escolhido, a temperatura e a agitação do solvente. De acordo com Stratakos e Koids (2016), na extração com solventes orgânicos o material vegetal é misturado com o solvente (geralmente etanol, metanol, hexano ou éter de petróleo) que isola os compostos com os quais tem mais afinidade, a mistura é filtrada e destilada. No entanto, ainda sobram resquícios de solventes, dificultando a aplicação deste óleo em produtos alimentícios ou cosmecêuticos.

Já a técnica de extração de óleo enzimático, de acordo com Atabani et al. (2013), surgiu como uma técnica promissora para extração de óleo, pois, neste processo, enzimas adequadas

são usadas para extrair óleo de sementes trituradas e suas principais vantagens são não prejudicar o meio ambiente e não produzir compostos orgânicos voláteis, no entanto, o longo tempo de processo é a principal desvantagem associada a esta técnica.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

As etapas seguiram conforme fluxograma mostrado na Figura 1.

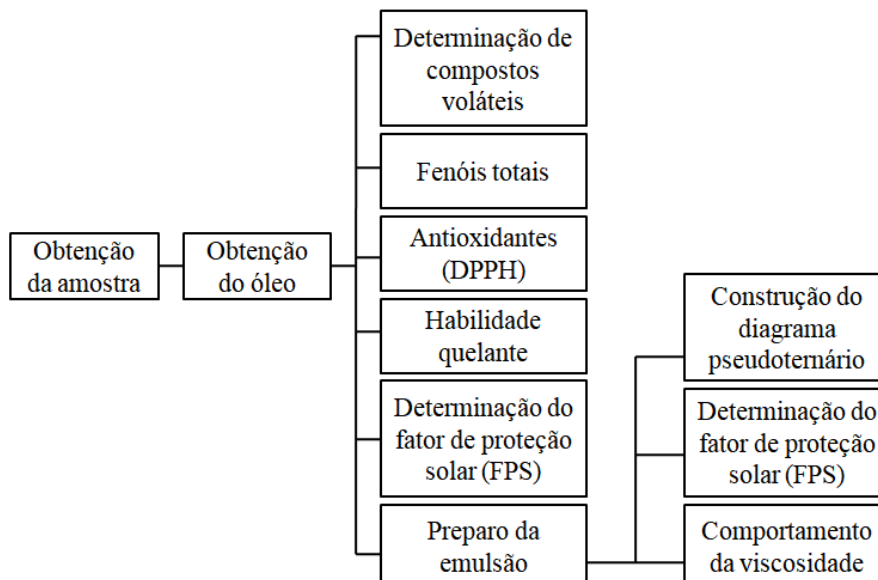


Figura 1 – Fluxograma representativo das metodologias.

3.1 Materiais

As sementes de *moringa oleífera* foram coletadas manualmente (10°55'24.0"S 37°05'58.3"W) na Universidade Federal de Sergipe (UFS), campus de São Cristóvão (Sergipe, Brasil). O óleo de sementes de *moringa oleífera* foi obtido através de extração por prensagem a frio através de prensa hidráulica (MARCON). O FolinCiocalteu, 2,2 difenil-1-picrilhidrazila (DPPH), Cloreto de Ferro e Ferrozina foram fornecidos pela Sigma – Aldrich. O Hidróxido de Potássio, Metanol, Acetato de Etila, Ácido Clorídrico 10%, Sulfato de Sódio Anidro, Hexano e Ácido oleico foram fornecidos pela Dinâmica. O Procetyl AWS foi fornecido pela Croda.

3.2 Caracterização do óleo de sementes de *moringa oleífera*

Na caracterização do óleo quanto aos seus compostos voláteis, concentração de fenóis totais, atividade antioxidante, habilidade quelante e FPS, foram realizadas análises em cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massas – CG-MS – (Shimadzu, GC-2010

Plus; GCMS-QP2010 Ultra) e em espectrofotômetro UV/Vis (BIOSPETRO, modelo SP-220) de acordo com as metodologias citadas a seguir.

3.2.1 Análise e identificação dos compostos voláteis

Os ácidos graxos do óleo de sementes de *moringa oleífera* foram convertidos em seus ésteres metílicos correspondentes por reação em solução de KOH-MeOH, onde, a solução contendo 0,25 g de Hidróxido de Potássio (KOH) (Dinâmica) e 4 mL de Metanol (CH₃OH) (Dinâmica), com todo o KOH dissolvido, foi adicionada a balão de vidro contendo 1 g de óleo de moringa, realizando a reação em refluxo por 3 horas em temperatura de 70°C. Após o término da reação foi feita a separação em funil de separação utilizando 10 mL de Acetato de Etila (Dinâmica), 10 mL de Água destilada e 5 mL de Ácido Clorídrico 10% (Dinâmica). Em seguida foi acrescentado Sulfato de Sódio Anidro (Dinâmica) e filtrado o produto da reação. Foi Preenchido $\frac{3}{4}$ de um tubo de vidro com sílica para purificar e isolar o produto desejado da reação, nessa etapa, foi utilizado o Hexano (Dinâmica). Posteriormente, foram separados os componentes voláteis da amostra no evaporador rotativo.

A identificação dos compostos voláteis presentes no óleo de *moringa oleífera* foi feita em cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massas – CG-MS – (Shimadzu, GC-2010 Plus; GCMS-QP2010 Ultra) equipado com amostrador de injeção automática (Shimadzu, AOC-20i). As separações foram realizadas usando uma coluna capilar de sílica fundida Rtx®-5MS Restek (polissiloxano 5%-difenil-95%-dimetil) de 30 m x 0,25 mm de diâmetro interno (d.i.), 0,25 m de espessura de filme, em um fluxo constante de hélio (99,999%) com taxa de 1,2 mL min⁻¹. Foi utilizado um volume de injeção de 1 µL (10 mg mL⁻¹), com uma razão de split de 1:30. A programação de temperatura do forno utilizada foi a partir de 60°C (isoterma durante 1 min), com um aumento de 6°C / min, à 280°C, terminando com uma isoterma de 10 min a 280°C. Os fragmentos foram analisados por um quadrupolo programado para filtrar fragmentos/íons com m/z na ordem de 40 a 500 Da e detectados por um multiplicador de elétrons.

3.2.2 Determinação de fenóis totais

A concentração de fenóis totais presente no óleo de *moringa oleífera* foi determinada por adaptação da metodologia descrita por Bulla et al. (2015), com o reagente FolinCiocalteu

(Sigma-Aldrich) e leitura das absorvâncias em espectrofotômetro UV-Vis (BIOSPETRO, modelo SP-220) com comprimento de onda de 760 nm. O procedimento foi feito ao abrigo de luz, em triplicata. A quantificação de fenóis totais foi feita por meio de curva padrão do Ácido Gálico (Vetec) e expressa como equivalentes de Ácido Gálico (EAG).

3.2.3 Determinação da atividade antioxidante

A determinação da atividade antioxidante do óleo foi realizada através da inibição do radical livre 2,2 difenil-1-picrilhidrazila (DPPH, Sigma-Aldrich), segundo metodologia adaptada de Bulla et al. (2015). O procedimento foi feito ao abrigo de luz, em triplicata. Esse processo de inibição pode ser percebido visualmente mediante mudança de coloração do radical (de púrpura para amarela). As absorvâncias foram lidas em espectrofotômetro UV-Vis com comprimento de onda de 517 nm.

Inicialmente foi calculada a porcentagem de inibição do DPPH de acordo com Equação 1.

$$\% \text{ Inibição DPPH} = \left(\frac{\text{Abs}_{\text{DPPH}} - \text{Abs}_{\text{Amos}}}{\text{Abs}_{\text{DPPH}}} \right) 100 \quad (1)$$

Sendo que Abs_{DPPH} é a absorvância da solução de DPPH; Abs_{Amos} é a absorvância da amostra após 30 minutos de reação com o radical DPPH.

O valor de IC_{50} (mínima concentração de óleo necessária para inibir 50% do radical DPPH, em $\mu\text{g mL}^{-1}$) foi encontrado por meio de regressão linear da curva dos valores das porcentagens de inibição em função da concentração do óleo. O índice da atividade antioxidante (IAA) foi calculado dividindo o valor da concentração final de DPPH ($\mu\text{g mL}^{-1}$) pelo valor de IC_{50} calculado ($\mu\text{g mL}^{-1}$), conforme Equação 2:

$$\text{IAA} = \frac{[\text{DPPH}]_{\text{final}}}{\text{IC}_{50}} \quad (2)$$

3.2.4 Determinação do fator de proteção solar (FPS) do óleo

A determinação do FPS do óleo foi feita pelo método in vitro adaptado de Mansur et al. (1986), com leitura das absorvâncias de 290 a 320 nm, variando de 5 em 5 nm em espectrofotômetro UV-Vis.

O cálculo do FPS foi feito utilizando a Equação 4.

$$\text{FPS} = \text{FC} \sum_{290}^{320} [\text{EE}(\lambda) \text{I}(\lambda) \text{Abs}(\lambda)] \quad (4)$$

Sendo FC o fator de correção (= 10, determinado de acordo com dois protetores solares conhecidos de tal forma que um creme contendo 8% de homossalato resultasse no FPS 4); EE (λ) o efeito eritemogênico obtido com radiação monocromática no comprimento de onda; I (λ) a intensidade solar no comprimento de onda; Abs (λ) o valor da absorbância obtida para cada comprimento de onda.

Os valores das multiplicações EE(λ)I(λ) foram calculados previamente por (Sayre et al., 1979), de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1 – Relação do EE(λ)I(λ) para os comprimentos de onda de 290 a 320 nm.

Comprimento de onda (nm)	EE(λ)I(λ) (normalizado) ^a
290	0,0150
295	0,0817
300	0,2874
305	0,3278
310	0,1864
315	0,0839
320	0,0189
TOTAL	1,0000

^aValores relativos

Fonte: Sayre et al. (1979)

3.2.5 Determinação da habilidade quelante

A determinação da habilidade quelante foi realizada utilizando o procedimento de Boroski et al. (2015), utilizando soluções de Cloreto de Ferro e Ferrozina (Sigma-Aldrich) e leitura das absorbâncias em espectrofotômetro UV-Vis (BIOSPETRO, modelo SP-220) com comprimento de onda de 562nm. O procedimento foi feito ao abrigo de luz, em triplicata.

A habilidade quelante da amostra foi determinada pela Equação 3:

$$\% \text{habilidade quelante} = \{[A_{\text{branco}} - (A_1 - A_0)]/A_{\text{branco}}\}100 \quad (3)$$

Valor baixo de A_1 é resultante de elevada atividade antioxidante da amostra. Consequentemente, o percentual da habilidade quelante será elevado (Boroski et al., 2015).

3.3 Construção do diagrama de fases pseudoternário e preparo das emulsões

As proporções de mistura de tensoativos, óleo e água Milli-Q estão dispostas na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição das formulações fotoprotetoras.

Composição (%) (v/v)			
Formulação ^a	Mistura de tensoativos (2:1)	Óleo	Água Milli-Q
E ₁	25	5	70
E ₂	25	10	65
E ₃	30	5	65
E ₄	30	10	60
E ₅	35	5	60
E ₆	35	10	55
E ₇	40	5	55
E ₈	40	10	50
E ₉	45	5	50
E ₁₀	45	10	45
E ₁₁	50	10	40
E ₁₂	60	10	30
E ₁₃	25	30	45
E ₁₄	30	30	40
E ₁₅	40	30	30
E ₁₆	50	30	20
E ₁₇	60	30	10
E ₁₈	25	50	25
E ₁₉	30	50	20

^aE₁ (25/5/70), E₂ (55/10/65), E₃ (30/5/65), E₄ (30/10/60), E₅ (35/5/60), E₆ (35/10/55), E₇ (40/5/55), E₈ (40/10/50), E₉ (45/5/50), E₁₀ (45/10/45), E₁₁ (50/10/40), E₁₂ (60/10/30), E₁₃ (25/30/45), E₁₄ (30/30/40), E₁₅ (40/30/30), E₁₆ (50/30/20), E₁₇ (60/30/10), E₁₈ (25/50/25), E₁₉ (30/50/20).

A construção do diagrama de fases pseudoternário foi realizada a partir do preparo das emulsões, com base na metodologia adaptada de Ferreira et al. (2015). Primeiramente foi feita a mistura de tensoativos utilizando o álcool cetílico propoxilado e etoxilado (PPG-5 CETETH-

20), comercialmente chamado de Procetyl AWS (Croda), como tensoativo e o Ácido Oleico (Dinâmica) como cotensoativo na proporção de 2:1, sob agitação magnética (WARMNEST, HJ-4) moderada e constante por 45 min. O óleo foi acrescentado lentamente a esta mistura, sendo deixada sob agitação por 15 min e, então, a água Milli-Q foi adicionada aos poucos, sempre em agitação até homogeneidade. As formulações foram mantidas durante 30 dias à temperatura ambiente para atingir o equilíbrio. Com base nas características físicas das formulações, o diagrama de fases pseudoternário foi construído usando o software Origin Pro, versão 8.

Além das emulsões também foram preparadas duas soluções inertes (SI) e duas amostras (A) nas mesmas proporções das emulsões E₅ e E₆, porém sem o óleo para as soluções inertes, que atua como o ativo das emulsões, para comparação posterior de valores de FPS, e sem o ácido oléico para as amostras, que atua como cotensoativo das emulsões, para comparação posterior de estabilidade e FPS. As proporções de mistura de cada componente das formulações estão dispostas nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Composição das soluções inertes.

Composição (mL)			
Formulação ^a	Mistura de tensoativos (2:1)	Óleo	Água Milli-Q
SI ₅	3,5	-	6,0
SI ₆	3,5	-	5,5

^aSI₅ (3,5/--/6,0), SI₆ (3,5/--/5,5).

Tabela 4 - Composição das amostras sem ácido oleico.

Composição (mL)			
Formulação ^a	Procetyl AWS	Óleo	Água Milli-Q
A ₅	2,33	0,5	6,0
A ₆	2,33	1,0	5,5

^aA₅ (2,33/0,5/6,0), A₆ (2,33/1,0/5,5).

3.4 Caracterização das emulsões

O FPS calculado para cada emulsão, solução inerte e amostra sem ácido oleico, e a caracterização estrutural das emulsões (comportamento da viscosidade), avaliada para entender o tipo de fluido que representam, foram analisados conforme as metodologias abaixo citadas.

3.4.1 Determinação do fator de proteção solar (FPS) *in vitro* das emulsões

A determinação do FPS das emulsões e das soluções inertes foi realizada de acordo com a metodologia apresentada na seção 3.2.4.

Na determinação do FPS das emulsões E₃, E₄, E₅ e E₆ e das soluções inertes SI₅ e SI₆, foram pesados 3,971 g da emulsão E₃, 1,975 g da emulsão E₄, 3,972 g da emulsão E₅ e 1,974 g da emulsão E₆ sendo dissolvidos, separadamente, em 10 mL de etanol, de modo que as soluções etanóicas apresentassem concentração de óleo igual a 20 µL mL⁻¹. Foi realizado também o cálculo do FPS das emulsões E₅ e E₆ considerando concentração de emulsão em etanol igual a 20 µL mL⁻¹, de modo que para a emulsão E₅ foram pesados 0,199 g e para emulsão E₆ 0,197 g e dissolvidos em 10 mL de etanol cada. Para as soluções inertes foram pesados 0,205 g para SI₅ e 0,199 g para SI₆, sendo que a solução etanóica apresentou concentração final de 20 µL mL⁻¹.

As Equações 5 e 6 foram utilizadas para o cálculo do volume específico das emulsões e da mistura do tensoativo com o cotensoativo e a Equação 7 para o cálculo da massa das emulsões ou das soluções inertes.

$$v_{MT} = \frac{(p_{Procetyl} \cdot v_{Procetyl} + p_{Ac.Ol} v_{Ac.Ol})}{\sum p_i} \quad (5)$$

Sendo v_{MT} o volume específico da mistura de tensoativos (mL g⁻¹); $p_{Procetyl}$ o percentual de Procetyl AWS na mistura (% v/v); $v_{Procetyl}$ o volume específico do Procetyl AWS (mL g⁻¹); $p_{Ac.Ol}$ o percentual de ácido oleico na mistura de tensoativos (% v/v); $v_{Ac.Ol}$ o volume específico do ácido oleico (mL g⁻¹); e p_i é o percentual de cada componente na formulação (% v/v).

$$v_E = \frac{(p_{MT} \cdot v_{MT} + p_{óleo} v_{óleo} + p_A v_A)}{\sum p_i} \quad (6)$$

Sendo v_E o volume específico da emulsão ou da solução inerte (mL g⁻¹); p_{MT} o percentual da mistura de tensoativos (% v/v); $p_{óleo}$ o percentual do óleo em cada emulsão (% v/v); $v_{óleo}$ o volume específico do óleo (mL g⁻¹); p_A o percentual de água Milli-Q em cada emulsão (% v/v); v_A o volume específico da água Milli-Q (mL g⁻¹).

$$m = \frac{V}{v} \quad (7)$$

Sendo m a massa da emulsão ou solução inerte, V volume da emulsão ou solução inerte e v volume específico da emulsão ou da solução inerte.

3.4.2 Comportamento da viscosidade das emulsões

Na determinação da viscosidade das emulsões E_3 e E_4 e o seu comportamento em relação às variações de temperatura foi realizada análise em reômetro (Brookfield, DV-III Ultra) com Spindle RV07. Primeiramente foi analisada a viscosidade em duas temperaturas distintas (36,5 e 40°C) com rotação de 2 rpm, aguardou 10 min para equilíbrio e foram feitas 10 medidas com intervalo de 15 s entre elas. O ensaio de escoamento foi realizado variando a velocidade de rotação de 2 a 10 (rpm) no mesmo equipamento e à temperatura de 36,5°C $\pm$ 0,2. Todos os dados de comportamento da viscosidade foram tratados em Software Origin Pro, versão 8.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico estão apresentados os resultados e suas respectivas discussões a respeito das análises executadas tanto em relação à caracterização do óleo quanto das emulsões, de acordo com as metodologias supracitadas.

4.1 Caracterização do óleo de sementes de *moringa oleífera*

Os resultados encontrados para as caracterizações realizadas no óleo quanto aos seus compostos voláteis, concentração de fenóis totais, atividade antioxidante, habilidade quelante e FPS, estão dispostos e discutidos a seguir e de acordo com as metodologias citadas na seção 3.2.

A tabela 5 dispõe os componentes identificados no óleo de sementes de *moringa oleífera* por cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massas – CG-MS.

Tabela 5 – Espécies voláteis identificadas no óleo de sementes de *moringa*.

Pico	TR (min)	Composto	%GC-MS
1	27.880	Palmitico (C16:0)	3,8
2	30.920	Oleico (C18:1)	87,74
3	31.275	Estearico (C18:0)	2,09
4	34.030	Eicosenoico (C20:1)	1,03
5	34.380	Araquidico (C20:0)	1,55
6	37.255	Behenico (C22:0)	3,79

TR= Tempo de retenção

O principal composto identificado através de cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massas – CG-MS, foi o ácido oleico (87,74%). A composição foi semelhante à encontrada por Ayerza (2019), Chen, Wang, X. et al. (2019) e Zhong et al. (2018), onde o oleico foi o ácido graxo mais abundante, com valores entre 66,28% e 75,52%. De acordo com Ayerza (2019) e Zhong et al. (2018), óleos ricos em ácido oleico apresentam excelente estabilidade oxidativa, sendo qualidade interessante na fabricação de cosméticos.

O óleo de sementes de *moringa oleífera* apresentou 11,23% de ácidos graxos saturados e 88,77% de ácidos graxos monoinsaturados. De acordo com Ayerza (2019), o baixo teor ou a

não presença de ácidos graxos poliinsaturados fornece ao óleo uma boa estabilidade, o que é muito apreciado pela indústria cosmética.

Os resultados da atividade antioxidante (IC_{50} e IAA), concentração de fenóis totais, habilidade quelante e do fator de proteção solar (FPS) do óleo estão apresentados na Tabela 6. Quanto menor o valor de IC_{50} melhor o resultado, pois ele representa a capacidade do óleo em inibir o radical DPPH em 50%. Foi utilizado o IAA, que, segundo Scherer e Godoy (2009), classifica a atividade antioxidante em fraca ($IAA < 0,5$), moderada ($0,5 < IAA < 1,0$), forte ($1,0 < IAA < 2,0$) e muito forte ($IAA > 2,0$). O óleo de sementes de *moringa oleífera* apresentou atividade antioxidante fraca com IAA de 0,06 e IC_{50} de $925,12 \mu\text{g mL}^{-1}$.

Tabela 6 – Atividade antioxidante (IC_{50} e IAA), concentração de fenóis totais, habilidade quelante e fator de proteção solar (FPS) do óleo.

Análise	Resultado ^a
$IC_{50} - \mu\text{g mL}^{-1}$	$925,12 \pm 0,32$
IAA	$0,06 \pm 0,00014$
Fenóis totais (mg EAG g ⁻¹ de óleo)	$15,07 \pm 1,12$
Habilidade quelante (%)	$53,58 \pm 3,18$
FPS	$1,07 \pm 0,25$

^aResultado $\pm$ desvio padrão.

A concentração de fenóis totais encontrada para o óleo de sementes de moringa foi de $15,07 \text{ mg EAG g}^{-1}$ de óleo, maior que valores encontrados por Govardhan Singh, Negi e Radha (2013), para extratos metanólicos da farinha de sementes desengordurada de *moringa oleífera* ($7,8 \pm 4,1 \text{ mg EAG g}^{-1}$ de extrato). Inglett e Chen (2011), estudaram o conteúdo fenólico de diferentes partes da moringa e relataram um valor de $11,56 - 52,72 \text{ mg EAG g}^{-1}$ de amostra. De acordo com Rani, Husain e Kumolosasi (2018), a presença de conteúdo fenólico nas espécies de moringa confere maior atividade antioxidante, pois os compostos fenólicos têm potencial para estabilizar o radical livre gerado em uma célula doando ou aceitando elétrons, portanto, atua como molécula antioxidante.

A concentração de habilidade quelante encontrada para o óleo foi de 53,58%. Os agentes quelantes possuem a capacidade de aprisionamento de íons metálicos, evitando interações entre os íons e componentes da formulação, aumentando sua capacidade antioxidante. De acordo com Badea et al. (2015), os antioxidantes naturais dos óleos podem fornecer proteção da pele contra espécies reativas de oxigênio. Com isso, a adição de óleos com

atividade antioxidante a formulações fotoprotetoras pode trazer benefícios maiores para a pele, neutralizando espécies reativas de oxigênio geradas pelos raios UV que não foram filtradas pelo fotoprotetor e atingiram a pele (Badea et al., 2015; Chiari et al., 2014; Mishra, Mishra e Chattopadhyay, 2011; Wang, Osterwalder e Jung, 2011).

Não há estudos na literatura em relação ao fator de proteção solar do óleo de sementes de *moringa oleífera*, Badea et al. (2015) avaliaram o uso de vários óleos vegetais no projeto de formulações fotoprotetoras e das sete formulações estudadas, a melhor proteção UV foi garantida pelo creme à base de óleo de semente de romã, resultando em um FPS de 4,1, já o óleo desta pesquisa apresentou FPS de 1,07 na concentração de 20 $\mu\text{L mL}^{-1}$. Mesmo o óleo apresentando um FPS baixo, sua incorporação em formulações fotoprotetoras podem promover a intensificação do FPS através do efeito sinérgico do óleo com os componentes da formulação, garantindo maior proteção solar.

4.2 Construção do diagrama de fases pseudoternário e preparo das emulsões

O diagrama de fases pseudoternário foi construído para observar a existência de separação de fases da emulsão contendo óleo de sementes de *moringa oleífera*. A Figura 2 exibe o diagrama de fases pseudoternário formado por Procetyl: Ácido oleico (2: 1), óleo e água. É possível identificar no diagrama duas regiões diferentes caracterizadas por emulsão (EM) e separação de fases (SF). A região EM foi formada em sua maioria com formulações com baixa concentração (%v/v) de óleo, 5% e 10%, e mistura de Procetyl: Ácido oleico (2: 1) entre 30% e 45%. A região SF foi formada por formulações com teor de Procetyl: Ácido oleico (2: 1) abaixo de 30% e acima de 45% e com formulações com concentração de óleo acima de 30%.

A região EM identificada no diagrama de fases pseudoternário obtido com formulações de emulsões cosméticas contendo óleo de sementes de *moringa oleífera* está localizada dentro da região EM do diagrama de fases pseudoternário identificada por Ferreira et al. (2015) em sistemas surfactantes nanoestruturados contendo óleo essencial de *Citrus sinensis*.

As formulações selecionadas para serem analisadas apresentaram as melhores características de aparência física e não separação de fases, sendo, portanto E₃, E₄, E₅ e E₆.

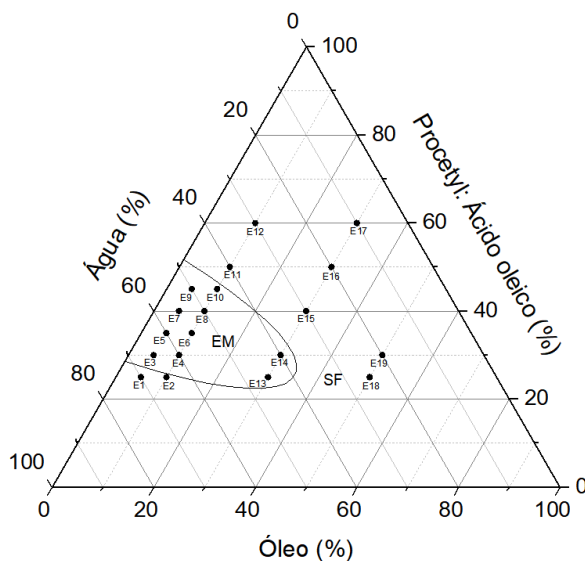


Figura 2 – Diagrama de fases pseudoternário formado por Procetyl: Ácido oleico (2: 1), óleo e água.

As formulações A₅ e A₆ preparadas sem ácido oleico, que atua como cotensoativo nas emulsões, mantiveram-se estáveis durante todo o período de armazenamento (30 dias), não havendo separação de fases. Isso possivelmente ocorreu devido à maior parte do óleo de sementes de *moringa oleífera* ser composta por ácido oleico (87,74%), auxiliando na estabilização da emulsão e não necessariamente precisando da adição de ácido oleico na formulação.

4.3 Caracterização das emulsões

A avaliação do FPS das emulsões foi realizada utilizando os dados das massas e volumes específicos dos seus componentes (Tabela 7). Através dos valores encontrados de volumes específicos das emulsões e das soluções inertes (Equações 5 a 7) foi possível calcular a massa de cada emulsão, de cada solução inerte e de cada amostra sem ácido oleico produzida (E₃ = 9,92 g, E₄ = 9,88 g, E₅ = 9,93 g, E₆ = 9,87 g, SI₅ = 9,98 g, SI₆ = 9,97 g, A₅ = 10,07 g e A₆ = 10,01 g) possibilitando encontrar as concentrações em g mL⁻¹.

As concentrações das soluções etanoicas utilizadas para a determinação do FPS foram: solução com concentração de E₃ = 0,396 g mL⁻¹ (SE₃); concentração de E₄ = 0,196 g mL⁻¹ (SE₄), concentração de E₅ = 0,397 g mL⁻¹ (SE₅), concentração de E₆ = 0,197 g mL⁻¹ (SE₆), concentração de A₅ = 0,359 g mL⁻¹ (SA₅) e concentração de A₆ = 0,179 g mL⁻¹ (SA₆). Estas seis soluções foram preparadas de modo que disponibilizasse na solução em etanol concentração de óleo de *moringa oleífera* igual 20 µL mL⁻¹. Também foram preparadas duas

soluções em etanol com concentração de emulsão E₅ igual a 0,0199 g mL⁻¹ (SE₅^{*}) e de emulsão E₆ igual a 0,0197 g mL⁻¹ (SE₆^{*}) e soluções em etanol com concentração de solução inerte SI₅ igual 0,020 g mL⁻¹ e de solução inerte SI₆ igual a 0,019 g mL⁻¹, de acordo com a Tabela 8.

Tabela 7 – Massas e volumes específicos das emulsões e seus constituintes.

	Massa específica (g mL ⁻¹)	Volume específico (mL g ⁻¹)
Procetyl AWS	1,050	0,952
Ácido oléico	0,895	1,117
Água Milli-Q	1	1
Óleo	0,904	1,106
Emulsão E ₃	0,992	1,008
Emulsão E ₄	0,988	1,012
Emulsão E ₅	0,993	1,007
Emulsão E ₆	0,987	1,013
Solução inerte SI ₅	0,998	1,002
Solução inerte SI ₆	0,997	1,003
Emulsão A ₅	1,007	0,993
Emulsão A ₆	1,001	0,999

Tabela 8 – FPS das emulsões, soluções inertes e amostras sem ácido oleico em diferentes concentrações.

Solução em etanol	Concentração (g mL ⁻¹)	FPS ^a
SE ₃ (30/5/65)	0,396	27,9150 ± 0,0569
SE ₄ (30/10/60)	0,196	13,3172 ± 0,0516
SE ₅ (35/5/60)	0,397	27,0472 ± 0,0561
SE ₆ (35/10/55)	0,197	11,4587 ± 0,0715
SE ₅ [*] (35/5/60)	0,0199	1,6543 ± 0,0188
SE ₆ [*] (35/10/55)	0,0197	2,2035 ± 0,0119
SI ₅ (3,5/--/6,0)	0,020	0,5354 ± 0,0034
SI ₆ (3,5/--/5,5)	0,019	0,5751 ± 0,0045
SA ₅ (2,33/0,5/6,0)	0,359	27,3995 ± 0,0040
SA ₆ (2,33/1,0/5,5)	0,179	11,9233 ± 0,0577

^aResultado ± desvio padrão

O FPS encontrado para cada formulação foi de, aproximadamente: SE₃ = 28, SE₄ = 13,3, SE₅ = 27 e SE₆ = 11,4. As quatro soluções possuem a concentração de 0,018 g mL⁻¹ de óleo de sementes de *moringa oleífera*, equivalente a 20 µL mL⁻¹, com isso, as emulsões

formuladas com 5% de óleo podem ser classificadas como sendo de média proteção solar ($15,0 < \text{FPS} < 29,9$), enquanto que, as emulsões formuladas com 10% de óleo podem ser classificadas como sendo de baixa proteção solar ($6,0 < \text{FPS} < 14,9$), de acordo com a classificação da RDC nº 30 de 2012 (Brasil, 2012), quando analisadas em função de suas quantidades de óleo.

Foi possível identificar queda do FPS ao aumentar a quantidade de óleo de 5% para 10% nas formulações com a mesma quantidade de mistura de tensoativos (MT), de 28 para 13,3 nas formulações E₃ e E₄ com 30% de MT, e de 27 para 11,4 nas formulações E₅ e E₆ com 35% de MT. Essa queda no FPS se deu pelo fato das emulsões com quantidade de óleo acima de 5% terem apresentado características de bastante oleosidade, onde, no preparo da solução para análise de FPS foi possível identificar gotículas de óleo que não eram dissolvidas, fazendo com que as emulsões perdessem significativamente seu fator de proteção solar. Assim, é possível afirmar que a quantidade adequada de óleo de sementes de *moringa oleífera* em emulsão, para sua qualidade fotoprotetora e estabilidade, é de 5%.

O aumento do valor de FPS das emulsões em comparação ao do óleo puro pode ser explicado pela sinergia entre os componentes das formulações, para isso se fez análises das emulsões sem a presença de óleo (soluções inertes). O FPS calculado para SI₅ e SI₆ foi de, aproximadamente, 0,53 e 0,57, como ambas não possuem óleo em sua formulação, o potencial fotoprotetor presente está relacionado à MT. Para SE₅^{*} o FPS encontrado foi de, aproximadamente, 1,6 (concentração de óleo essencial de $0,0009 \text{ g mL}^{-1}$) e para SE₆^{*} de 2,2 (concentração de óleo essencial de $0,0018 \text{ g mL}^{-1}$), evidenciando que a interação entre óleo e MT possui influência no aumento de FPS das emulsões em relação ao óleo puro e, consequentemente, aumentando o efeito fotoprotetor das emulsões.

Estudos da avaliação da fotoproteção do extrato de folhas de oliveira (*Olea europaea* L.) padronizado para oleuropeína demonstraram efeito sinérgico em associação com filtros UV orgânicos, com melhora nos valores de FPS *in vitro* (de $22 (\pm 1)$ para $42 (\pm 5)$ e $56 (\pm 3)$ para as concentrações de 3% e 5% de oleuropeína), apresentando alto potencial para utilização em filtros solares multifuncionais, sendo um ativo pouco explorado em relação a formulações cosméticas, natural e sustentável, assim como o óleo de sementes de *moringa oleífera* (Silva, da et al., 2019).

Nas soluções de emulsões sem a adição de ácido oleico como cotensoativo na formulação, o FPS encontrado foi de, aproximadamente, 27,4 para SA₅ e 11,9 para SA₆, com as soluções possuindo concentração de $0,018 \text{ g mL}^{-1}$ de óleo de sementes de *moringa oleífera*,

equivalente a $20 \mu\text{L mL}^{-1}$. Ao comparar com os resultados de FPS das soluções SE₅ e SE₆, que possuem quantidades de componentes na formulação equivalentes, é possível perceber que a não adição de ácido oleico nas formulações não faz diferença significativa no fator de proteção solar das emulsões.

Em relação à viscosidade das emulsões, a Tabela 9 mostra os valores encontrados para as emulsões E₃ e E₄ nas temperaturas de 36,5°C e 40°C. É possível notar que com o aumento da temperatura há o decréscimo da viscosidade. De acordo com Lachman, Lieberman e Kaning (2001), a viscosidade diminui à medida que a temperatura aumenta, havendo também a diminuição da tensão interfacial. Para a emulsão E₄, a diminuição da viscosidade ao aumentar a temperatura para 40°C é mais acentuada, isto provavelmente ocorre devido à maior quantidade de óleo presente em sua formulação, havendo mais compostos voláteis e causando maior instabilidade ao aumento de temperatura.

Tabela 9 – Viscosidade média das emulsões E₃ e E₄ nas temperaturas de 36,5°C e 40°C.

Temperatura (°C)	Viscosidade (Pa.s) ^a	
	E ₃	E ₄
36,5	268 ± 3,05	473 ± 2,11
40	91 ± 1,03	125 ± 3,29

^aResultado ± desvio padrão

A Figura 3 mostra o comportamento da viscosidade em função da velocidade de rotação (rpm). Observa-se que a viscosidade das emulsões E₃ e E₄ diminuem com o aumento da velocidade de rotação. Tal comportamento caracteriza as emulsões como sendo um fluido não-Newtoniano do tipo pseudoplástico. Esse comportamento é adequado para formulações cosméticas de uso tópico, visto que, após o cisalhamento ou aumento da velocidade de rotação, aplicando sob a emulsão uma força de espalhabilidade, a resistência inicial para o cosmético fluir diminui, refletindo em uma melhor aplicação e espalhabilidade (Monteiro e Silva, 2013; Moreira de Moraes et al., 2006). De acordo com Monteiro e Silva (2013), o comportamento pseudoplástico faz com que a emulsão torne-se mais fluida quando submetida a uma pressão externa, espalhando-se mais facilmente na região onde é aplicada e recupera a viscosidade inicial no momento em que se encerra a aplicação desta pressão, impedindo que o produto escorra durante o procedimento de aplicação.

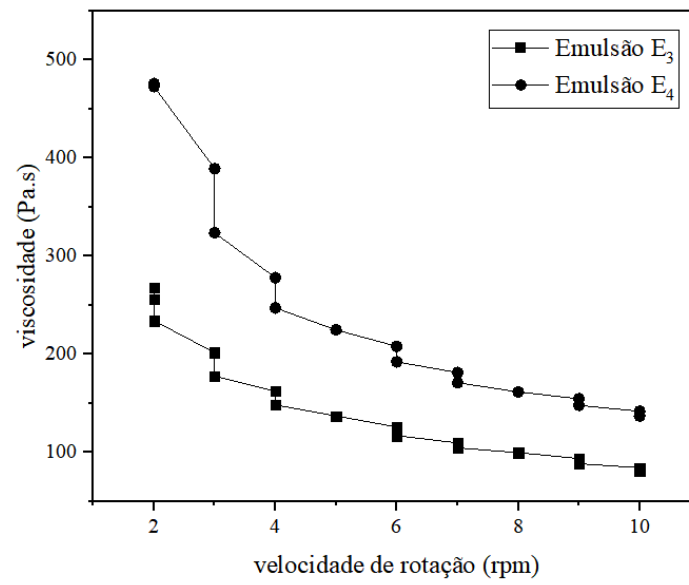


Figura 3 – viscosidade em função da velocidade de rotação (rpm) das emulsões E₃ e E₄

5 CONCLUSÃO

O óleo de sementes de *moringa oleífera* apresentou alta concentração de ácido oleico (87,74%), fazendo com que o óleo seja mais estável, podendo ajudar na estabilização de emulsões cosméticas. A concentração de fenóis totais foi de 15,07 mg EAG g⁻¹ de óleo e habilidade quelante de 53,58%, com isso, o óleo pode ser usado em formulações cosméticas também como produto multifuncional, trazendo maiores benefícios para a pele através da sua atividade antioxidante.

Todas as formulações de emulsões analisadas apresentaram efeito sinérgico do óleo com os componentes da formulação, fazendo com que o fator de proteção solar da emulsão aumentasse significativamente. As emulsões que apresentaram os melhores valores de FPS continham em sua formulação 5% de óleo de sementes de *moringa oleífera*, apresentando FPS acima de 27 e classificadas como sendo de média proteção solar.

As emulsões formuladas sem adição de ácido oleico apresentaram estabilidade durante todo o período de armazenamento (30 dias) e seu FPS foi semelhante às emulsões com adição de ácido oleico na formulação, não havendo a necessidade dessa adição durante a formulação e fazendo com que o produto se torne mais barato na fabricação. As emulsões foram caracterizadas como fluidos não-Newtonianos pseudoplástico, implicando em fluidos com melhor espalhabilidade durante a aplicação.

Portanto, emulsões fotoprotetoras produzidas com óleo de sementes de *moringa oleífera* apresentaram FPS muito acima de 6, cumprindo os requisitos estabelecidos pela RDC nº 30 de 2012 (Brasil, 2012), apresentando alto potencial para serem produtos fotoprotetores e multifuncionais, devido a atividade antioxidante apresentada pelo óleo, além de ser elaborado com ativo natural pouco explorado em relação à cosméticos.

A modelagem reológica, construção de diagrama ternário a partir de formulações sem adição de ácido oleico, identificação de compostos fenólicos, microscopia de luz polarizada e fator de proteção solar *in vivo*, são sugestões para trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, W. A. D. S. *et al.* Photoprotective activity and increase of SPF in sunscreen formulation using lyophilized red propolis extracts from Alagoas. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 29, n. 3, p. 373–380, 2019.
- ATABANI, A. E.; SILITONGA, A. S.; ONG, H. C.; MAHLIA, T. M. I.; MASJUKI, H. H.; BADRUDDIN, I. A.; FAYAZ, H. Non-edible vegetable oils: A critical evaluation of oil extraction, fatty acid compositions, biodiesel production, characteristics, engine performance and emissions production. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 18, p. 211–245, 2013.
- AYERZA, R. Seed characteristics, oil content and fatty acid composition of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) seeds from three arid land locations in Ecuador. **Industrial Crops and Products**, v. 140, p. 111–575, 2019.
- BADEA, G.; LĂCĂTUȘU, I.; BADEA, N.; OTT, C.; MEGHEA, A. Use of various vegetable oils in designing photoprotective nanostructured formulations for UV protection and antioxidant activity. **Industrial Crops and Products**, v. 67, p. 18–24, 2015.
- BALBOA, E. M.; SOTO, M. L.; NOGUEIRA, D. R.; GONZÁLEZ-LÓPEZ, N.; CONDE, E.; MOURE, A.; VINARDELL, M. P.; MITJANS, M.; DOMÍNGUEZ, H. Potential of antioxidant extracts produced by aqueous processing of renewable resources for the formulation of cosmetics. **Industrial Crops and Products**, v. 58, p. 104–110, 2014.
- BOROSKI, M.; VISENTAINER, J. V.; COTTICA, S. M.; MORAIS, D. R. DE. Antioxidantes: Princípios e Métodos Analíticos. n. 1th Edition, p. 141, 2015.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução - RDC nº 30, de 1º de Junho**, 2012.
- BRILHANTE, R. S. N.; SALES, J. A.; PEREIRA, V. S.; CASTELO-BRANCO, D. DE S. C. M.; CORDEIRO, R. DE A.; SOUZA SAMPAIO, C. M. DE; ARAÚJO NETO PAIVA, M. DE; SANTOS, J. B. F. DOS; SIDRIM, J. J. C.; ROCHA, M. F. G. Research advances on the multiple uses of *Moringa oleifera*: A sustainable alternative for socially neglected population. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v. 10, n. 7, p. 621–630, 2017.
- BULLA, M. K.; HERNANDES, L.; BAESSO, M. L.; NOGUEIRA, A. C.; BENTO, A. C.;

BORTOLUZZI, B. B.; SERRA, L. Z.; CORTEZ, D. A. G. Evaluation of photoprotective potential and percutaneous penetration by photoacoustic spectroscopy of the *Schinus terebinthifolius* Raddi extract. **Photochemistry and Photobiology**, v. 91, n. 3, p. 558–566, 2015.

CATELAN, T. B. S.; GAIOLA, L.; DUARTE, B. F.; CARDOSO, C. A. L. Evaluation of the in vitro photoprotective potential of ethanolic extracts of four species of the genus *Campomanesia*. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 197, p. 111500, 2019.

CHEN, R.; WANG, X. J.; ZHANG, Y. Y.; XING, Y.; YANG, L.; NI, H.; LI, H. H. Simultaneous extraction and separation of oil, proteins, and glucosinolates from *Moringa oleifera* seeds. **Food Chemistry**, v. 300, p. 125162, 2019.

CHEN, R.; WANG, X.; ZHANG, Y.; XING, Y.; YANG, L.; NI, H.; LI, H. Simultaneous extraction and separation of oil, proteins, and glucosinolates from *Moringa oleifera* seeds. v. 300, n. June, 2019.

CHIARI, B. G.; TROVATTI, E.; PECORARO, É.; CORRÊA, M. A.; CICARELLI, R. M. B.; RIBEIRO, S. J. L.; ISAAC, V. L. B. Synergistic effect of green coffee oil and synthetic sunscreen for health care application. **Industrial Crops and Products**, v. 52, p. 389–393, 2014.

COHEN, L. E.; GRANT, R. T. Sun Protection: Current Management Strategies Addressing UV Exposure. **Clinics in Plastic Surgery**, v. 43, n. 3, p. 605–610, 2016.

DABA, M. Miracle Tree: A Review on Multi-purposes of *Moringa oleifera* and Its Implication for Climate Change Mitigation. **Journal of Earth Science & Climatic Change**, v. 7, n. 8, p. 1000366, 2016.

DALTIN, D. Tensoativos: **química, propriedades e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2011.

DUBUISSON, P.; PICARD, C.; GRISEL, M.; SAVARY, G. How does composition influence the texture of cosmetic emulsions? **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 536, p. 38–46, 2018.

FERREIRA, S. G.; CONCEIÇÃO, V. S.; GOUVEIA, N. S.; SANTOS, G. S.; SANTOS, R. L. C.; LIRA, A. A. M.; CAVALCANTI, S. C. H.; SARMENTO, V. H. V.; NUNES, R. S. An environmentally safe larvicide against *Aedes aegypti* based on in situ gelling nanostructured

surfactant systems containing an essential oil. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 456, p. 190–196, 2015.

GOVARDHAN SINGH, R. S.; NEGI, P. S.; RADHA, C. Phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of free and bound phenolic extracts of *Moringa oleifera* seed flour. **Journal of Functional Foods**, v. 5, n. 4, p. 1883–1891, 2013.

INGLETT, G. E.; CHEN, D. Contents of phenolics and flavonoids and antioxidant activities in skin, pulp, and seeds of miracle fruit. **Journal of Food Science**, v. 76, n. 3, p. 479–482, 2011.

IQBAL, J.; ALI, Z.; HUSSAIN, M.; SHEIKH, R.; MAJEED, K.; KHAN, A. U.; ULRICH, J. Formation of crystalline particles from phase change emulsion: Influence of different parameters. **Chinese Journal of Chemical Engineering**, v. 24, p. 929–936, 2016.

JARZYCKA, A.; LEWIŃSKA, A.; GANCARZ, R.; WILK, K. A. Assessment of extracts of *Helichrysum arenarium*, *Crataegus monogyna*, *Sambucus nigra* in photoprotective UVA and UVB; Photostability in cosmetic emulsions. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 128, p. 50–57, 2013.

KOUBAA, M.; MHEMDI, H.; VOROBIEV, E. Influence of canola seed dehulling on the oil recovery by cold pressing and supercritical CO₂ extraction. **Journal of Food Engineering**, v. 182, p. 18–25, 2016.

LACATUSU, I.; ARSENIE, L. V.; BADEA, G.; POPA, O.; OPREA, O.; BADEA, N. New cosmetic formulations with broad photoprotective and antioxidative activities designed by amaranth and pumpkin seed oils nanocarriers. **Industrial Crops and Products**, v. 123, p. 424–433, 2018.

LACHMAN, L.; LIEBERMAN, H. A.; KANING, J. L. Teoria e Prática na Indústria Farmacêutica. **Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian**, 2001.

MANSUR, J. DE S.; BREDER, M. N. R.; MANSUR, M. C. D'ASCENÇÃO; AZULAY, R. D. Determinação do Fator de Proteção Solar por Espectrofotometria. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 61, n. 3, p. 121–124, 1986.

MERCURIO, D. G.; WAGEMAKER, T. A. L.; ALVES, V. M.; BENEVENUTO, C. G.; GASPAR, L. R.; MAIA CAMPOS, P. M. B. G. In vivo photoprotective effects of cosmetic formulations containing UV filters, vitamins, *Ginkgo biloba* and red algae extracts. **Journal**

of **Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 153, p. 121–126, 2015.

MILANI, L. P. G.; GARCIA, N. O. S.; MORAIS, M. C.; DIAS, A. L. S.; OLIVEIRA, N. L.; CONCEIÇÃO, E. C. Extract from byproduct *Psidium guajava* standardized in ellagic acid: additivation of the in vitro photoprotective efficacy of a cosmetic formulation. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 28, n. 6, p. 692–696, 2018.

MISHRA, A. K.; MISHRA, A.; CHATTOPADHYAY, P. Herbal cosmeceuticals for photoprotection from ultraviolet B radiation: A review. **Tropical Journal of Pharmaceutical Research**, v. 10, n. 3, p. 351–360, 2011.

MONTEIRO E SILVA, S. A. ET AL. Estudo de estabilidade, análise de comportamento reológico e investigação de Cristais-Líquidos de formulações contendo pó-de-pérola. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 94, n. 14, p. 199–210, 2013.

MOREIRA DE MORAIS, J.; HENRIQUE DOS SANTOS, D. O.; DELICATO, T.; AZZINI GONÇALVES, R.; ALVES DA ROCHA-FILHO, P. Physicochemical characterization of canola oil/water nano-emulsions obtained by determination of required HLB number and emulsion phase inversion methods. **Journal of Dispersion Science and Technology**, 2006.

MUHAMMAD, H. I.; ASMAWI, M. Z.; KHAN, N. A. K. A review on promising phytochemical, nutritional and glycemic control studies on *Moringa oleifera* Lam. in tropical and sub-tropical regions. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 6, n. 10, p. 896–902, 2016.

PADAYACHEE, B.; BAIJNATH, H. An updated comprehensive review of the medicinal, phytochemical and pharmacological properties of *Moringa oleifera*. **South African Journal of Botany**, 2019.

RANI, N. Z. A.; HUSAIN, K.; KUMOLOSASI, E. *Moringa* genus: A review of phytochemistry and pharmacology. **Frontiers in Pharmacology**, v. 9, p. 108, 2018.

ROMBAUT, N.; SAVOIRE, R.; THOMASSET, B.; CASTELLO, J.; HECKE, E. VAN; LANOISELLÉ, J. L. Optimization of oil yield and oil total phenolic content during grape seed cold screw pressing. **Industrial Crops and Products**, v. 63, p. 26–33, 2015.

SÁNCHEZ-MACHADO, D. I.; LÓPEZ-CERVANTES, J.; NÚÑEZ-GASTÉLUM, J. A.; SERVÍN DE LA MORA-LÓPEZ, G.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, J.; PASEIRO-LOSADA, P. Effect of the refining process on *Moringa oleifera* seed oil quality. **Food Chemistry**, v. 187,

p. 53–57, 2015.

SAYRE, R. M.; AGIN, P. P.; LEVEE, G. J.; MARLOWE, E. A Comparison of in vivo and in vitro Testing of Sunscreening Formulas. **Photochemistry and Photobiology**, v. 29, n. 3, p. 559–566, 1979.

SCHERER, R.; GODOY, H. T. Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. **Food Chemistry**, v. 112, n. 3, p. 654–658, 2009.

SILVA, A. C. P. DA *et al.* Photoprotection assessment of olive (*Olea europaea* L.) leaves extract standardized to oleuropein: In vitro and in silico approach for improved sunscreens. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 193, n. November 2018, p. 162–171, 2019.

SINGER, S.; KARRER, S.; BERNEBURG, M. Modern sun protection. **Current Opinion in Pharmacology**, v. 46, p. 24–28, 2019.

SINGH, A. K.; RANA, H. K.; TSHABALALA, T.; KUMAR, R.; GUPTA, A.; NDHLALA, A. R.; PANDEY, A. K. Phytochemical, nutraceutical and pharmacological attributes of a functional crop *Moringa oleifera* Lam: An overview. **South African Journal of Botany**, 2019.

STRATAKOS, A. C.; KOIDS, A. Methods for Extracting Essential Oils. In: PREEDY, V. R. (ed.). **Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety**, n. chap. 4. Elsevier, 2016.

TERESCENCO, D.; PICARD, C.; CLEMENCEAU, F.; GRISEL, M.; SAVARY, G. Influence of the emollient structure on the properties of cosmetic emulsion containing lamellar liquid crystals. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 536, p. 10–19, 2018.

VARMA, S. R.; SIVAPRAKASAM, T. O.; ARUMUGAM, I.; DILIP, N.; RAGHURAMAN, M.; PAVAN, K. B.; RAFIQ, M.; PARAMESH, R. In vitro anti-inflammatory and skin protective properties of Virgin coconut oil. **Journal of Traditional and Complementary Medicine**, v. 9, n. 1, p. 5–14, 2019.

WANG, S. Q.; OSTERWALDER, U.; JUNG, K. Ex vivo evaluation of radical sun protection factor in popular sunscreens with antioxidants. **Journal of the American Academy of Dermatology**, v. 65, n. 3, p. 525–530, 2011.

WANG, Y.; GAO, Y.; DING, H.; LIU, S.; HAN, X.; GUI, J.; LIU, D. Subcritical ethanol

extraction of flavonoids from *Moringa oleifera* leaf and evaluation of antioxidant activity.

Food Chemistry, v. 218, p. 152–158, 2017.

WIJARNPRECHA, K.; VRIES, A. DE; SANTIWATTANA, P.; SONWAI, S.; ROUSSEAU, D. Microstructure and rheology of oleogel-stabilized water-in-oil emulsions containing crystal-stabilized droplets as active fillers. **LWT - Food Science and Technology**, v. 115, p. 108058, 2019.

XIE, Y.; CHEN, J.; ZHANG, S.; FAN, K.; CHEN, G.; ZHUANG, Z.; ZENG, M.; CHEN, D.; LU, L.; YANG, L.; YANG, F. The research about microscopic structure of emulsion membrane in O/W emulsion by NMR and its influence to emulsion stability. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 500, n. 1–2, p. 110–119, 2016.

YEAGER, D. G.; LIM, H. W. What's New in Photoprotection: A Review of New Concepts and Controversies. **Dermatologic Clinics**, v. 37, n. 2, p. 149–157, 2019.

ZHAO, X.; HE, Y.; CHEN, J.; ZHANG, J.; CHEN, L.; WANG, B.; WU, C.; YUAN, Y. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis Identification and direct determination of fatty acids profile in oleic acid by HPLC-CAD and MS-IT-TOF. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 204, p. 114238, 2021.

ZHONG, J.; WANG, Y.; YANG, R.; LIU, X.; YANG, Q.; QIN, X. The application of ultrasound and microwave to increase oil extraction from *Moringa oleifera* seeds. **Industrial Crops and Products**, v. 120, p. 1–10, 2018.

ZOU, W.; TANG, S.; LI, Q.; HU, G.; LIU, L.; JIN, Y.; CAI, Z. Addition of cationic guar-gum and oleic acid improved the stability of plasma emulsions prepared with enzymatically hydrolyzed egg yolk. **Food Hydrocolloids**, v. 105, n. March, p. 105827, 2020.