

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

RAIANE VIEIRA CHAVES

**AVALIAÇÃO DE EMULSÕES FOTOPROTETORAS DO TIPO O/A PRODUZIDAS
COM ÓLEO DE BABAÇU (*Orbignya phalerata*)**

São Cristóvão (SE)

2021

RAIANE VIEIRA CHAVES

**AVALIAÇÃO DE EMULSÕES FOTOPROTETORAS DO TIPO O/A PRODUZIDAS
COM ÓLEO DE BABAÇU (*Orbignya phalerata*)**

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**

	Chaves, Raiane Vieira
C512a	Avaliação de emulsões fotoprotetoras do tipo O/A produzidas com óleo de babaçu (<i>Orbignya phalerata</i>) / Raiane Vieira Chaves ; orientador Edilson de Jesus. - São Cristóvão, 2021. 53 f. :il.
	Dissertação (mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Sergipe, 2021.
	1. Engenharia química. 2. Babaçu. 3. Radiação solar. 4. Pele. I. Jesus, Edilson de, orient. II. Título.
	CDU 66.07

RAIANE VIEIRA CHAVES

**AVALIAÇÃO DE EMULSÕES FOTOPROTETORAS DO TIPO O/A
PRODUZIDAS COM ÓLEO DE BABAÇU (*Orbignya phalerata*)**

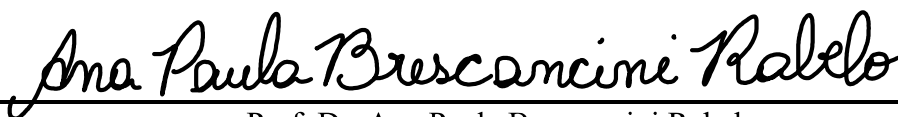
Dissertação de Mestrado aprovada no programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Sergipe em 12 de agosto de 2021.

BANCA EXAMINADORA



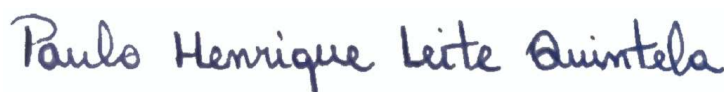
Prof. Dr. Edilson de Jesus (Orientador)

Universidade Federal de Sergipe



Prof. Dr. Ana Paula Brescancini Rabelo

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais



Prof. Dr. Paulo Henrique Leite Quintela

Universidade Federal de Sergipe

Aos meus avós, Otacílio e Jacira (*in memoriam*), e a todos que torcem pelo meu sucesso,
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A DEUS Todo poderoso que me deu sustento para chegar até aqui diante das intempéries da vida, mostrando o quanto sou forte e capaz de conquistar o imaginável.

Aos meus avós, Otacílio Viana e Jacira Viana (*in memorian*) que sempre torceram e fizeram de tudo por mim, dando-me suporte para crescer e subir cada vez mais alto na vida.

Ao meu padrinho Jean Pierr Viana Sagrillo, que junto aos meus avós nunca mediu esforços para me ajudar a crescer, que sempre comemorou todas as minhas vitórias e conquistas e nunca deixou de acreditar no meu sucesso.

À minha mãe, Alzenira Vieira, que sempre esteve presente mesmo de longe, colocando-me em suas orações, escutando-me nos dias mais difíceis, torcendo por minhas conquistas e me dando exemplo de sua imensa bondade, paciência, humildade e perseverança.

À minha irmã, Samanta Vieira e meu cunhado Jhony Monteiro, pelo apoio, compreensão e por me ajudar sempre que preciso.

Aos meus primos, Cecília Fatechi, Vinicius Schineider e Murilo Rangel (primo e afilhado) por tornarem os meus dias mais leves, aconchegantes e sorridentes a cada ligação e conversa.

À minha madrinha, Cícera Januário, que sempre esteve torcendo por mim, independentemente de qualquer escolha.

Ao César Sagrillo, que chegou para somar na vida da minha família, por sempre me orientar em momentos de dúvidas.

Ao Anderson Clayton, que me ajudou a enxergar a pessoa que sou, por me mostrar a cada dia o quanto sou capaz de superar dias e momentos difíceis, de forma leve e serena.

Ao meu amigo, Iago Hudson, pelos conselhos, orientações e ajuda quando sempre preciso.

As minhas companheiras de mestrado, Bianca Macêdo e Izis Palilla por tornarem esses anos de mestrado mais divertidos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Edilson de Jesus, pela orientação, paciência e ajuda durante este trabalho e por me passar todo conhecimento necessário.

À Universidade Federal de Sergipe (UFS), pela oportunidade de fazer este mestrado e subir mais um degrau na minha carreira, além de todo o subsídio necessário para a pesquisa.

Aos técnicos e colegas, Danilo Silva, Bianca de Macêdo, Denise Félix, Denes da Graça, que se dispuseram a me ajudar em algumas análises e a sanar algumas dúvidas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro.

A vida é assim.
O aprendizado é na prática.
E a regra é simples: se não posso mudar os fatos,
então deixo que os fatos me modifiquem.
Quero o crescimento possível, a travessia que me é proposta.
Por que ficar parado e lamentando a vida que não quero,
é um jeito estranho de abandonar a vida que tanto desejo.

Padre Fábio de Melo

RESUMO

A incidência dos raios solares ultravioletas (UV) na pele, sem a devida proteção, pode ocasionar o surgimento de endemas, eritemas, melasma e até câncer de pele, tornando o uso de fotoprotetores indispensável. Assim, o trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de fotoproteção de emulsões cosméticas produzidas com óleo extraído das sementes de babaçu (*Orbignya phalerata*). A determinação de compostos voláteis do óleo foi realizada por cromatografia (CG-MS), identificando a presença de ácido láurico e ácido mirístico como compostos predominantes. A atividade antioxidante avaliada foi de 863,80 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (IC_{50}), 0,099 (IAA) e habilidade quelante de 29,53%. O óleo apresentou concentração de fenóis totais de 19,93 mg EAG g^{-1} de óleo e fator de proteção solar (FPS) de 1,42. Na construção do diagrama de fases pseudo-ternário, foi utilizado proporções específicas de óleo de babaçu (fase oleosa), água Milli-Q (fase aquosa), Procetyl (tensoativo) e ácido oleico (cotensoativo) na proporção de 2:1. As emulsões obtidas apresentaram características de emulsão do tipo óleo em água (O/A) e comportamento de fluidos pseudoplásticos, de acordo com a curva de escoamento por análise reológica, permitindo melhor espalhamento e cobertura da pele. As emulsões preparadas com 5% de óleo em sua formulação apresentaram capacidade média de proteção solar com FPS de 22,54, 20,00 e 18,72. Portanto, o uso de óleo de sementes de babaçu mostrou potencialidade para a produção de emulsões fotoprotetoras.

Palavras-chave: Babaçu; fotoproteção; pseudoplástico

ABSTRACT

The incidence of the sun's ultraviolet (UV) rays on the skin, without proper protection, can cause the appearance of endemas, erythema, melasma and even skin cancer, making the use of sunscreens indispensable. Thus, the work aimed to evaluate the photoprotection capacity of cosmetic emulsions produced with oil extracted from babassu seeds (*Orbignya phalerata*). The determination of volatile compounds in the oil was performed by chromatography (CG-MS), identifying the presence of lauric acid and myristic acid as predominant compounds. The antioxidant activity evaluated was 863,80 $\mu\text{g mL}^{-1}$ (IC₅₀), 0,099 (IAA) and 29,53% chelating ability. The oil had a total phenol concentration of 19,93 mg EAG g⁻¹ of oil and a sun protection factor (SPF) of 1,42. In the construction of the pseudo-ternary phase diagram, specific proportions of babassu oil (oily phase), Milli-Q water (aqueous phase), Procetyl (surfactant) and oleic acid (cosurfactant) in a 2:1 ratio were used. The obtained emulsions presented oil-in-water (O/W) emulsion characteristics and pseudoplastic fluid behavior, according to the flow curve by rheological analysis, allowing better spread and coverage of the skin. Emulsions prepared with 5% oil in their formulation showed average sun protection capacity with SPF of 22,54, 20,00 and 18,72. Therefore, the use of babassu seed oil showed potential for the production of photoprotective emulsions.

Keywords: Babassu; photoprotection; pseudoplastic

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação do EE x I para os comprimentos de onda de 290 a 320 nm.....	32
Tabela 2 - Composição das formulações fotoprotetoras selecionadas do diagrama e soluções inertes	33
Tabela 3 – Espécies voláteis identificadas no óleo de semente de babaçu	38
Tabela 4 - Capacidade antioxidante, concentração de fenóis totais, atividade quelante e fator de proteção solar do óleo do óleo	39
Tabela 5 - Massas e volumes específicos das emulsões e seus constituintes	43
Tabela 6 - Concentrações das soluções etanoicas, FPS das emulsões e soluções inertes	43
Tabela 7 - Viscosidade média das emulsões A ₁ , A ₂ , B ₁ , B ₂ em temperaturas diferentes	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Produtos da industrialização do babaçu	20
Figura 2 - Estrutura Química do Ácido oleico	25
Figura 3 - Estrutura Química do PPG-5-CETETH-20.....	25
Figura 4 - Representação de um diagrama de fases ternário dos componentes A, B e C a temperatura constante. O ponto X apresenta 40% de A, 50% de B e 10% de C.....	26
Figura 5 – Fluxograma representativo das metodologias utilizadas.....	28
Figura 6 - Diagrama Pseudo-ternário Procetyl:AO/ óleo/ Água	41
Figura 7 – Viscosidade em função da rotação em diferentes temperatura da amostra A ₁	47
Figura 8 – Viscosidade em função da rotação em diferentes temperatura da amostra B ₁	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo geral	17
2.2 Objetivos específicos.....	17
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	18
3.1 Óleos vegetais.....	18
3.2 Óleo de coco babaçu (<i>Orbignya phalerata</i>)	19
3.3 Radiação Ultravioleta (UV).....	21
3.4 Emulsões	23
3.4.1 Tensoativos	24
3.4.2 Ácido Oleico	24
3.4.3 Álcool cetílico propoxilado 5 OP etoxilado 20 OE.....	25
3.5 Diagramas de fases	25
3.6 Reologia	27
4 MATERIAIS E MÉTODOS	28
4. 1 Obtenção das sementes de babaçu e extração do óleo.....	28
4.2 Caracterização do óleo	29
4.2.1 Análise e identificação dos compostos voláteis	29
4.2.2 Determinação da concentração de compostos fenólicos totais	30
4.2.3 Determinação da atividade antioxidante radical DPPH.....	30
4.2.4 Habilidade quelante	31

4.2.5 Determinação do fator de proteção solar (FPS) <i>in vitro</i>	31
4.3 Obtenção das emulsões através de diagrama de fases	32
4.4 Caracterização das emulsões	34
4.4.1 Análise do comportamento reológico	34
4.4.2 Determinação do tipo de emulsão	34
4.4.3 Determinação do fator de proteção solar (FPS) <i>in vitro</i>	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1 Rendimento do óleo de babaçu	37
5.2 Caracterização do óleo de babaçu	37
5.2.1 Identificação dos compostos voláteis	37
5.2.2 Concentração de fenóis totais, atividade antioxidante, habilidade quelante e FPS.	39
5.3 Preparação e caracterização das emulsões	40
5.3.1 FPS.....	42
5.3.2 Comportamento reológico	45
6 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS.....	50

1 INTRODUÇÃO

A exposição aos raios ultravioletas (UV) sem a devida proteção da pele pode ocasionar o surgimento de espécies reativas de oxigênio (EROS) no organismo, que é um desequilíbrio denominado estresse oxidativo. O aumento da EROS pode promover distúrbios dermatológicos, resultando no surgimento de eritemas, endemas, melasma, fotoenvelhecimento e câncer de pele. Assim, faz-se necessário o uso de protetores solares como forma de prevenção aos raios UV (SMAOUI *et al.*, 2017; DE SILVA e TENCOMNAO, 2018).

A Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 30 de 1º de junho de 2012 da Agência Nacional de Vigilância de Sanitária – ANVISA – (BRASIL, 2012), define protetor solar como qualquer formulação cosmética de uso tópico com a finalidade exclusiva ou principal de proteger contra a radiação UVB (comprimento de onda de 90 a 320 nm) e UVA (320 a 400 nm), absorvendo, dispersando ou refletindo a radiação. A eficácia deste cosmético é medida pelo fator de proteção solar (FPS), que é calculado em função da sua capacidade de retardar a formação de eritemas prevalentes da radiação UVB (TAKSHAK; AGRAWAL, 2019). A RDC nº 30 de 2012 estabelece que a formulação cosmética para ser considerada um protetor solar deve apresentar FPS de no mínimo 6 (BRASIL, 2012).

O uso de produtos naturais apresenta-se como alternativa viável para formulações fotoprotetoras. Dentre os produtos naturais, estudos realizados apontam os óleos vegetais são promissores em formulações fotoprotetoras, por possuírem características que conferem emoliência, hidratação, lubrificação e proteção, substituindo ou reduzindo a quantidade de compostos sintéticos na formulação. Os óleos fixos, tais como os extraídos do babaçu (*Orbignya phalerata*), buriti (*Mauriti aflexuosa*), andiroba (*Carapa guianensis*), pracaxi (*Pentaclethra macroloba*) e ucuúba (*Virola spp*), são insumos de grande valor na produção de novos medicamentos, alimentos e cosméticos, e sua utilização valoriza a região e impulsiona a economia local (VELASCO *et al.*, 2015; ROCHA-FILHO *et al.*, 2017). Badea (2015), Marto (2016) e Dario (2018) utilizaram óleos vegetais em suas formulações para avaliar suas atividades antioxidantes e fotoprotetoras e comprovaram que a presença desses materiais vegetais ajuda a melhorar o FPS das formulações.

O babaçu (*Orbignya phalerata*) é um tipo de palmeira pertencente à família Arecaceae. No Brasil, a palmeira é difundida principalmente na Região Amazônica, Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga. No cerrado, é encontrado principalmente nos estados do Maranhão, Tocantins e Piauí, em florestas nativas de babaçu, conhecidas como babaçuais (BAJERSKI *et*

al., 2016). Segundo Sousa Vieira *et al.* (2017), a sua composição está relacionada a importância do óleo de babaçu para cosméticos, apresentando propriedades emolientes e que pode promover hidratação sem aumentar oleosidade da pele. Estudos anteriores mostraram que o óleo de babaçu apresenta altas quantidades de triacilglicerídeos, ricos em ácidos graxos como os ácidos láurico, mirístico e oleico. Ele também apresenta propriedades emulsionantes, pois em geral, os ácidos graxos cuja cadeia carbônica varia de 8 a 16 carbonos comportam-se como tensoativos e possuem boas propriedades detergentes e emulsionantes, o que justifica seu uso em emulsões do tipo óleo em água (O/A) (BADEA *et al.*, 2015).

Novas formulações cosméticas usam emulsões como veículos em sua preparação, sendo considerada a mais indicada por apresentarem constituintes hidro e lipossolúveis, promovendo maior hidratação da pele (LACHMAN *et al.*, 2001). Emulsões são dispersões imiscíveis que na presença de tensoativos ou surfactantes tornam-se miscíveis macroscopicamente, diminuindo a tensão interfacial entre os componentes. Alguns tensoativos, além de favorecer a mistura entre componentes, possuem a capacidade de se autoestruturar na presença de água (TERESCENCO *et al.*, 2018; DANNENBERG *et al.*, 2019; FONSECA-SANTOS *et al.*, 2019).

O óleo de babaçu é pouco explorado em relação a cosméticos, principalmente em formulações fotoprotetoras, é sustentável e contém ativos naturais semelhantes aos do coco, que gera grande interesse na indústria cosmética, além de agregar valor ao óleo e valorizar a região, já que é um produto proveniente do extrativismo brasileiro e que tem grande importância porque assegura a subsistência de várias famílias do interior do país. Assim, este trabalho utilizou óleo vegetal de coco babaçu para preparação de emulsões do tipo óleo em água com efeito fotoprotetivo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a capacidade de fotoproteção de emulsões do tipo óleo em água produzidas com óleo vegetal de coco babaçu (*Orbignya phalerata*).

2.2 Objetivos específicos

- Extrair o óleo de coco babaçu por prensagem a frio;
- Identificar os constituintes voláteis do óleo essencial por meio de cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massas (CG-MS);
- Determinar a concentração de compostos fenólicos totais do óleo de babaçu;
- Determinar a atividade antioxidante do óleo de babaçu pelo método de medição da habilidade quelante e a inibição do radical livre DPPH;
- Preparar emulsões do tipo O/A utilizando o óleo de babaçu como fase oleosa;
- Determinar o fator de proteção solar (FPS) in vitro do óleo de babaçu e das emulsões;
- Avaliar a viscosidade das emulsões e o seu comportamento frente às variações de rotação em diferentes temperaturas.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Esta revisão apresenta estudos e conceitos a respeito de óleos vegetais, sementes e óleo de babaçu e seus constituintes, fator de proteção solar (FPS) e alguns malefícios que a radiação ultravioleta (UV) pode causar à saúde, bem como pesquisas sobre emulsões, tensoativos e reologia.

3.1 Óleos vegetais

O uso de óleos vegetais em cosméticos intensificou-se nos últimos anos devido ao seu forte apelo comercial, além de serem produtos naturais, apresentarem propriedades diversificadas em um só ativo cosmético e efeitos sinérgicos que podem contribuir para melhorar as características físicas e biológicas da pele. Desse modo, apresentam uma crescente aceitação desses produtos pelos consumidores e representam um nicho de interesse no mercado de cosméticos (VELASCO *et al.*, 2015).

Os óleos vegetais possuem propriedades emolientes, mistura de compostos que mantem a suavidade e flexibilidade da pele, exercendo efeito protetor contra o ressecamento e a irritação, além de formar uma barreira que impede a perda excessiva de umidade. Há dois mecanismos de hidratação, a oclusão e a umectação e recentemente foi acrescentado um terceiro mecanismo, a estabilização dos lipídeos intercelulares organizados em fase líquida cristalina. A incorporação de emolientes de origem vegetal como componente de uso tópico proporciona efeitos de proteção e reposição da matriz lipídica da pele (VELASCO *et al.*, 2015; SERRA *et al.*, 2019).

A importância do uso de óleos vegetais é devido a rica constituição em ácidos graxos que exerce um papel importante na função da barreira cutânea. Rocha-Filho *et al.* (2017), relatou o uso de nanoemulsões de óleo de babaçu contendo extratos vegetais como veículo potencial para aplicação tópica, com base na hidratação, oleosidade e pH da pele. A composição do óleo é rica em ácidos graxos saturados, o que promoveu uma redução no endema de orelha, capacidade de hidratação da pele, sem influência no valor do pH da pele.

Badea *et al.* (2015) avaliaram o uso de óleos vegetais (óleo de semente de romã, óleo de gérmen de trigo, óleo de semente de groselha preta, óleo de semente de gergelim, óleo de raiz de cenoura, óleo de semente de framboesa e óleo de farelo de arroz) no projeto de formulações fotoprotetoras para proteção UV e atividade antioxidante. Das setes formulações,

o creme à base de semente de romã obteve melhor proteção UV (FPS de 4,1). Sabendo que uma interação sinérgica pode ocorrer entre compostos ativos de diferentes óleos, o mesmo desenvolveu uma formulação de óleo de semente de romã combinado com óleo de gérmen de trigo, melhorando a eficiência de retenção (70%) e fotoproteção (FPS de 5,1). Todos os óleos vegetais apresentaram uma boa atividade antioxidante.

Dario *et al.* (2018), afirmam que óleo de amêndoa de bocaiúva tem o potencial de substituir filtros orgânicos, preservando a fotoproteção. O óleo de amêndoa de bocaiúva contém alto teor de ácidos graxos, polifenóis e β -caroteno. A incorporação do óleo em um creme hidrofílico apresentou FPS de 27,7.

3.2 Óleo de coco babaçu (*Orbignya phalerata*)

No Brasil, a palmeira de babaçu é nativa das regiões norte e nordeste, e também pode ser encontrada na Colômbia. Geralmente sua altura chega a 20 m, produzindo babaçus, portadores de sementes, fixados a cachos que em média são 4 por palmeira a cada estação com produção de 15-25 cocos por cacho (TEIXEIRA, 2008).

O babaçu (*Orbignya phalerata*) é um tipo de palmeira da família Arecaceae que é bastante difundido no Brasil nos biomas da Amazônia, da Mata Atlântica, do Cerrado e da Caatinga. No cerrado é encontrado em babaçuais, centrado nos estados do Maranhão, Tocantins e Piauí, na região conhecida como mata dos cocais (CARRAZZA, ÁVILA E SILVA, 2012).

Os frutos da palmeira de coco babaçu possuem características peculiares apresentando forma elipsoidal com peso variando de 90-280 g. Os frutos do babaçu são constituídos por epicarpo, mesocarpo, endocarpo e sementes da qual se extraem o óleo e o leite de coco babaçu (TEIXEIRA, 2008; SANTANA, 2013). De acordo com o IBGE (2019) a quantidade de sementes produzidas foi de mais de 51 mil toneladas, comparado ao ano de 2018 a produção de sementes de babaçu teve uma redução de 4,13%, sendo as sementes oleaginosas de babaçu consideradas um dos produtos não madeireiros que se destacou em valor de produção (R\$ 92,2 milhões) em 2018, fazendo o Maranhão o maior produtor de babaçu.

De acordo com a localização os pesos dos frutos variam, pois dependem dos fatores ambientais que interferem nas características físicas. Os percentuais de peso do fruto do babaçu obtidos na literatura de acordo com Teixeira (2008) foram de 11% epicarpo, 23% mesocarpo, 59% endocarpo e 7% sementes.

Estudos mencionam que o babaçu possui 64 usos catalogados, conforme verificado na Figura 1, entretanto apenas uma dezena seria economicamente viável. Apesar dessa quantidade

de uso catalogada o potencial do babaçu continua inexplorado devido à falta de escala e estrutura produtiva (SANTOS e MITJA, 2008). Embora o babaçu ofereça uma ampla gama de produtos e subprodutos, praticamente só são produzidos industrialmente o óleo e torta obtida a partir das sementes (SANTANA, 2013).

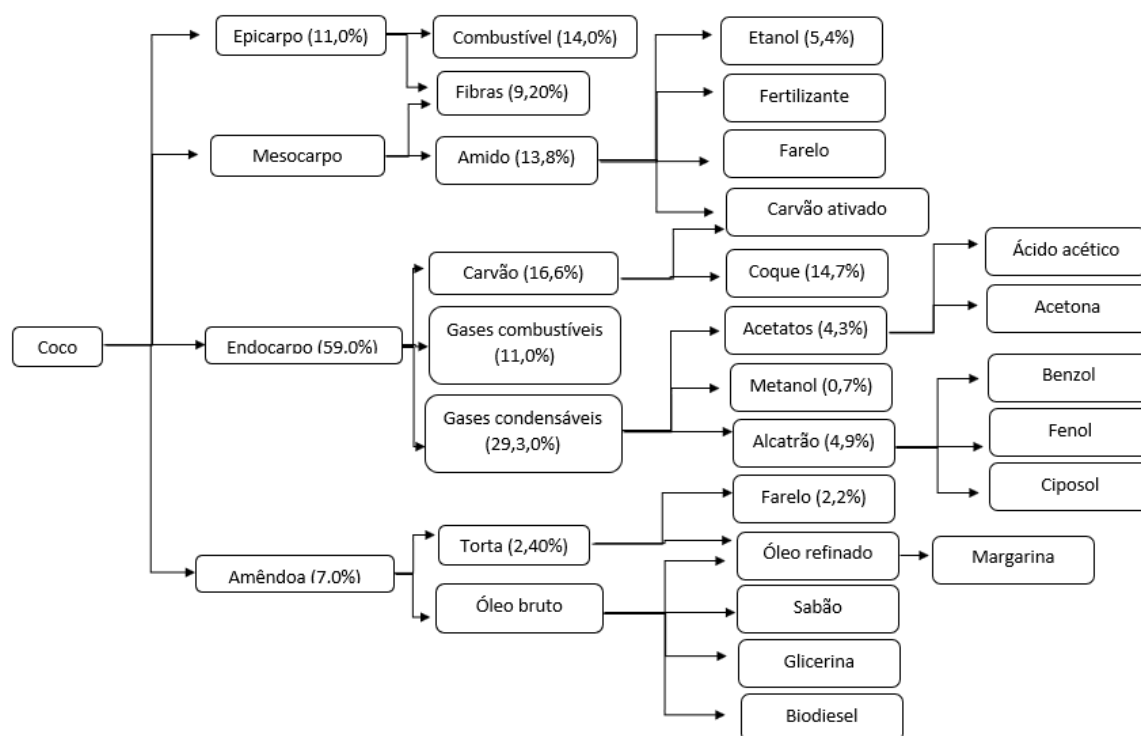


Figura 1– Produtos da industrialização do babaçu

A etapa de obtenção da semente de babaçu tem importância relevante para o prosseguimento das demais etapas. A obtenção da semente pode ocorrer de três modos, o primeiro da forma tradicional, as “chamadas quebradeiras de coco babaçu” utilizam um machado e com o auxílio de um porrete extraem as sementes, o segundo, de forma rudimentar, o babaçu é quebrado a golpes de pedra sobre uma superfície dura e também a obtenção das sementes pode ser de forma semimecanizado, este pouco usado (CARRAZZA, ÁVILA E SILVA, 2012).

As sementes têm um alto teor de óleo, que pode ser extraído para uso na indústria de cosméticos, alimentos, detergentes e lubrificantes. As palmeiras de babaçu têm significantes fatores socioeconômicos, devido a sua ampla utilização por populações que dependem da subsistência da agricultura (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

O óleo de babaçu apresenta um elevado teor de ácidos graxos saturados de cadeia curta (80,32 a 87,80%). Entretanto, a porção de ácidos graxos insaturados varia de 12,20 a 19,68%. O componente predominante do óleo de babaçu é representado pelo ácido láurico. A quantificação do teor de ácidos graxos do óleo é: láurico (44,86-52,15%), mirístico (15,64-17,57%), oléico (10,55-17,96%), caprílico (5,03-0,52%), esteárico (2,38-3,24%), linoleico (1,34-1,86%), cáprico (7,99-2,32%) (SANTOS *et al.*, 2013; SANTANA *et al.*, 2017).

Estudos mostram que a composição do óleo de semente de babaçu é bastante parecida com a do óleo de coco, pois ambos apresentam alto teor de ácido láurico e mirístico. Assim, o óleo de babaçu pode ser empregado em produtos cosméticos em substituição do óleo de coco (SERRA *et al.*, 2019).

O óleo de babaçu apresenta propriedades emolientes, promovendo a hidratação da pele sem aumentar a sua oleosidade, podendo ser usado em produtos tanto para peles ressecadas quanto para peles oleosas. Tanto o ácido láurico quanto o ácido oleico comportam-se como carreadores de princípios ativos, pois são capazes de aumentar a permeabilidade destes através da pele (SANTOS *et al.*, 2013). Atualmente, é comumente empregado na fabricação de sabões, em substituição às gorduras de origem animal e mineral, podendo ser utilizado na fabricação de tensoativos para fins industriais e cosméticos. Apresenta propriedades emulsificantes, que justificam seu uso na preparação de emulsões do tipo óleo em água (O/A) (ROCHA-FILHO *et al.*, 2017).

3.3 Radiação Ultravioleta (UV)

Um amplo espectro de radiação é emitido pelo sol, que é desviado ou atenuado pelas camadas atmosféricas. A classificação das radiações que chegam à superfície é não-ionizante subdivididas em infravermelho, visível e ultravioleta (WRÓBLEWSKA *et al.*, 2019).

De acordo com a RDC nº 30 de 1º de junho de 2012 (BRASIL, 2012) a radiação ultravioleta (UV) se divide em três bandas com diferentes comprimentos de onda (λ): radiação UVA de 320 a 400 nm (UVA I de 340 a 400 nm e UVA II de 320 a 340 nm), possui alta capacidade de penetração na pele e está envolvida na maioria das reações fotoalérgicas, fotoenvelhecimento cutâneo, carcinogênese, algumas reações fototóxicas e reações de fotossensibilização. A radiação UVA é a responsável pelo bronzeamento e a principal geradora de EROS (BADEA *et al.*, 2015; DE SILVA e TENCOMNAO, 2018).

A radiação UVB de 290 a 320 nm é responsável pelo eritema solar, estimula a pigmentação retardada que tem um papel importante na fotoproteção natural da pele, produz

morte celular epidérmica e liberação de mediadores inflamatórios próprios da queimadura solar e é capaz de produzir dano ao DNA e em sua maior parte é filtrada pela camada de ozônio. É a principal responsável pelo estresse oxidativo e pela síntese de vitamina D, sendo a causadora dos danos mais visíveis na pele (BADEA *et al.*, 2015; DE SILVA e TENCOMNAO, 2018).

A UVC de 200 a 290 nm, no entanto é absorvida completamente na camada de ozônio, assim como parte da radiação UVB, estimando que 95% da radiação que chega à atmosfera seja UVA e 5% UVB (DE SILVA e TENCOMNAO, 2018).

Devido aos danos causados pela radiação UV é indicado o uso de protetor solar. 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-as (BRASIL, 2012).

3.3.1 Fotoproteção e Fator de proteção solar (FPS)

Segundo a RDC nº 69 de 2016 (BRASIL, 2016), para a preparação dos protetores solares são necessárias substâncias que possuam a capacidade de absorver, refletir ou dispersar os raios ultravioletas e de proteger a pele de seus efeitos danosos. Essas substâncias são chamadas filtros solares e são classificadas em físicos ou inorgânicos e químicos ou orgânicos.

Os filtros inorgânicos funcionam como barreira sobre a pele, refletindo e dispersando os raios UV, atuam como bloqueadores físicos, como óxido de titânio e de zinco. Já os filtros orgânicos agem na absorção dos raios UV, mas existem aqueles que são capazes de, além de absorver, dispersar e refletir a radiação UV, principalmente a UVB, são compostos aromáticos com grupos carboxílicos, como benzofenonas (MARTO *et al.*, 2016).

A utilização de óleos vegetais com a presença de bioativos com características antioxidantes e fotoprotetores em formulações de protetores solares como complemento ou substituto de filtros físicos e químicos de forma a melhorar a fotoproteção é o novo foco das pesquisas e dos produtos (BADEA *et al.*, 2015).

Muitos compostos naturais como antocianinas, carotenoides, flavonoides, taninos, alcaloides, terpenos, algumas vitaminas e óleos voláteis além de possuírem o potencial de bloqueio das radiações UVB também podem agir com suas características antioxidantes, cicatrizantes, anti-inflamatórias e seu potencial antienvelhecimento, de forma a proteger mais efetivamente a pele contra os danos desta radiação (TAKSHAK e AGRAWAL, 2019).

A proteção mais eficaz contra a radiação UV pode ser alcançada com combinações de filtros solares e antioxidantes, pois estes podem eliminar os radicais livres enquanto

minimizam a redução do oxigênio molecular a superóxido (espécie reativa de oxigênio), além de amenizar os danos celulares provocados pelas radiações solares e os sinais de envelhecimento da pele e de possuírem propriedades fotoprotetoras (LIM *et al.*, 2017).

De acordo com Sohn *et al.* (2016) e Takshak e Agrawal (2019), a eficácia do protetor solar é medida através do fator de proteção solar (FPS), que calcula a capacidade da formulação em retardar a formação de eritemas sob exposição da pele ao sol por determinado tempo, sendo, então, calculado em função da radiação UVB causadora de eritemas.

A RDC nº 30 de 2012 (BRASIL, 2012) classifica os protetores solares em baixa, média, alta e muito alta proteção de acordo com os valores de FPS, em que de 6 a 14,9 é de baixa proteção, de 15 a 29,9 de média proteção, de 30 a 50 de alta proteção e acima de 50 e menor que 100 é considerado de muito alta proteção. Além disso, a RDC estabelece que o FPS mínimo para formulação ser considerada fotoprotetora é 6.

Os protetores solares necessitam de dois componentes para sua formulação: os ingredientes ativos (filtros orgânicos, inorgânicos e/ou naturais) e os veículos, como loções hidroalcoólicas, emulsões e géis, sendo que a emulsão é mais utilizada.

Formulações a base de emulsões com características fotoprotetoras utilizando óleos vegetais para atuarem sinergicamente com os filtros físicos e químicos foram estudadas por Marto *et al.* (2016), Lacatusu *et al.* (2018), Da Silva *et al.* (2019) e Wróblewska *et al.* (2019), que obtiveram formulações com aumento de FPS e de atividade antioxidante.

3.4 Emulsões

Segundo Lachman *et al.* (2001), emulsão é uma mistura termodinamicamente instável de dois líquidos imiscíveis, em que um fica disperso no outro. A instabilidade se dá pela positiva e elevada tensão interfacial (energia livre) entre as fases. Quando esses dois líquidos imiscíveis, geralmente água e óleo, são agitados mecanicamente, é possível notar a formação de gotículas das duas fases. Porém, quando a agitação é cessada, as gotículas coalescem (se juntam) e os dois líquidos se separam.

A fim de aumentar o tempo de vida das gotículas, é necessário que se adicione um emulsificante, também chamado de emulsionante, surfactante ou tensoativo, o qual diminuirá a tensão interfacial entre os dois líquidos, fazendo com que apenas uma fase continue a formar gotículas por certo período. A essa fase dá-se o nome de fase interna, dispersa ou descontínua, que é rodeada pela fase externa, dispersante ou contínua (LACHMAN *et al.*, 2001).

As emulsões podem ser classificadas em óleo em água (O/A), quando são compostas por óleo na fase interna e água na fase externa e em água em óleo (A/O) quando o inverso ocorre. Às vezes pode acontecer à inversão das fases e a emulsão A/O pode tornar-se O/A e vice-versa. Existem as chamadas emulsões múltiplas, mais complexas, que são as emulsões água em óleo, em água (A/O/A) e óleo em água, em óleo (O/A/O), que também podem se inverter, mas sua inversão dá origem a emulsões simples (YAMASHITA *et al.*, 2017).

3.4.1 Tensoativos

Os tensoativos, também chamados de emulsionantes, emulsificantes ou surfactantes, são utilizados para melhorar a estabilidade das emulsões e para diminuir a tensão interfacial e a energia livre entre os dois fluidos imiscíveis tornando-os miscíveis macroscopicamente, através da sua característica anfifílica (presença de grupos polares e apolares). A parte polar (hidrofílica) é solúvel em água e em outros solventes (ou líquidos) polares, assim como a parte apolar (lipofílica de cadeia hidrocarbônica) é solúvel em hidrocarbonetos, óleos e gorduras. A parte hidrofílica pode apresentar cargas, positivas ou negativas e quanto mais carga o tensoativo tiver, mais solúvel será em água (LACHMAN *et al.*, 2001; DALTIM, 2011).

Os tensoativos são classificados como aniônicos (cargas negativas na região polar), catiônicos (cargas positivas na região polar), não iônicos (não apresentam cargas verdadeiras) e anfóteros ou anfotéricos ou zwitteriônicos (apresentam cargas positivas e negativas na mesma molécula e se comportam de acordo com o pH – aniônicos em meio alcalino e catiônicos em meio ácido) (DALTIM, 2011).

3.4.2 Ácido Oleico

É o componente majoritário de diversos óleos presentes em sementes de plantas. É o ácido graxo insaturado mais abundante na natureza e é utilizado comercialmente na preparação de oleatos e loções, como um solvente farmacêutico (SOTO-GUZMAN *et al.*, 2013). É um líquido incolor ou ligeiramente amarelado, de fórmula química $C_{18}H_{34}O_2$, massa molecular 282,5 g/mol, densidade 0,891 g/mL. É insolúvel em água e facilmente oxidável. Seu Equilíbrio Hidrófilo-Lipófilo (EHL) calculado segundo a fórmula de Davies é 1,025 (HOLMBERG *et al.*, 2002).

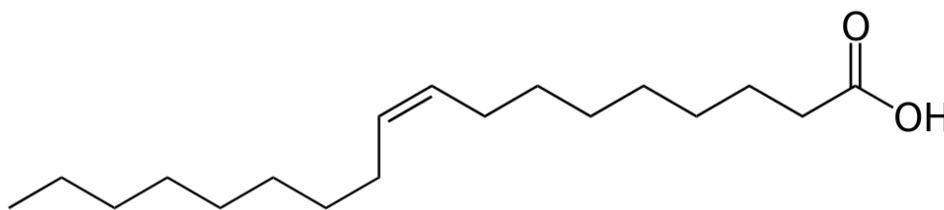


Figura 2 - Estrutura Química do Ácido oleico

3.4.3 Álcool cetílico propoxilado 5 OP etoxilado 20 OE

Conhecido comercialmente por ProcetylTM AWS é um tensoativo não iônico amplamente utilizado, um derivado alcoxilado cetílico (CRODA, 2017). Seu nome químico é álcool cetílico propoxilado 5 OP etoxilado 20 OE e seu nome INC (International Nomenclature of Cosmetic Ingredient) é PPG-5-CETETH-20 (BPI LABS, 2013). É um líquido incolor, solúvel em água e etanol, EHL=16, densidade relativa 1,050 g/mL (CRODA, 2017). A concentração usual é de 0,5-5%, é um não irritante primário e não sensibilizante (CRODA, 2017). Possui excelente propriedade emoliente, é utilizado em cosméticos como emulsionante, agente molhante, solubilizante e plasticizante (CRODA, 2017).

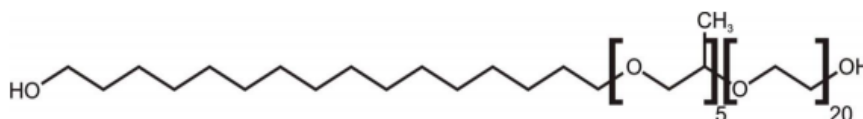


Figura 3 - Estrutura Química do PPG-5-CETETH-20

3.5 Diagramas de fases

Os diagramas de fases são representações gráficas das fases presentes em um sistema em função da temperatura, pressão ou composição. Em sua maioria são obtidos em condições de equilíbrio e são usados para entender e prever o comportamento de materiais (CARAM-JÚNIOR, 2000). Podem ser de substâncias puras e de sistemas binários, ternários ou pseudo-ternários (HOLMBERG *et al.*, 2002, ROSEN, 2004).

Gibbs em 1876 elaborou a regra das fases, a equação que determina o número de variáveis independentes do sistema (Equação 1). Essa regra estabelece o aspecto geral do diagrama de fases e expressa a relação genérica entre os graus de liberdade (F) de um sistema, o número de fases (P) e o número de componentes (C) no equilíbrio para qualquer sistema.

Grau de liberdade (F) é o número de variáveis de estado intensivas que podem ser variadas independentemente, sem perturbar o número de fases em equilíbrio (HOLMBERG *et al.*, 2002, BASTOS *et al.*, 2011).

$$F = C - P + 2 \quad (1)$$

Quando se trabalha à temperatura constante, é comum representar o comportamento de fase em triângulos de Gibbs, representado na Figura 4 (HOLMBERG *et al.*, 2002). Para os sistemas estabilizados por tensoativos, é possível descrever as mudanças que se produzirão a partir das variações nas concentrações dos componentes utilizando diagramas de fases ternários, composto por um componente em cada vértice do triângulo (água, óleo e tensoativo) e pseudo-ternários quando quatro componentes ocupam os três vértices (água, óleo, tensoativo e cotensoativo) (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

Em um diagrama pseudo-ternário, é possível delimitar as regiões de CL (cristal líquido), ME (microemulsão), EM (emulsão), SF (separação de fases) e sistemas afins (ROSEN, 2004). Cada vértice do triângulo representa 100% do componente (água, óleo, tensoativo/cotensoativo) (OLIVEIRA *et al.*, 2004).

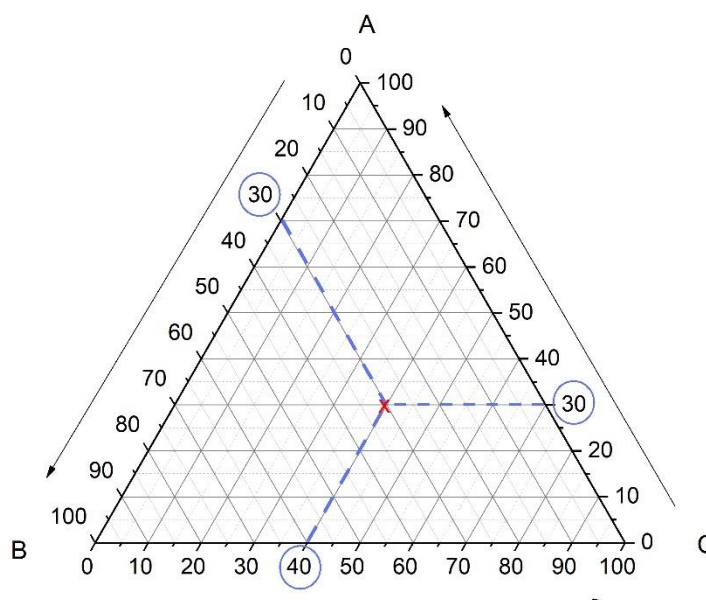


Figura 4 - Representação de um diagrama de fases ternário dos componentes A, B e C a temperatura constante. O ponto X apresenta 30% de A, 30% de B e 40% de C

3.6 Reologia

Reologia, segundo Lachman *et al.* (2001) e Schramm (2006), é a ciência que estuda o escoamento ou a deformação de corpos (líquido, sólido ou gás) sob a influência de tensões. A resistência de um fluido e à ação de qualquer tensão sobre ele é chamada de viscosidade, desta forma, quanto maior a viscosidade do fluido, mais difícil é o seu escoamento. A Equação 2 apresenta a lei básica da viscosimetria que descreve o comportamento de fluxo do fluido.

$$\tau = \eta \cdot \gamma \quad (2)$$

Em que τ é a tensão de cisalhamento (Pa); η é a viscosidade (Pa.s) e γ é a taxa de cisalhamento (s^{-1}).

A correlação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento define o comportamento reológico do fluido e o diagrama gerado é chamado de curva de fluxo. Através da curva de fluxo é possível avaliar se o fluido apresenta comportamento Newtoniano ou não-Newtoniano. Os fluidos Newtonianos seguem a lei básica da viscosimetria, em que a viscosidade não é afetada por mudanças na taxa de cisalhamento. Os fluidos não-Newtonianos têm sua viscosidade variando em função da taxa de cisalhamento aplicada, quando há acréscimo de viscosidade o fluido é considerado dilatante, quando há decréscimo é considerado pseudoplástico e quando a viscosidade decai com limite de escoamento é chamado de fluido plástico (SCHRAMM, 2006).

A reologia de formulações cosméticas é importante para conhecer seu comportamento antes, durante, depois do envase e durante o uso. Fluidos pseudoplásticos são os mais comuns e indicados para dispersões coloidais cosmecêuticas, pois devem apresentar viscosidade inicial adequada que irá permitir melhor espalhamento e cobertura da pele, além de que a diminuição da viscosidade aparente facilita a preparação e a aplicação do produto na pele (FORMARIZ *et al.*, 2010; WAGEMAKER, 2013).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

As análises foram realizadas no Laboratório de Química Industrial (LQI), no Laboratório de Desenvolvimento e Caracterização de Materiais (LDCMat) do Departamento de Engenharia Química (DEQ) da Universidade Federal de Sergipe (UFS). As metodologias seguiram a sequência mostrada no fluxograma expresso na Figura 5.

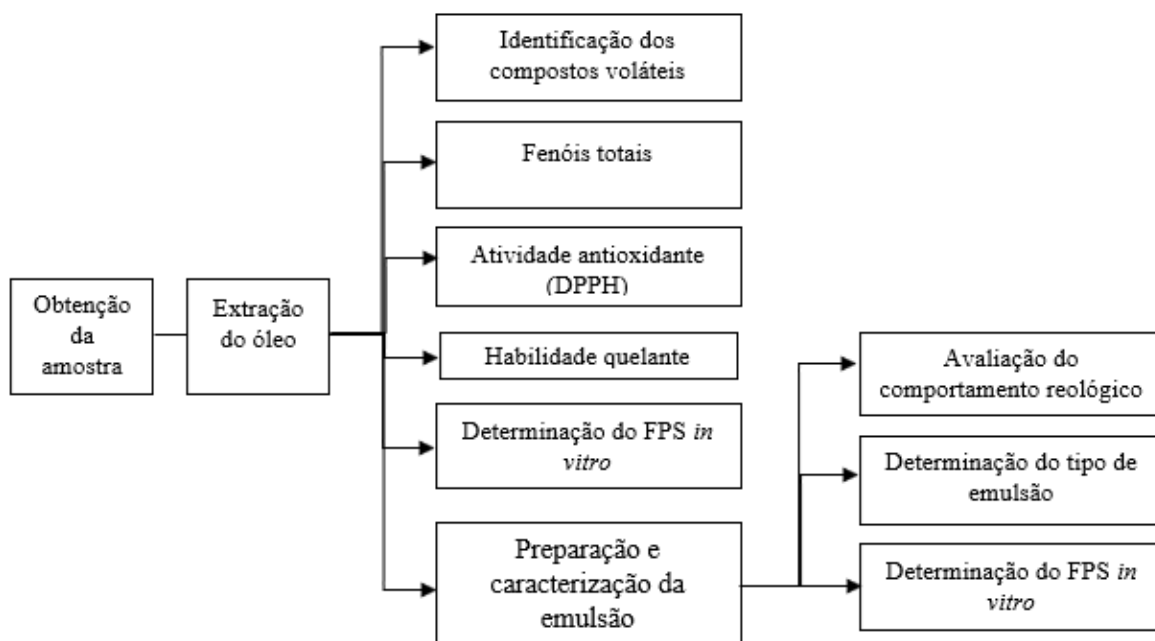


Figura 5 – Fluxograma representativo das metodologias utilizadas

4. 1 Obtenção das sementes de babaçu e extração do óleo

As sementes de babaçu foram obtidas no comércio local da cidade de Imperatriz-Ma, Brasil (latitude 5° 31'35'' Sul e longitude 47° 29'30'' Oeste). O óleo foi obtido por prensagem a frio, onde cerca de 70 g de sementes de babaçu foram pressionadas em prensa hidráulica (modelo 60T, SIWA, Brasil), no qual 0,64 toneladas por centímetro quadrado foi aplicado por 30 min. O óleo foi coletado em um frasco âmbar previamente tarado e posteriormente quantificado. As amostras de óleo de babaçu foram mantidas a -20°C para análises posteriores. O rendimento final da extração foi calculado relacionando a massa total do óleo ($m_{\text{óleo}}$) e a massa da matéria-prima (m_{amostra}), de acordo com a Equação 3.

$$\text{Rendimento (\%)} = \left(\frac{m_{\text{óleo}}}{m_{\text{amostra}}} \right) 100 \quad (3)$$

4.2 Caracterização do óleo

Na caracterização do óleo quanto à sua composição, atividade antioxidante, concentração de fenóis totais, habilidade quelante e FPS, foram realizadas análises em cromatógrafo gasoso acoplado em espectrômetro de massas e espectrofotômetro UV/Vis, de acordo com as metodologias descritas a seguir.

4.2.1 Análise e identificação dos compostos voláteis

Os ácidos graxos do óleo de babaçu foram convertidos em seus estéres 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 (CH_3OH) (Dinâmica), com todo o KOH dissolvido, foi adicionada no balão de vidro contendo 1 g de óleo de babaçu, 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), 1° 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 hexano (Dinâmica). Posteriormente, foram separados os componentes voláteis da amostra no evaporador rotativo.

Na identificação de compostos voláteis do óleo de babaçu, a análise foi realizada pelo método de cromatografia CG-MS usando o cromatógrafo GCMS-QP2010 Ultra (Shimadzu Corporation) equipado com um amostrador automático AOC-20i (Shimadzu), seguindo a metodologia de Piras *et al.* (2017). 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 mm 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. As moléculas foram ionizadas por impacto de elétrons com energia de 70 eV. 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.

4.2.2 Determinação da concentração de compostos fenólicos totais

A concentração de fenóis totais presente no óleo foi determinada por adaptação da metodologia descrita por Bulla *et al.* (2015). As análises foram realizadas em triplicata e ao abrigo de luz. Em tubo de ensaio foram inseridos 0,5 mL de solução de óleo em metanol (NEON) ($2,5 \text{ mg mL}^{-1}$) e 2,5 mL de solução de 10% de Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich). O tubo foi agitado e deixado em repouso por 8 min. Em seguida, foram adicionados 2,0 mL de solução de 7,5% de carbonato de sódio (VETEC) ao tubo, que foi agitado novamente e mantido em repouso por 30 min. A absorbância foi lida a 760 nm em espectrofotômetro UV-Vis (Biospectro, SP-220), utilizando o metanol como branco. Ácido gálico (Sigma-Aldrich) nas concentrações de 10 a $100 \text{ } \mu\text{g mL}^{-1}$ foi utilizado como padrão. A concentração de fenóis totais foi calculada através de interpolação das absorbâncias das amostras frente à curva de calibração e o resultado expresso em miligramas equivalentes de ácido gálico por gramas de óleo (mg EAG g^{-1} de óleo).

4.2.3 Determinação da atividade antioxidante radical DPPH

A determinação da atividade antioxidante do óleo foi realizada através da inibição do radical livre 2,2 difenil-1-picrilhidrazila DPPH % (Sigma-Aldrich), segundo a adaptação da metodologia descrita por Bulla *et al.* (2015), ao abrigo de luz e em triplicata. Em diferentes tubos de ensaio foram colocadas alíquotas de 0,25 a 1,50 mL de solução de óleo em metanol (1 mg mL^{-1}) e 2,0 mL de solução metanoica de DPPH ($0,047 \text{ mg mL}^{-1}$). A mistura foi agitada, mantida em repouso durante 30 min e teve sua absorbância lida a 517 nm em espectrofotômetro UV-Vis, utilizando metanol como branco. A inibição do radical (DPPH) do óleo foi determinada de acordo com a Equação 4.

$$\% \text{Inibição DPPH} = \left(\frac{\text{Abs}_{\text{DPPH}} - \text{Abs}_{\text{amostra}}}{\text{Abs}_{\text{DPPH}}} \right) 100 \quad (4)$$

Sendo Abs_{DPPH} a absorbância da solução de DPPH, $\text{Abs}_{\text{amostra}}$ absorbância 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 encontrada por meio de regressão linear da curva dos valores das porcentagens de inibição em função da concentração de óleo. O índice de 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 5.

$$\text{IAA} = \left(\frac{\text{DPPH}_{\text{final}}}{\text{IC}_{50}} \right) \quad (5)$$

4.2.4 Habilidade quelante

A habilidade quelante foi determinada de acordo a metodologia descrita por Boroski *et al.* (2015). Em tubo de ensaio colocou-se uma alíquota de 3,7 mL de solução de óleo em etanol ($0,5 \text{ mg mL}^{-1}$), seguida da adição de 0,1 mL de FeCl_2 , fazendo a leitura da absorbância em 562 nm, que representa a absorbância da solução da amostra (A_0). Após a primeira leitura de absorbância, a reação é iniciada pela adição de 0,2 mL de ferrozina, seguida de agitação por 1 min e nova leitura de absorbância em 562 nm (A_1) após 10 min de repouso. Também é medida a absorbância (A_{branco}) de uma solução com 3,7 mL de solvente (etanol) utilizado para preparar a solução com a amostra e os demais reagentes, inclusive a ferrozina, que irá representar a absorbância inicial do íon complexo $[\text{Fe}^{2+}(\text{ferrozina})_3]^{2+}$. A habilidade quelante da amostra é determinada pela Equação 6.

$$\% \text{Habilidade quelante} = A_{\text{branco}} - \left(\frac{A_1 - A_0}{A_{\text{branco}}} \right) 100 \quad (6)$$

Sendo A_{branco} a absorbância inicial do íon complexo $[\text{Fe}^{2+}(\text{ferrozina})_3]^{2+}$ com 3,7 ml de solvente; A_0 a absorbância da solução da amostra; A_1 a absorbância inicial do íon complexo $[\text{Fe}^{2+}(\text{ferrozina})_3]^{2+}$ na presença da amostra.

4.2.5 Determinação do fator de proteção solar (FPS) *in vitro*

A determinação do FPS do óleo foi feita pelo método *in vitro* adaptado de Mansur *et al.* (1986). As absorbâncias da solução etanoica de óleo a $20 \mu\text{L mL}^{-1}$ foram lidas nos

comprimentos de onda (λ) de 290 a 320 nm, variando de 5 em 5 nm, em espectrofotômetro UV-Vis, com etanol 99,8% P.A. (NEON) como branco. O cálculo do FPS foi feito utilizando a Equação 7.

$$\text{FPS} = \text{FC} \sum_{290}^{320} [\text{EE}(\lambda) \text{I}(\lambda) \text{Abs}(\lambda)] \quad (7)$$

Sendo FC o fator de correção (= 10); $\text{EE}(\lambda)$ o efeito eritemogênico obtido com radiação monocromática em cada comprimento de onda; $\text{I}(\lambda)$ a intensidade solar em cada comprimento de onda; $\text{Abs}(\lambda)$ o valor da absorbância obtida em cada comprimento de onda.

Os valores das multiplicações $\text{EE}(\lambda) \times \text{I}(\lambda)$ foram calculadas previamente por Sayre *et al.* (1979), de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Relação do EE x I para os comprimentos de onda de 290 a 320 nm

Comprimento de onda (nm)	EE x I (normalizado) ^a
290	0,0150
295	0,0817
300	0,2874
305	0,3278
310	0,1864
315	0,0839
320	0,0180
TOTAL	1,0000

^a Valores relativos

Fonte: Sayre *et al.* (1979)

4.3 Obtenção das emulsões através de diagrama de fases

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

As emulsões foram preparadas com base na metodologia adaptada de Ferreira *et al.* (2015). O diagrama de fases foi constituído por álcool cetílico propoxilado e etoxilado (PPG-5 CETETH-20) (CRODA), comercialmente chamado de Procetyl AWS, como tensoativo e o ácido oleico (AO) (Synth) como cotensoativo na proporção de 2:1, óleo de babaçu e água Milli-Q, preparada com um Millipore Milli-Q Plus sistema de purificação.

Primeiramente, proporções específicas de procetyl e ácido oleico foram adicionadas em um béquer sob agitação magnética (WARMNEST, HJ-4) por 45 min em temperatura ambiente. Posteriormente, o óleo de babaçu foi acrescentado lentamente à esta alíquota, sendo deixada sob agitação por 15 min e, então, a água Milli-Q foi adicionada aos poucos, sempre em agitação até homogeneidade. Além das emulsões também foram preparadas duas soluções inertes (SI) nas mesmas proporções das emulsões A₁ e B₁, porém sem o óleo de babaçu, que atua como o ativo das emulsões, para comparação posterior de valores de FPS.

A proporção adotada para procetyl (tensoativo) e ácido oleico (cotensoativo) foi com base no estudo realizado por Ferreira (2014), em que a proporção de 2:1 (tensoativo:cotensoativo) obteve menor valor para concentração micelar crítica, que é a mínima concentração de tensoativo necessária para formar micelas (aglomerados esféricos), comparado a proporção de 1:1 e para o tensoativo PPG-5 CETETH-20 puro.

Tabela 2 - Composição centesimal das formulações fotoprotetoras selecionadas do diagrama e soluções inertes

Formulação ^a	Composição % (v/v)		
	Mistura de tensoativos (2:1)	OB	Água Milli-Q
A ₁	25	5	70
A ₂	30	5	65
A ₃	35	5	60
B ₁	25	10	65
B ₂	30	10	60
B ₃	35	10	55
C ₁	25	15	60
C ₂	30	15	55
C ₃	35	15	50
S _{A1}	25	-	70
S _{B1}	25	-	65

^a A₁ (25/5/70), A₂ (30/5/65), A₃ (35/5/60), B₁ (25/10/65), B₂ (30/10/60), B₃ (35/10/55), C₁ (25/15/60), C₂ (30/15/55), C₃ (35/15/50), SI_{A1} (25/--/70), SI_{B1} (25/--/65).

Após um período de 30 dias (estabilização dos sistemas) em temperatura ambiente (25°C), foi observado e registrado o aspecto visual de cada amostra com a finalidade de construir o diagrama de fases utilizando o *Software* Origin Pro, versão 8. As amostras foram

classificadas em emulsão (EM), para sistemas opacos líquidos ou viscosos e separação de fases (SF). Para o diagrama, foram selecionadas três linhas de diluição denominadas A, B e C de modo a observar possíveis transições de fase em cada linha de diluição, com a finalidade de averiguar o efeito da fase aquosa e da mistura de tensoativo/cotensoativo nas formulações, as amostras de uma mesma linha de diluição apresentam concentração de óleo constante.

4.4 Caracterização das emulsões

As emulsões foram avaliadas quanto ao seu comportamento reológico para entender o tipo de fluido que as mesmas representam e o FPS calculado para cada emulsão e solução inerte, foram analisados conforme as metodologias abaixo citadas.

4.4.1 Análise do comportamento reológico

Na determinação da viscosidade e o seu comportamento com variações de rotação (rpm) em diferentes temperaturas, a análise foi realizada em reômetro (Brookfield, DV-III Ultra) com spindle RV7, acoplado ao *Software* Reoplus versão 3.61 e 8,0 mL da amostra, de acordo com a metodologia adaptada de Ferreira *et al.* (2015). Inicialmente foi analisada a viscosidade em três temperaturas distintas (25, 30 e 36°C), com rotação de 10 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 14 rpm em diferentes temperaturas (25, 30, 36 e 40°C), 10 min de equilíbrio, 30 pontos com 5 min de espera entre eles e incremento negativo de temperatura de 0,5°C por ponto. Todos os dados foram tratados em *Software* Origin Pro, versão 8.

4.4.2 Determinação do tipo de emulsão

Na avaliação do tipo de emulsão (A/O ou O/A) foi utilizado o teste de diluição descrito por Davis e Burbage (1977) que consiste na determinação da solubilidade da fase externa da emulsão em água. Foram adicionados 3 gramas da emulsão em um tubo de ensaio contendo 7,0 mL de água destilada. Após agitação, o sistema foi avaliado e classificado através do seguinte critério, emulsão O/A é quando a mistura se apresenta com aspecto homogêneo; emulsão A/O

é quando a mistura se apresenta com aspecto não homogêneo, com aparência de mistura coagulada.

4.4.3 Determinação do fator de proteção solar (FPS) *in vitro*

A determinação do FPS das emulsões (A₁, A₂, A₃, B₁, B₂, B₃, C₁, C₂ e C₃) e das soluções inertes SI_{A1} e SI_{B1} foi realizada de acordo com a metodologia apresentada na seção 4.2.5. Foram pesados 3,964 g da emulsão A₁, 3,963 g da A₂, 3,961 g da A₃, 1,968 g da B₁, 1,967 g da B₂, 1,966 g da B₃, 1,304 g da C₁, 1,303 g da C₂ e 1,302 g da C₃, sendo dissolvidos, separadamente, em 10 mL de etanol, de modo que as soluções etanoicas apresentassem concentração de óleo igual a 20 µL mL⁻¹. As soluções inertes foram pesadas 0,211 g para SI_{A1} e 0,225 g para SI_{B1}, sendo que a solução etanoica apresentou concentração final de 20 µL mL⁻¹. Foi realizado também o cálculo do FPS das emulsões A₁ e B₁ considerando concentração de emulsão em etanol igual a 20 µL mL⁻¹, de modo que para a emulsão A₁ foram pesados 0,196 g e para emulsão B₁ 0,194 g e dissolvidos em 10 mL de etanol cada.

As Equações 8 e 9 foram utilizadas para o cálculo do volume específico das emulsões e da mistura do tensoativo com o cotensoativo e a Equação 10 para o cálculo da massa das emulsões ou das soluções inertes.

$$V_{MT} = \left(\frac{P_{procetyl} \cdot V_{procetyl} + P_{ac.oleico} \cdot V_{ac.oleico}}{\sum p_i} \right) \quad (8)$$

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

$$V_E = \left(\frac{P_{MT} \cdot V_{MT} + P_{OB} \cdot V_{OB} + P_A \cdot V_A}{\sum p_i} \right) \quad (9)$$

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_{OB} o percentual do óleo de babaçu em cada emulsão (% v/v); v_{OB} o volume específico do óleo de babaçu (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}).

$$m = \frac{V}{v} \quad (10)$$

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.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

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

5.1 Rendimento do óleo de babaçu

O rendimento de extração do óleo de babaçu por prensagem a frio foi de aproximadamente 50,44%. Segundo Souza *et al.* (2021), o rendimento do óleo de babaçu varia de 49, 58 a 57,25%, quando há uma diminuição no teor de umidade com controle do tempo e temperatura. Essas variáveis podem estar relacionadas com a ruptura da estrutura e da membrana celular aos quais os lipídeos podem estar associados, favorecendo o aumento da disponibilidade do óleo e, conseqüentemente, o rendimento do produto final. Al-Juhaimi *et al.* (2018) usando microondas para torrar sementes de damasco para obtenção de óleo, observou que a produção de óleo aumentou de 53,47% para 58,17% e concluiu que o teor de umidade baixo contribui para o aumento do rendimento do óleo. O rendimento do óleo apresentado neste estudo é satisfatório, sem aplicação de um pré-tratamento nas sementes, a prensagem mecânica mostrou-se eficiente na separação da matéria graxa do resíduo.

5.2 Caracterização do óleo de babaçu

Os resultados encontrados para as caracterizações realizadas no óleo de babaçu a respeito de sua composição volátil, atividade antioxidante, concentração de fenólicos totais e FPS, estão dispostos e discutidos a seguir e de acordo com as metodologias citadas no tópico 4.2.

5.2.1 Identificação dos compostos voláteis

Os compostos voláteis no óleo de babaçu foram obtidos com base em seu espectro de massa e tempo de retenção. A Tabela 3 mostra os respectivos compostos identificados, tempo de retenção e seus percentuais de área relativa no cromatograma.

Tabela 3 – Espécies voláteis identificadas no óleo de semente de babaçu

Pico	TR (min)	Composto	%GC-MS
1	10.690	Ester metílico do Ac. Octanóico	6.73
2	15.565	Ester metílico do Ac. Dodecanóico	64.5
3	25.080	Ester metílico do Ac. Tetradecanóico	13.6
4	27.900	Ester metílico do Ac. Hexadecanóico	4.97
5	30.795	Ester metílico do Ac. Linoleico	1.00
6	30.905	Ester metílico do Ac. Oleico	6.80
7	31.295	Ester metílico do Ac. Estearico	2.23

*TR= Tempo de retenção

O ácido dodecanóico comumente conhecido como ácido láurico é o composto majoritário (64,58 %), seguido em ordem decrescente do ácido tetradecanóico (ácido mirístico) (13,69 %) e ácido oleico (6,80 %). A composição é semelhante à encontrada por Souza *et al.* (2021) no óleo de babaçu, porém, outras classes de compostos, como, terpenos, cetonas, álcoois, lactonas e componentes não identificados foram encontradas.

Santos (2013) e Santana (2017) afirmam que o óleo de babaçu apresenta um elevado teor de ácidos graxos saturados de cadeia curta (80,32% a 87,80%). Entretanto, a porção de ácidos graxos insaturados varia de 12,20 a 19,68%. O óleo de babaçu apresenta propriedades emolientes, promovendo a hidratação da pele sem aumentar a sua oleosidade, podendo ser usado em produtos tanto para peles ressecadas quanto para peles oleosas. Tanto o ácido láurico quanto o ácido oleico comportam-se como carreadores de princípios ativos, pois são capazes de aumentar a permeabilidade destes através da pele (SANTOS *et al.*, 2013).

Atualmente, o óleo de babaçu é comumente empregado na fabricação de sabões, em substituição às gorduras de origem animal e óleo mineral, podendo ser utilizado na fabricação de tensoativos para fins industriais e cosméticos, pois apresentam propriedades emulsificantes, que justificam seu uso na preparação de emulsões do tipo óleo em água (O/A) (ROCHA-FILHO *et al.*, 2017). Estudos mostram que a composição do óleo de semente de babaçu é bastante parecida com a do óleo de coco, pois ambos apresentam alto teor de ácido láurico e mirístico. Assim, o óleo de babaçu pode ser empregado em produtos cosméticos em substituição do óleo de coco (SERRA *et al.*, 2019).

5.2.2 Concentração de fenóis totais, atividade antioxidante, habilidade quelante e FPS

Os resultados da atividade antioxidante, por IC_{50} e pelo índice de atividade antioxidante (IAA), da habilidade quelante, da concentração de fenóis totais e do fator de proteção solar (FPS) do óleo de babaçu estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Capacidade antioxidante, concentração de fenóis totais, habilidade quelante e fator de proteção solar do óleo de babaçu

Análise	Resultado ^a
IC_{50} ($\mu\text{g mL}^{-1}$)	$863,80 \pm 1,18$
IAA	$0,099 \pm 0,02$
Fenóis totais (mg EAG g^{-1} de óleo)	$19,93 \pm 0,46$
Habilidade quelante	$29,53 \pm 0,71$
FPS	$1,42 \pm 0,15$

^a Resultado $\pm$ desvio padrão

A atividade antioxidante do óleo de babaçu foi avaliada utilizando o método de medição da habilidade quelante e inibição do DPPH descritos na metodologia. O óleo de babaçu apresenta 29,53% de habilidade quelante, o que indica que a solução de óleo de babaçu inibe em quase 30% a formação do íon complexo $[\text{Fe}^{2+}(\text{ferrozina})_3]^{2+}$, assim formando complexos estáveis com Fe^{2+} , impedindo a oxidação dos íons metálicos através de quelatos, atuando desta forma como antioxidantes.

O resultado obtido de habilidade quelante mostra bons indícios de antioxidantes no óleo de babaçu extraído, com isso utilizando o método DPPH é possível verificar a atividade de inibição do radical DPPH. A capacidade do óleo inibir o radical livre DPPH em 50%, é representado pelo IC_{50} , logo, quanto menor esse valor, maior é a eficiência do antioxidante. Entretanto, o IC_{50} não tem padronização, por isso foi utilizado o IAA, que classifica a atividade antioxidante em fraca ($IAA < 0,5$), moderada ($0,5 < IAA < 1,0$), forte ($1,0 < IAA < 2,0$) e muito forte ($IAA > 2,0$). No presente estudo o óleo de babaçu apresenta atividade antioxidante fraca com IAA de 0,099 e IC_{50} de $863,67 \mu\text{g mL}^{-1}$. Já o óleo de babaçu estudado por Souza *et al.* (2021), obteve IC_{50} $1194,8 \mu\text{g mL}^{-1}$, apresentando menor atividade antioxidante que o do presente trabalho. De acordo com Yuan *et al.* (2005), a atividade antioxidante exibida no óleo

pode inibir a peroxidação lipídica e consequentemente o surgimento de EROS, já que a peroxidação lipídica resulta na formação de radicais livres que estão associados com fotoenvelhecimento.

Os dados sobre concentração de fenóis totais, FPS do óleo de babaçu tem uma disponibilidade baixa na literatura, portanto, os resultados aqui apresentados também foram comparados com outros tipos de sementes. A concentração de fenóis totais encontrada para o óleo de babaçu neste trabalho foi de 19,93 mg EAG g⁻¹ de óleo, maior que os valores encontrados por Dario *et al.* (2018) para o óleo de polpa de bocaiúva extraído por prensagem a frio (2,69 ± 0,70 mg EAG g⁻¹ de óleo). Souza *et al.* (2021), encontraram uma concentração de conteúdo fenólico total para o óleo de babaçu de 16,67 mg EAG g⁻¹ de óleo, afirmando que o valor aumenta quando as sementes passam por torrefação. A temperatura e o tempo de torrefação das sementes favorecem a reação de Maillard devido à condensação da redução de açúcar e aminoácidos e, durante esta reação, podem formar-se compostos intermediários e reagir com o reagente fenólico de Folin-Ciocalteu e podem também contribuir para o aumento do conteúdo fenólico total. Os compostos fenólicos são os mais estudados no quesito fotoproteção, então a presença, mesmo que pequena, destes compostos no óleo pode ter influenciado no valor de FPS encontrado.

O óleo de babaçu apresentou FPS de 1,42 na concentração de 20 µL mL⁻¹. O valor de FPS do óleo em estudo não atende ao requisito estabelecido pela RDC nº 30 (BRASIL, 2012) que especifica que o material para ser considerado fotoprotetor precisa ter FPS de no mínimo 6. Madan e Nanda (2018) investigaram o FPS de óleo de calêndula e o resultado foi de 2,40 para concentração de 20 µg mL⁻¹ e de 6,89 para 50 µg mL⁻¹. Mesmo com o fator de proteção baixa do óleo de babaçu, o mesmo não deve ser desconsiderado, pois sua incorporação em formulações fotoprotetoras pode promover a intensificação do FPS através do efeito sinérgico do óleo com os componentes da formulação, garantindo maior proteção solar.

5.3 Preparação e caracterização das emulsões

O diagrama de fases foi utilizado para observar possíveis regiões formadas, assim como o equilíbrio entre fases distintas, o mesmo foi obtido a partir da razão de Procetyl e ácido oleico 2:1 (FERREIRA *et al.*, 2015). O diagrama de fases (Procetyl: ácido oleico, óleo de babaçu e água) está representado na Figura 6. Durante a obtenção do diagrama, foram observadas algumas amostras de emulsão (EM), porém elas não se apresentavam estáveis e após algum

tempo sofreram separação de fases, assim, não foram consideradas como região de EM. A região de emulsão apresentou-se entre 50 a 70% de fase aquosa, até 15% de fase oleosa e em concentrações de Procetyl:ácido oleico de até 35%.

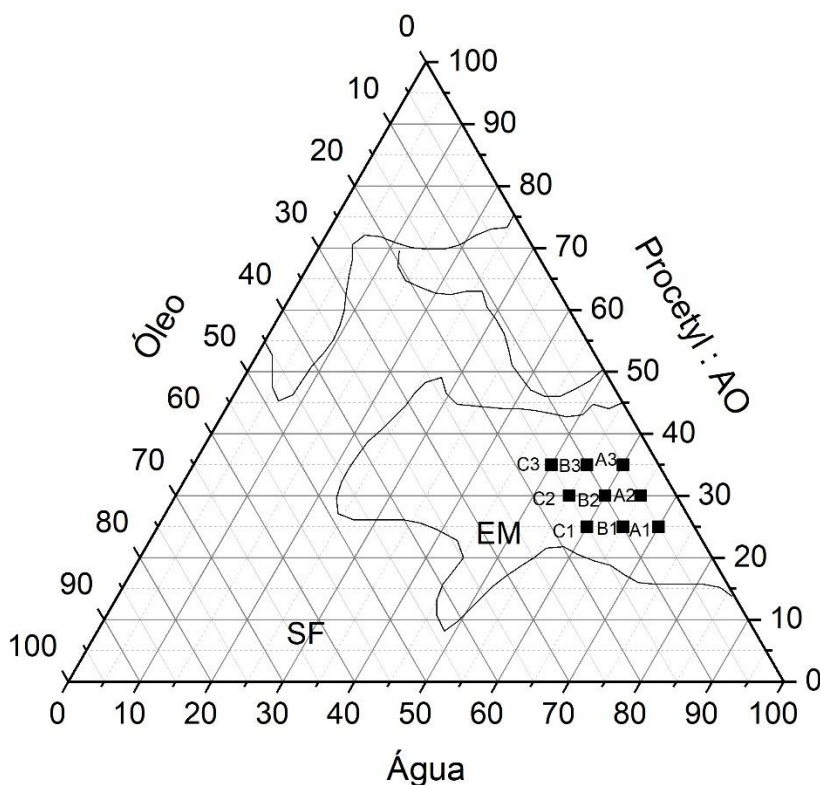


Figura 6 - Diagrama Pseudo-ternário Procetyl:AO/ óleo/ Água

O presente trabalho obteve resultado semelhante aos apresentados por Ferreira *et al.* (2015), onde estudaram sistemas semelhantes, composto por água, Procetyl como tensoativo e ácido oleico como cotensoativo em razão de 1:1 e 2:1, mostrando que a proporção de 2:1 apresentou maior capacidade de solubilização da fase aquosa, atuando em sinergismo para a redução da tensão interfacial. Termodinamicamente, esse processo de emulsificação resulta em aumento da área interfacial e consequentemente em aumento da energia livre, tornando o sistema instável. Nesse aspecto, os tensoativos têm a função fundamental na estabilização das emulsões, pois possuem a capacidade de reduzir a tensão interfacial entre a fase aquosa e a fase oleosa (FERREIRA *et al.*, 2015; SMAOUI *et al.*, 2017; KAGANYUK e MOHRAZ, 2019).

As emulsões consideradas macroscopicamente estáveis foram submetidas ao teste para determinação do tipo de emulsão, no qual foi constatado que as emulsões da linha de diluição A (1, 2 e 3) apresentaram-se como emulsões do tipo óleo em água (O/A) e as emulsões da linha de diluição B (1, 2 e 3) e C (1, 2 e 3) apresentaram-se como emulsões do tipo água em óleo (A/O). Para formulações cosméticas, principalmente formulações fotoprotetoras, as emulsões do tipo O/A são amplamente utilizadas como sistemas para liberação de ativos, favorecendo a possível potenciação de penetração (RISSI, 2013). A aplicação tópica de emulsões O/A resulta em maior facilidade de espalhamento, absorção e hidratação da pele, devido à atividade dos componentes em função de ação emoliente de seus constituintes. Esse fato contribui para a diminuição de reações como eritema, descamação e prurido (LIMA *et al.*, 2010; SMAOUI *et al.*, 2017).

5.3.1 FPS

A avaliação do FPS das emulsões foi realizada utilizando os dados das massas e volumes específicos dos seus respectivos componentes (Tabela 5). Através dos valores encontrados de volumes específicos das emulsões e das soluções inertes (Equações 8 a 10) foi possível calcular a massa de cada emulsão e de cada solução inerte produzida ($A_1 = 9,9157$ g, $A_2 = 9,9117$ g, $A_3 = 9,9078$ g, $B_1 = 9,8483$ g, $B_2 = 9,8444$ g, $B_3 = 9,8405$ g, $C_1 = 9,7818$ g, $C_2 = 9,7780$ g, $C_3 = 9,7742$ g) possibilitando encontrar as concentrações em g mL⁻¹.

As concentrações das soluções etanoicas utilizadas para a determinação do FPS foram: $A_1 = 0,39649$ g mL⁻¹ (SA₁), $A_2 = 0,39633$ g mL⁻¹ (SA₂), $A_3 = 0,39617$ g mL⁻¹ (SA₃), $B_1 = 0,19689$ g mL⁻¹ (SB₁), $B_2 = 0,19682$ g mL⁻¹ (SB₂), $B_3 = 0,19674$ g mL⁻¹ (SB₃), $C_1 = 0,13037$ g mL⁻¹ (SC₁), $C_2 = 0,13032$ g mL⁻¹ (SC₂), $C_3 = 0,13027$ g mL⁻¹ (SC₃). Estas soluções foram preparadas de modo que disponibilizasse na solução em etanol concentração de óleo de 20 µL mL⁻¹. Também foram preparadas duas soluções em etanol com concentração de emulsão A_1 igual a 0,0196 g mL⁻¹ (*SA₁) e de emulsão B_1 igual a 0,0194 g mL⁻¹ (*SB₁) e soluções em etanol com concentração de solução inerte SI_{A1} igual 0,021g mL⁻¹ e de solução inerte SI_{B1} igual 0,022g mL⁻¹, de acordo com a Tabela 6.

Tabela 5 – 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 oleico	0,895	1,117
Água Milli-Q	1	1
Óleo de babaçu	0,878 ± 0,02 ^a	1,137
Mistura de Tensoativos	0,998	1,007
Emulsão A ₁	0,991	1,008
Emulsão B ₁	0,984	1,015
Solução inerte S _{A1}	1,051	0,951
Solução inerte S _{B1}	1,109	0,901

^a Resultado ± desvio padrão

O FPS encontrado nas soluções variaram de 2,25 a 22,54 (Tabela 6), sendo que, as emulsões da linha de diluição A (1, 2, e 3), obtiveram os maiores valores de FPS, sendo, A₁ com FPS igual a 22,54, A₂ com FPS a igual 20,00 e A₃ com FPS igual a 18,72, sendo que ambas soluções possuem concentração de 0,1757 g mL⁻¹ de óleo de babaçu, equivalente a 20 µL mL⁻¹, desta forma, as emulsões podem ser classificadas como sendo de média proteção solar (15,0 < FPS < 29,9) de acordo com a classificação da RDC n° 30 de 2012 da ANVISA (BRASIL, 2012). No entanto, as emulsões da linha de diluição B (1, 2 e 3) e C (1, 2 e 3), apresentaram fator de proteção solar que variaram de 2,25 a 4,96, mas não se enquadram na categoria de protetores solares, já que a RDC n° 30/2012 estabelece um valor de FPS de no mínimo 6 para fotoprotetores. No entanto, a RDC n° 30/2012 dispõe de outra categoria para produtos que apresentam fator de proteção solar inferiores a 6. Essa categoria é a de produtos multifuncionais de higiene pessoal, cujo o benefício contra a radiação UV não é a finalidade principal, mas um benefício adicional do produto, para essa categoria a RDC n° 30 estabelece que o valor mínimo de FPS comprovado não deverá ser menor que FPS 2.

Tabela 6 – Concentrações das soluções etanoicas, FPS das emulsões e soluções inertes

Solução em etanol	Concentração (g mL ⁻¹)	FPS ^a
SA ₁	0,39649	22,5438 ± 0,0065
SA ₂	0,39633	20,0076 ± 0,0009
SA ₃	0,39617	18,7244 ± 0,0061
SB ₁	0,19689	4,9634 ± 0,0027
SB ₂	0,19682	4,0951 ± 0,0038
SB ₃	0,19674	2,6640 ± 0,0184
SC ₁	0,13037	2,2526 ± 0,0071
SC ₂	0,13032	2,6437 ± 0,0090
SC ₃	0,13027	3,2805 ± 0,0035
*SA ₁	0,0196	2,4346 ± 0,0703
*SB ₁	0,0194	1,4107 ± 0,1991
SI _{A1}	0,021	0,7547 ± 0,0006
SI _{B1}	0,022	0,7854 ± 0,0065

^a Resultado ± desvio padrão

O aumento do valor de FPS das emulsões da linha de diluição A em comparação ao do óleo de babaçu puro pode ser explicado pela sinergia entre os componentes das formulações e a estruturação das mesmas, para isso se fez o estudo das emulsões sem a presença de óleo de babaçu (soluções inertes). O FPS calculado para SI_{A1} e SI_{B1} foi de, aproximadamente, 0,75 e 0,78, como ambas não possuem óleo em sua composição, o potencial fotoprotetor pode estar relacionado à mistura de tensoativos (MT). Para *SA₁ o FPS encontrado foi de, aproximadamente, 2,43 (concentração de óleo de 0,0017 g mL⁻¹) e para *SB₁ de 1,41 (concentração de óleo de 0,0009 g mL⁻¹), corroborando que a interação entre o óleo de babaçu e a MT possui influência no aumento do FPS das emulsões em relação ao óleo de babaçu puro e, conseqüentemente, aumentando o efeito fotoprotetor das emulsões. A diferença de FPS entre as soluções inertes se dá pelas diferentes concentrações de água em cada uma, pois a SI_{B1} possui 0,5 mL de água a menos que a SI_{A1}, logo, a mistura de tensoativos se encontra mais concentrada do que a SI_{A1}.

As emulsões das linhas de diluição B possui percentual de óleo na formulação equivalente a 10% e linha de diluição C equivalente a 15%, enquanto, as emulsões da linha de

diluição A apresenta um percentual de óleo de apenas 5% na formulação. Desta forma, afirma-se que o aumento da quantidade de óleo de babaçu na formulação não está ligado ao aumento do FPS, diferente dos resultados encontrados por Zanatta *et al.* (2010), no seu estudo de elaboração de emulsões fotoprotetoras formuladas com óleo de buriti, o aumento da quantidade de óleo de buriti favoreceu no aumento do FPS das emulsões, apresentando mais compostos fotoprotetores na formulação. A diminuição do FPS com o aumento da quantidade de óleo pode estar relacionada ao tamanho da gotícula, pois, quanto maior a concentração de óleo adicionado na formulação, maior será o tamanho da gotícula (CHUA e NYAMA, 2019). Assim, a interação do óleo com a mistura de tensoativos pode ser dificultada favorecendo a diminuição do FPS (REIS MANSUR *et al.*, 2016; SILVA E TENCOMNAO, 2018).

5.3.2 Comportamento reológico

As emulsões avaliadas foram A₁, A₂, B₁ e B₂, como as demais amostras apresentavam alta viscosidade, a determinação da viscosidade aparente e o ensaio de escoamento ficaram impossibilitados. A viscosidade é proporcional à velocidade do spindle, sua forma e tamanho. O menor valor de viscosidade pode ser obtido usando um spindle mais largo numa velocidade alta, já o maior valor de viscosidade pode ser obtido utilizando um spindle pequeno e com velocidade baixa, como, por exemplo, o spindle RV7, utilizado na análise do presente estudo.

A Tabela 7 mostra os valores de viscosidade encontrados em determinadas temperaturas para cada emulsão. Nota-se que a viscosidade é inversamente proporcional à temperatura, pois com o aumento da temperatura há o decréscimo da viscosidade. De acordo com Gosenca *et al.* (2013), com o aumento da temperatura há o decréscimo da coesão da estrutura emulsionante e o aumento do espaçamento entre camadas, causando a diminuição dos valores de viscosidade.

No entanto, é observado um brusco decaimento nos valores de viscosidade com o aumento da temperatura, esse fator pode estar relacionado à composição química do óleo de babaçu que apresenta um elevado teor de ácidos graxos de cadeia carbônica intermediária (C6 a C16), dentre os quais 64,38% correspondem ao ácido láurico, como apresentado no presente estudo. O ácido láurico possui 12 átomos de carbono na sua constituição e como é um ácido saturado, é resistente à oxidação térmica e possui baixa temperatura de fusão (DZIDA *et al.*, 2013; CORREIA *et al.*, 2014). A diferença de viscosidade nas emulsões se dá pelos diferentes percentuais de mistura de tensoativo, onde, A₁ apresenta 25%, A₂ com 30%, ambas com concentração de óleo equivalente a 5% e B₁ com 25% da mistura de tensoativos, B₂ com 30% e 10% de óleo em ambas.

Devido à alta viscosidade da emulsão B₂ na temperatura de 25°C e a capacidade limitante do spindle utilizado, não foi possível obter o valor de viscosidade, sendo possível obter dados apenas nas temperaturas de 30 e 36°C.

Tabela 7 - Viscosidade média das emulsões A₁, A₂, B₁, B₂ em temperaturas diferentes

	Temperatura (°C)		
	25	30	36
	Viscosidade (Pa.s) ^a		
A ₁	106,8 ± 0,019	1,07 ± 0,019	1,07 ± 0,010
A ₂	371,3 ± 0,021	333,6 ± 0,006	20,6 ± 0,011
B ₁	624,2 ± 0,071	85,73 ± 0,030	2,66 ± 0,020
B ₂	-	619,5 ± 0,021	96,20 ± 0,007

^a Resultado ± desvio padrão

Com o teste de reologia, tem-se a intenção de observar ao longo do tempo possíveis variações na viscosidade da formulação que poderiam indicar processos de instabilidade ou degradação. E, além disso, caracterizar a emulsão quando as suas propriedades de escoamento.

As Figuras 7 e 8 mostram o comportamento da viscosidade em função da variação da rotação em diferentes temperaturas, de forma que com o aumento da rotação é possível observar o decaimento da viscosidade de ambas as emulsões. No entanto, a emulsão B₁ mostra-se mais instável em relação a emulsão A₁, provavelmente devido a maior quantidade óleo presente em sua formulação, apresentando mais compostos voláteis, portanto mais instabilidade. De acordo com Gosenca *et al.* (2013), o aumento da temperatura faz com que a molécula anfifílica perca a força de se agregar as estruturas organizadas, diminuindo a coesão da estrutura e causando o decréscimo da viscosidade.

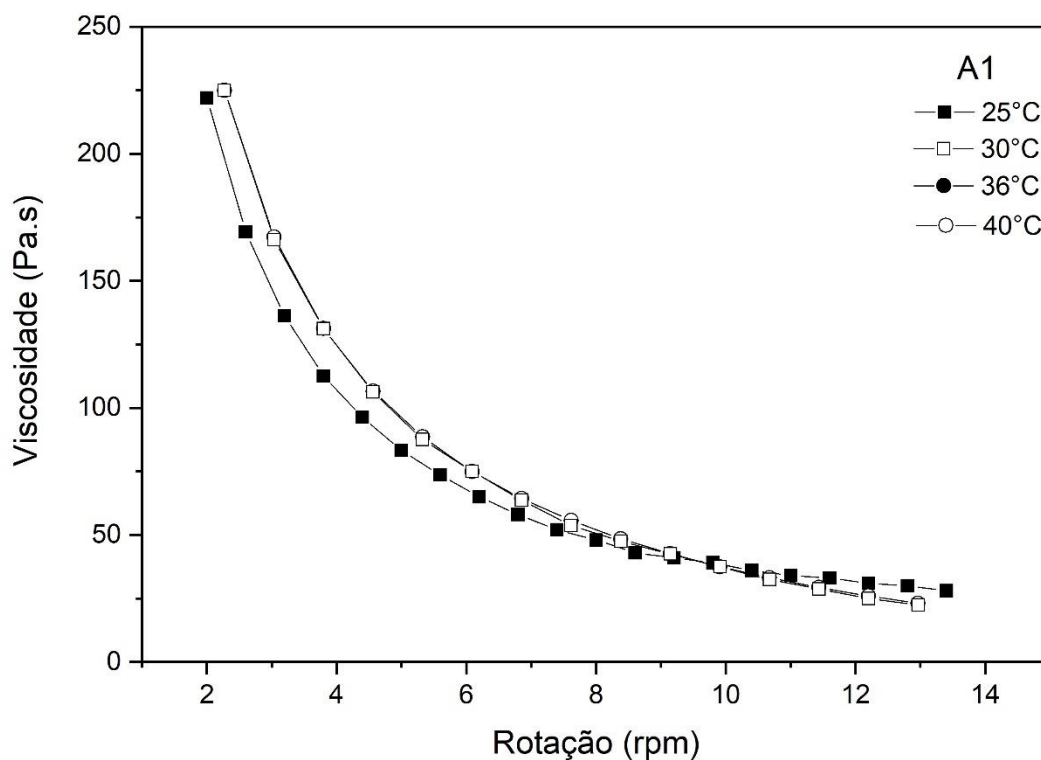


Figura 7 – Viscosidade em função da rotação em diferentes temperaturas da amostra A₁

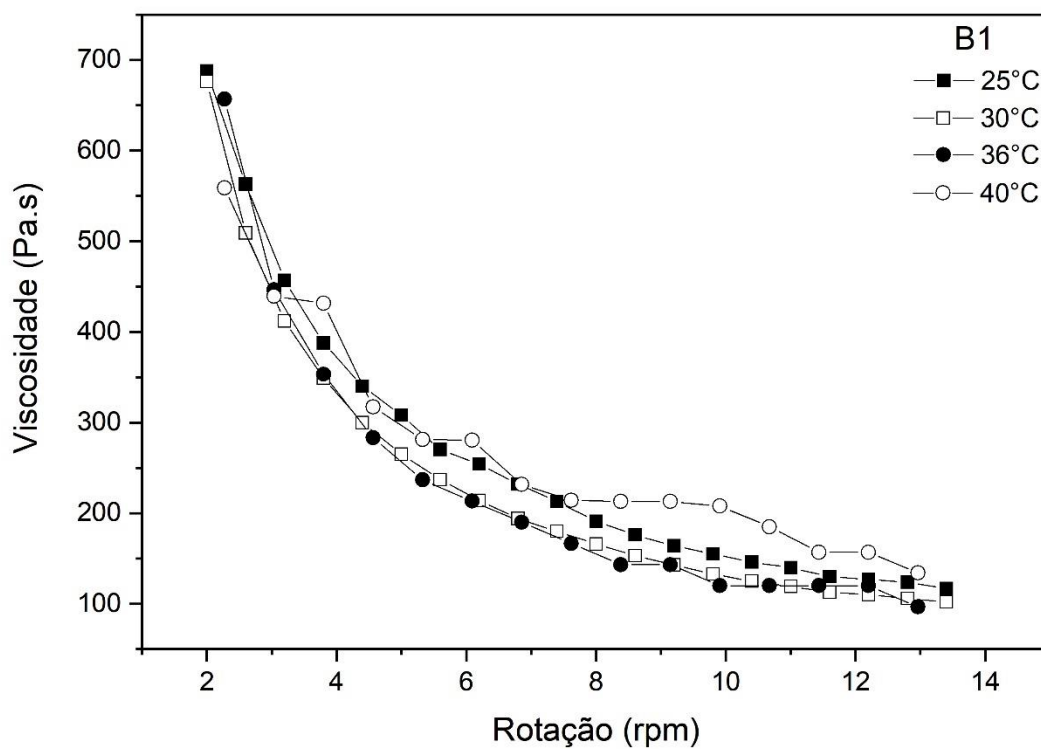


Figura 8 – Viscosidade em função da rotação em diferentes temperaturas da amostra B₁

As amostras mostraram comportamento não-Newtoniano pseudoplástico observado pela diminuição da viscosidade em função do aumento de rotação. As formulações fotoprotetoras com fluxo pseudoplástico produzem película protetora na pele com os filtros e ativos uniformemente distribuídos devido a diminuição gradativa da viscosidade com o aumento da taxa de cisalhamento, proporcionando melhor espalhabilidade e cobertura do produto na pele, contribuindo para a melhora do FPS, pois quanto mais uniforme for esta cobertura na pele, melhor a distribuição dos ativos que proporcionam a fotoproteção (GASPAR e MAIA CAMPOS, 2003).

6 CONCLUSÃO

Os resultados do presente trabalho destacam que a incorporação do óleo de babaçu em emulsões pode ser uma estratégia útil para atuar como agente de proteção solar. O ácido láurico presente na composição do óleo de babaçu é bastante estudado quanto as suas propriedades hidratantes que podem ser utilizadas em qualquer tipo de pele, além de ser uma alternativa natural e livre de alguns compostos químicos que podem ser nocivos à saúde da pele humana, como os parabenos, que estão presentes em muitos dos produtos cosméticos. O óleo apresentou percentual de habilidade quelante 29,53%, IC_{50} de 863,80 $\mu\text{g mL}^{-1}$ e IAA de 0,099, mostrando bons indícios de antioxidantes. As emulsões do tipo O/A foram caracterizadas estruturalmente como fluidos não-Newtonianos pseudoplásticos, o que favorece a sua espalhabilidade, cobertura e bioadesão à pele. Por fim, através de análises de FPS das emulsões foi possível comprovar a fotoproteção do óleo de babaçu e a sua sinergia com a mistura de tensoativos, sendo as emulsões A₁ (FPS igual a 22,54), A₂ (FPS igual a 20,00) e A₃ (FPS igual a 18, 72) classificadas como sendo de média proteção solar, conforme os requisitos estabelecidos pela RDC n° 30 de 2012 da ANVISA.

REFERÊNCIAS

AL-JUHAIMI, F.; OZCAN, M. M.; GHAOOR, K.; BABIKER, E. E. The effect of microwave roasting on bioactive compounds, antioxidant activity and fatty acid composition of apricot kernel and oils. **Food Chemistry**. 243, 414-419, 2018.

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.

BAJERSKI, L. et al. The use of Brazilian vegetable oils in nanoemulsions: An update on preparation and biological applications. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 52, n. 3, p. 347–363, 2016

BASTOS, A. C. L. M.; RODRIGUES, S.E.M.; SOUZA, J.P.I. **Físico-Química**. 22 ed. Belém: UFPA, 2011. 302p.

BPI LABS. PPG-5-CETETH-20 Material Safety Data Sheet. [online] 2013. Disponível em: <http://www.bpilabs.com/msds/PPG-5%20Ceteth-20.pdf>, consultado em 06/06/2021.

BRASIL. Approves the Mercosul Technical Regulation on Sun Protectors in Cosmetics and gives other measures. **Diário Oficial da República do Brasil**, v. 4 Jun 2012, 2012.

BRASIL. RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA- RDC N° 69, de 23 de marco de 2016. **Diário Oficial Da Uniao**, v. 2016, p. 8, 2016.

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.

CARRAZZA, L. R.; ÁVILA, J. C. C.; SILVA, M. L. Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto do Babaçu. Brasília. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN), 2012.

CARAM-JÚNIOR R. Estruturas e propriedades dos materiais. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2000.

CORREIA, I. M. S.; ARAÚJO, G. S.; PAULO, J. B. A.; DE SOUSA, E. M. B. D. Avaliação das potencialidades e características físico-químicas do óleo de girassol (*Helianthus annuus* L.) e coco (*Cocos nucifera* L.) produzidos no nordeste brasileiro. **Scientia Plena**. v. 3, p. 1-7, 2014.

CHUA, C. C.; TANB, C. P.; NYAMA, K. L. Development of nanostructured lipid carriers (NLCs) using pumpkin and kenaf seed oils with potential photoprotective and antioxidative properties. **Oil Chemical. Societ**, v. 96, p. 201-211, 2019.

CRODA. Disponível em: https://www.crodahealthcare.com/pt-br/products-and-applications/product-finder/product/2475/Procetyl_1_AWS>, consultado em 08/06/2021.

DALTIN, D. Tensoativos: química, propriedades e aplicações. São Paulo: Blucher, 2011.
DANNENBERG, G. DA S.; FUNCK, G. D.; DA SILVA, W. P. FIORENTINI, Â. M. Essential 63 Oil from Pink Pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi): Chemical Composition, Antibacterial Activity and Mechanism of Action. **Food Control**, v. 95, p. 115–120, 2019.

DANNENBERG, G. DA S.; FUNCK, G. D.; SILVA, W. P. DA; FIORENTINI, Â. M. Essential oil from pink pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi): Chemical composition, antibacterial activity and mechanism of action. **Food Control**, v. 95, p. 115– 120, 2019.

DARIO, M. F.; OLIVEIRA, F. F.; MARINS, D. S. S.; BABY, A. R.; VELASCO, M. V. R.; LÖBENBERG, R.; BOU-CHACRA, N. A. Synergistic Photoprotective Activity of Nanocarrier Containing Oil of *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. Ex. Martius—Arecaceae. **Industrial Crops and Products**, v. 112, p. 305-312, 2018.

DAVIS, S. S.; BURBAGE, A. S. Electron micrography of water-in-oil-in-water emulsions. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 62, p 361- 363, 1977.

DE SILVA, M. B.; TENCOMNAO, T. The protective effect of some Thai plants and their bioactive compounds in UV light-induced skin carcinogenesis. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 185, p. 80–89, 2018.

DZIDA, M.; JEZAK, S.; SUMARA, J.; ZARSKA, M.; GÓRALSKI, P. High pressure physicochemical properties of biodiesel components used for spray characteristics in diesel injection systems. **Fuel**, v. 111, p. 165-171, 2013.

FERREIRA, S. G. **Sistemas nanoestruturados obtidos a partir de óleo essencial de *Citrus sinensis*/água estabilizados por tensoativo: avaliação estrutural e potencial uso no controle larvica do *Aedes aegypti***. 2014. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Federal de Sergipe, Aracaju-SE, Brasil, 2014.

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.

FONSECA-SANTOS, B.; NERO PACHECO, C. DEL; PINTO, M. C.; CHORILLI, M. An effective mosquito-repellent topical product from liquid crystal-based tea tree oil. **Industrial Crops and Products**, v. 128, n. November 2018, p. 488–495, 2019

FORMARIZ, T. P.; COCENZA URBAN, M. C.; DA SILVA, A. A.; GREMIÃO, M. P. D.; DE OLIVEIRA, A. G. Microemulsões e Fases Líquidas Cristalinas como Sistemas de liberação de Fármacos. **Revista Brasileira de Ciências Farmaceuticas/Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 41, n. 3, p. 301–313, 2005.

GASPAR, L. .; MAIA CAMPOS, P. M. B. . Rheological Behavior and the SPF of Sunscreens. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 250, n. 1, p. 35–44, 2003.

GOSENCA, M.; BEŠTER-ROGAČ, M.; GAŠPERLIN, M. Lecithin Based Lamellar Liquid

Crystals as a Physiologically Acceptable Dermal Delivery System for Ascorbyl Palmitate. **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, 2013.

HOLMBERG, K.; JONSSON, B.; KRONBERG, B.; LINDMAN, B. Surfactants and Polymers in Aqueous Solution. 2^a ed. John Wiley & Sons Ltd, England, 2002.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Produção da extração vegetal e da silvicultura 2019. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html>. acesso em 07 de junho de 2021.

KAGANYUK, M.; MOHRAZ, A. Role of particles in the rheology of solid-stabilized high internal phase emulsions. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 540, p. 197–206, 2019.

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. KANIG, J. *Teoria e Prática na Indústria Farmacêutica*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, p. 1517, 2001.

LIM, H. W.; ARELLANO-MENDOZA, M. I.; STENGEL, F. Current Challenges in Photoprotection. **Journal of the American Academy of Dermatology**, 2017.

LIMA, C. G.; PIANOVSKI, A. R.; VILELA, A. F. G.; SILVA, K. K. DA; CARVALHO, V. F. M.; MUSIS, C. R. DE; MACHADO, S. R. P.; FERRARI, M. O/W/O multiple emulsions containing amazon oil: Babassu oil (*Orbignya oleifera*). **Journal of Dispersion Science and Technology**, v. 31, n. 5, p. 622–626, 2010.

MADAN, K.; NANDA, S. In-vitro evaluation of antioxidant, anti-elastase, anti-collagenase, anti-hyaluronidase activities of safranal and determination of its sun protection factor in skin photoaging. *Bioorganic Chemistry*, v. 77, p. 159–167, 2018.

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

MARTO, J. et al. Design of novel starch-based Pickering emulsions as platforms for skin photoprotection. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 162, p. 56–64, 2016.

OLIVEIRA, A.G.; SCARPA, A. W.; CORREA, M. A.; CERA, F. R.; FORMARIZ, T. P. Microemulsões: estruturas e aplicações como sistema de liberação de fármacos. *Química Nova*. 27 ed. n.1. p. 131-138. 2004.

PIRAS, A.; MARZOUKI, H.; FALCONIERI, D.; PORCEDDA, S.; GONÇALVES, M. J.; CAVALEIRO, C.; SALGUEIRO, L. composition and biological activity of volatile extracts from leaves and fruits of *Schinus terebinthifolius* Raddi from Tunisia. **Records of Natural Products**, v. 11, n. 1, p. 9–16, 2017.

REIS MANSUR, M. C. P. P.; LEITÃO, S. G.; CERQUEIRA-COUTINHO, C.; VERMELHO, A. B.; SILVA, R. S.; PRESGRAVE, O. A. F.; LEITÃO, Á. A. C.; LEITÃO, G. G.; RICCI-JÚNIOR, E.; SANTOS, E. P. In vitro and in vivo evaluation of efficacy and safety of photoprotective formulations containing antioxidant extracts. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 26, n. 2, p. 251–258, 2016.

RISSI, N.C.; **Correlação entre estrutura e propriedades de sistemas líquidos cristalinos para a liberação prolongada de fármacos**. 2013. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade Paulista Júlio de Mesquita Filho. São Paulo-SP, Brasil, 2013.

ROCHA-FILHO, P. A. FERRARI, M.; MARUNO, M.; SOUZA, O.; GUMIERO, V. In vitro and in vivo evaluation of nanoemulsion containing vegetable extracts. **Cosmetics**, v. 4, n. 3, 2017.

ROSEN, MJ. Surfactants and Interfacial phenomena. 3^a ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. 2004.

SANTANA, A. A. **Obtenção da polpa de pequi e do leite de coco babaçu microencapsulados através da secagem por aspersão**. 2013. p. 344. TESE (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, Doutorado em Engenharia Agrícola, CAMPINAS-SP, Brasil, 2014.

SANTANA, A. A. et al. Spray drying of babassu coconut milk using different carrier agents. **Drying Technology**, v. 35, n. 1, p. 76–87, 2017.

SANTOS, A. M.; MITJA, D. Wooded cattle pasture in the benfica seedling project in Itupiranga. **Braz. Rev. Arvore** v. 35. p. 919- 930. 2008.

SANTOS, D. S. et al. Extraction and evaluation of fatty acid composition of orbignya phalerata martius oils (Arecaceae) from Maranhão state, Brazil. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 24, n. 2, p. 355–362, 2013.

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.

SCHRAMM, G. **Reologia e Reometria: Fundamentos Teóricos e Práticos**. São Paulo: Artliber Editora, 2006. 232 p.

SERRA, J. L.; RODRIGUES, A. M. C.; FREITAS, R. A.; MEIRELLES, A. J. de A.; DARNET, S. H.; SILVA, L.H.M. Alternative sources of oils and fats from Amazonian plants: Fatty acids, methyl tocopherols, total carotenoids and chemical composition. **Food Research International**, v. 116, p. 12–19, 2019.

SILVA, M. B. DE; TENCOMNAO, T. The protective effect of some Thai plants and their bioactive compounds in UV light-induced skin carcinogenesis. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 185, p. 80–89, 2018.

SMAOUI, S.; HLIMA, H. BEN; CHOBBA, I. BEN; KADRI, A. Development and stability studies of sunscreen cream formulations containing three photoprotective filters. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 10, p. S1216–S1222, 2017.

SOHN, M.; HERZOG, B.; OSTERWALDER, U.; IMANIDIS, G. Calculation of the Sun Protection Factor of Sunscreens with Different Vehicles Using Measured Film Thickness Distribution - Comparison with the SPF in vitro. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 159, p. 74–81, 2016.

SOTO-GUZMAN, A.; VILLEGAS-COMONFORT, S.; CORTES-REYNOSA, P.; PERES, E.S. Role of arachidonic acid metabolism in Stat activation induced by oleic acid in MDA-MB-231 breast cancer cells. **Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids**, v. 88, n. 3, p. 243–269, 2013.

SOUZA, I. H. DA SILVA.; NOGUEIRA, J. P.; RAJAN, M.; SANTOS LEITE NETA, M. T.; NARAIN, N. Babassu Oil (*Orbynia phalerata*), an Artisanal Product: Process Optimization of Seed Roasting on Yield, Phenolic Compounds, and Antioxidant Capacity. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 123, n. 2, p. 1–38, 2021.

SOUSA VIEIRA, I. R. et al. Development and in vivo evaluation of the moisturising potential of cosmetic formulations containing Babassu (*Orbignya phalerata* Martius) oily extract. **Journal Biomedical and Biopharmaceutical Research**, v. 14, n. 2, p. 204–219, 2017.

TAKSHAK, S.; AGRAWAL, S. B. Defense potential of secondary metabolites in medicinal plants under UV-B stress. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 193, n. February, p. 51–88, 2019.

TEIXEIRA, M. A. Babassu-A new approach for an ancient Brazilian biomass. **Biomass and Bioenergy**, v. 32, n. 9, p. 857–864, 2008.

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, n. September 2016, p. 10–19, 2018.

VELASCO, M. V.; BALOGH, T. S.; KAGIYAMA, E. J.; DARIO, M. F.; GAMA. R. M.; BEDIM. V.; BABY, A. R. Influence of Brazilian vegetable oils on mechanical resistance of hair fiber. **Journal Biomedical and Biopharmaceutical Research**, v. 12, n. 1, p. 99–106, 2015.

ZANATTA, C. F.; MITJANS, M.; URGATONGO, V.; ROCHA-FILHO, P. A.; VINARDELL, M. P. Photoprotective potential of emulsions formulated with Buriti oil (*Mauritia flexuosa*) against UV irradiation on keratinocytes and fibroblasts cell lines. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, n. 1, p. 70–75, 2010.

WAGEMAKER, T. A. L. **Aplicação do Óleo de Café em Formulações Cosméticas: Avaliação da Estabilidade e da Eficácia Fotoprotetora**. 2013. 99 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto-SP, Brasil, 2013.

WRÓBLEWSKA, K. B. et al. In vitro antioxidant and photoprotective activity of five native Brazilian bamboo species. **Industrial Crops and Products**, v. 130, n. December 2018, p. 208–215, 2019.

YAMASHITA, Y.; MIYAHARA, R.; SAKAMOTO, K. Emulsion and Emulsification Technology. In: SAKAMOTO, K.; LOCHHEAD, R. Y.; MAIBACH, H. I.; YAMASHITA, Y. **Cosmetic Science and Technology: Theoretical Principles and Applications**, chap. 28, Elsevier, p. 489-506, 2017.

YUAN, Y. V.; BONE, D. E.; CARRINGTON, M. F.; Antioxidant activity of dulse (*Palmaria palmata*) extract evaluated in vitro. **Food Chemistry**, v.91, n.3, April 2004, p. 485-494, 2005.