

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE QUÍMICA E BIOTECNOLOGIA
QUÍMICA BACHARELADO

Tauane dos Santos Rocha

**Capacidade antioxidante e potencial fotoprotetor do extrato etanólico das fibras de
cascas de coco (*Cocos nucifera* L. ((Arecaceae)**

Maceió - AL

2021

Tauane dos Santos Rocha

**Capacidade antioxidante e potencial fotoprotetor do extrato etanólico das fibras de
cascas de coco (*Cocos nucifera* L. (Arecaceae))**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em
Química Bacharelado do Instituto de Química e
Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas
como requisito para a obtenção do título de Bacharel em
Química.

Orientadora: Prof.^a. Dra. Marília Oliveira Fonseca
Goulart

Coorientadora: Dra. Mônica Bezerra dos Santos
Oliveira

Maceió - AL

2021

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico
Bibliotecária: Livia Silva dos Santos – CRB-4 – 1670

R672c Rocha, Tauane dos Santos.

Capacidade antioxidante e potencial fotoprotetor do extrato etanólico das fibras de cascas do coco (*Cocos nucifera* L. *Arecaceae*) / Tauane dos Santos Rocha. – 2021.
60 f. : il.

Orientador: Marília Oliveira Fonseca Goulart.

Coorientador: Mônica Bezerra dos Santos Oliveira.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso: Bacharelado em Química) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Química e Biotecnologia . Curso de Química Bacharelado, Maceió, 2021.

Bibliografia: f. 48-56

Anexos: f. 57-60

1. Extrato etanólico - coco. 2. Fotoprotetor – Fibra casca do coco. 3. *Cocos nucifera* L.
4. Formulação fotoprotetoras. I. Título.

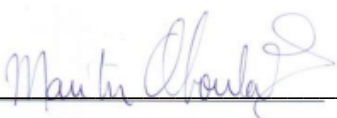
CDU: 582:54-76

Folha de Aprovação

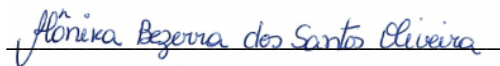
Tauane dos Santos Rocha

Capacidade antioxidante e potencial fotoprotetor do extrato etanólico das fibras de cascas de coco (*Cocos nucifera* L. (Arecaceae))

Trabalho Conclusão do Curso apresentado ao curso de Química Bacharelado da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), como exigência final para obtenção do título de bacharel em Química e aprovada no dia 19/07/2021.

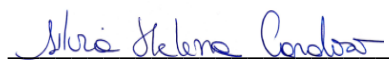


Dra. Marília Oliveira Fonseca Goulart (Orientadora)

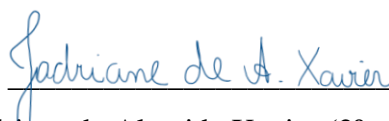


Dra. Mônica Bezerra dos Santos Oliveira (Co-orientadora)

Banca Examinadora:



Dra. Sílvia Helena Cardoso (1º avaliador)



Dra. Jadriane de Almeida Xavier (2º avaliador)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família por todo apoio e incentivo demonstrado.

As minhas amigas Letícia, Glenn e Gabriela, por suas amizades durante toda a faculdade, pelo incentivo, carinho e companheirismo durante esta caminhada.

Aos meus amigos, Felipe, Ana Beatriz, Lucas, Dave, André, Ana Paula e Amylly do Laboratório de Eletroquímica e Estresse Oxidativo, pelo auxílio, incentivo, descontração, amizade e pelas trocas de ideias e ajuda mútua.

A professora Dra. Jadriane Xavier e Dra. Andresa, pelo incentivo, instrução, apoio e amizade.

A professora Dra. Iara Valentim, pela motivação, orientação, paciência e pelas valiosas contribuições dadas durante a minha graduação.

Agradeço em especial à minha co-orientadora Dra. Mônica Oliveira, pela orientação em vários momentos, paciência, dedicação, e, por seus conhecimentos que fizeram grande diferença no resultado final deste trabalho, apoio e sobretudo a amizade.

Agradeço em especial à minha orientadora professora Dra. Marília Goulart pela oportunidade, suporte e ensinamentos. Muito obrigada por ter me dado a chance de trilhar este caminho que culminou na geração deste trabalho.

A todos os professores do Instituto de Química e Biotecnologia, que contribuíram para a minha formação.

Também agradeço a todos que contribuíram direta e indiretamente para a conclusão deste trabalho.

Aos órgãos financiadores CNPq e UFAL, pelo apoio financeiro.

RESUMO

A exposição crônica ao sol, aliada à falta de proteção solar, representa um dos maiores riscos para o envelhecimento precoce da pele e desenvolvimento de câncer. Extratos vegetais contém substâncias bioativas que apresentam ação antioxidante e são capazes de absorver radiação UV em determinados comprimentos de onda. Esses extratos têm sido empregados em formulações protetoras. A espécie *Cocos nucifera* L., apresenta em sua composição, compostos fenólicos, que lhe conferem propriedades antioxidantes e ação fotoprotetora. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o extrato etanólico das fibras da casca de coco da variedade anão amarelo, quanto ao conteúdo total de fenóis – CTF, às capacidades antioxidantes (pelos ensaios DPPH•, FRAP e sequestro do radical superóxido ($O_2^{\bullet-}$)) e potencial fotoprotetor, com avaliação do Fator de Proteção Solar (FPS). Adicionalmente, formulações fotoprotetoras contendo o extrato incorporados à creme base Lanette (5-20% m/m) foram avaliadas quanto ao potencial fotoprotetor (FPS). O conteúdo total de fenóis foi de 673,9 mg equivalentes em ácido gálico/g de extrato seco (EAG g^{-1}). A capacidade antioxidante foi de 74,9% para a habilidade de sequestrar o radical DPPH• e 3287 μ molequivalentes de Trolox/g de extrato seco ((ET g^{-1}). Para a atividade sequestradora de radical superóxido ($O_2^{\bullet-}$), o valor de IC₅₀ foi de 6,6 μ g mL⁻¹ para o extrato. Para o potencial fotoprotetor, o extrato apresentou valores de FPS equivalentes ao padrão benzofenona-3. As formulações preparadas a partir dos extratos incorporados em creme base Lanette apresentaram valores máximos de FPS de 16,20. Os resultados demonstram que os extratos de fibras da casca de coco apresentam potencial biotecnológico, podendo ser utilizados como ingredientes ativos em formulações cosméticas e/ou farmacêuticas.

Palavras-chave: *Cocos nucifera* L., Atividade antioxidante, Fotoproteção.

ABSTRACT

Chronic exposure to the sun, coupled with lack of sun protection, represents one of the highest risks to premature skin aging and cancer development. Plant extracts contain bioactive substances that have antioxidant action and can absorb UV radiation, at certain wavelengths. These extracts have been employed in sun protective formulations. The species *Cocos nucifera* L. presents in its composition, phenolic compounds, which confer it, antioxidant properties, and photoprotective action. Thus, the objective of the present work was to evaluate the ethanolic extracts of the yellow dwarf coconut husk fibers, regarding its total phenol content – CTF, antioxidant capacity (by DPPH• and FRAP assays and superoxide scavenging activity) and photoprotective potential (UVB) (FPS). In addition, the development of photoprotective formulations containing different concentrations of the extracts incorporated into Lanette base cream (5-20% m/m) was evaluated for photoprotective potential (SPF). The extract's total phenol content was 673.9 mg gallic acid equivalents (EAG) g⁻¹ dry extract. The antioxidant capacity was 74.9% for the ability to scavenger DPPH• radical and 3287 μmol Trolox equivalents (ET) g⁻¹ of dry extract. For superoxide radical scavenger activity, the value of IC₅₀ of the extract was 6.6 μg mL⁻¹. Toward UVB protection potential, the extracts were also photoprotective with SPF values equivalent to the standard benzophenone-3. The formulations prepared from the extracts incorporated in Lanette base cream had shown maximum SPF values of 16,20. The results obtained demonstrate that the ethanolic extracts from coconut husk fibers have biotechnological potential and can be active ingredients in cosmetic and/or pharmaceutical formulations.

Keywords: *Cocos nucifera* L., Antioxidant activity, Photoprotection.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Espectro Eletromagnético.	17
Figura 2 - Níveis de penetração da radiação UV na pele.	19
Figura 3 - Mecanismo de ação dos filtros UV inorgânicos.	21
Figura 4 - Esquema do processo de absorção UV pelos filtros orgânicos e conversão em luz no VIS e no IV.	21
Figura 5 - Fórmula estrutural da benzofenona-3.	22
Figura 6 - A <i>Cocos nucifera</i> L.	29
Figura 7 - Diferentes parte do coco.	30
Figura 8 - Fibras das cascas de coco.	31
Figura 9 - Reação do ácido gálico em presença do molibdato, componente do reagente de Folin-Ciocalteu.	36
Figura 10 - Reação de redução do complexo TPTZ [Fe(III)/Fe(II)].	38
Figura 11 - Representação esquemática da geração do ânion radical superóxido e ação de um antioxidante presente no meio.	39
Figura 12 - Espectros de absorção de UV-vis das formulações Creme + EEAA 5, 10 e 20% (m/m) (2 mg mL^{-1}), Creme + benzofenona-3 a 5% (CB5) ($0,2 \text{ mg mL}^{-1}$), Creme + quercetina a 5% (CQ5) ($0,2 \text{ mg mL}^{-1}$) e Creme Lanette (CL).	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação entre o efeito eritematogênico e a intensidade de radiação em cada comprimento de onda.....	27
Tabela 2 - Reagentes e solventes utilizados no presente trabalho.	33
Tabela 3 - Equipamentos utilizados no presente trabalho.	34
Tabela 4 - Códigos de identificação das formulações preparadas a partir do extrato e padrões filtro comercial e fenólico.	40
Tabela 5 - Rendimento da extração etanólica do coco.....	41
Tabela 6 - Conteúdo total de fenóis (CTF), DPPH• (ASR% e IC ₅₀) e FRAP do EEAA.	41
Tabela 7 - Dados de IC ₅₀ do ânion radical superóxido do extrato EEAA e padrão.	43
Tabela 8 - Fator de proteção solar (FPS) do extrato etanólico e formulações.	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASR Atividade Sequestradora de Radical

ANVISA Agencia Nacional de Vigilância Sanitária

BF-3 Benzofenona-3

CAT Catalase

CTF Conteúdo total de fenóis

COLIPA Associação Europeia de Perfumaria, Cosmético e Artigos de Higiene Pessoal

DEM Dose Eritematógena Mínima

DNA Ácido desoxirribonucleico

DPPH• Difenil-picril-hidrazina

EAG Equivalentes de ácido gálico

ERO Espécie reativa de oxigênio

EROs Espécies reativas de oxigênio

ET Equivalentes de Trolox

FDA *Food and Drug Administration*

FP Fator de Proteção

FPS Fator de Proteção Solar

FRAP Potencial redutor de ferro

GPX Glutathione Peroxidase

HOMO Orbital molecular ocupado mais alto

IC₅₀ Concentração que inibe 50% de determinada atividade

JCIA *Japan Chemical Industry Association*: Associação das Indústrias Químicas Japonesas

LUMO Orbital molecular não ocupado de mais baixa energia

MERCOSUL Mercado Comum do Sul

NADH Nicotinamida adenina dinucleotídeo

NBT Cloreto de tetrazólio-nitroazul

RDC Resolução da diretoria colegiada

SBD Sociedade Brasileira de Dermatologia

SOD Superóxido dismutase

PABA Ácido para-aminobenzóico

PBMA Poli-(metacrilato de butila)

PMMA Poli-(metacrilato de metila)

PMS Metassulfato de fenazina

PPD *Persistent pigment darkening*: Escurecimento persistente de pigmentos

PS Poliestireno

UVA Ultravioleta A

UVB Ultravioleta B

UVC Ultravioleta C

UV Ultravioleta

UV-vis Ultravioleta visível

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1	Radiação solar.....	17
2.2	Radiação UV e seus efeitos na pele.....	18
2.3	Fotoproteção	20
2.4	Antioxidantes e atividade fotoprotetora.....	23
2.5	Formulações fotoprotetoras.....	24
2.5.1	Eficácia das formulações fotoprotetoras.....	25
2.6	<i>Cocos nucifera</i> linnus.....	28
2.7	Objetivos	32
2.7.1	Objetivo Geral	32
2.7.2	Objetivos Específicos.....	32
3	EXPERIMENTAL E MÉTODOS.....	33
3.1	Experimental.....	33
3.1.1	Reagentes, solventes e equipamentos	33
3.2	Métodos	34
3.2.1	Obtenção das amostras.....	34
3.2.2	Obtenção do extrato etanólico das fibras das cascas de <i>Cocos nucifera</i> L.	35
3.2.3	Determinação do conteúdo total de fenóis	35
3.2.4	Capacidade antioxidante frente ao radical DPPH•	36
3.2.5	Capacidade antioxidante pelo método de redução de ferro – FRAP	37
3.2.6	Capacidade antioxidante frente ao radical ânion superóxido (O ₂ • ⁻).....	38
3.2.7	Avaliação do Fator de Proteção Solar (FPS) in vitro do extrato	39
3.2.8	Preparo das formulações com extrato etanólico de <i>Cocos nucifera</i>	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40
4.1	Rendimento do extrato	40

4.2	Conteúdo total de fenóis e capacidade antioxidante frente ao radical DPPH• e pelo método de FRAP	41
4.3	Capacidade antioxidante frente ao radical superóxido	43
4.4	Avaliação do fator de proteção solar (FPS) do extrato etanólico de <i>Cocos nucifera</i> e formulações	44
5	CONCLUSÃO.....	47
	REFERÊNCIAS.....	48
	ANEXO	57

1 INTRODUÇÃO

O sol é a fonte primária de radiação ultravioleta, uma radiação não-ionizada do espectro eletromagnético, a qual está subdividida em UVA (320–400 nm), UVB (280–320 nm) e UVC (100–280 nm). A radiação UVC é absorvida pela camada de ozônio na estratosfera, sendo assim, a pele humana só está sendo exposta às radiações UVA e UVB (BERNARD et al., 2019). No entanto, a exposição crônica ao sol contribui para o envelhecimento precoce da pele, com perda de colágeno dérmico, seja através da redução, da produção ou o aumento da degradação. A radiação UVA está mais associada ao envelhecimento na pele devido à sua maior abundância, maior irradiância média durante o ano e ao longo do dia e por penetrar mais profundamente na derme em comparação com a radiação UVB. Por outro lado, a UVB, induz danos ao DNA por meio da formação de fotoprodutos que, se não reparados, levam a mutações na epiderme e resultam no desenvolvimento de câncer de pele, além dos efeitos imunossupressores, que também contribuem significativamente para a formação de câncer de pele (LAN, 2019).

A pele é o maior órgão do corpo humano, é responsável por cerca de 16% do peso corporal e possui como principal função isolar as estruturas internas do ambiente externo. É constituída por três camadas: epiderme, derme e hipoderme ou tela subcutânea (BERNARD et al., 2019). As radiações ultravioleta (UV) ativam o sistema imunológico cutâneo, o que leva a uma resposta inflamatória por diferentes mecanismos. O primeiro mecanismo de defesa contra a radiação UV é através da melanina, um pigmento da pele que absorve os raios UV, e o dissipam em forma de calor. Os queratinócitos também respondem à lesão induzida por UV e provocam apoptose para evitar doenças em transformações malignas. Além disso, os raios UV também podem induzir mutações no DNA, ao gerar espécies reativas de oxigênio (EROs) (MOHANIA et al., 2017).

No Brasil, o câncer de pele não melanoma é o mais frequente e corresponde a cerca de 30% de todos os tumores malignos registrados no país (INCA, 2021). Segundo o Instituto Nacional do Câncer (INCA, 2019), estima-se que entre 2020-2022 ocorrerão 625 mil casos novos de câncer, incluindo 176.930 casos para câncer de pele não melanoma, sendo 83.770 homens e 93.160 mulheres. Segundo a Sociedade Brasileira de Dermatologia (2020), uma das formas de proteção contra as radiações UV, é cobrir as áreas expostas com roupas apropriadas, como uma camisa de manga comprida, calças e um chapéu de abas largas, como também o uso de óculos escuro. Ao sair ao ar livre procurar ficar na sombra, principalmente

no horário entre as 10h e 16h, quando a radiação UVB é mais intensa. E também a forma mais eficaz é usar sempre protetor solar com fator de proteção solar (FPS). Os protetores solares são classificados em inorgânicos (filtros físicos), que refletem a radiação UV, e orgânicos (filtros químicos), que atuam absorvendo a radiação solar. Os absorvedores mais utilizados nas formulações são: os *p*-aminobenzoatos, os salicilatos, os cinamatos e as benzofenonas. As substâncias bloqueadoras inorgânicas mais empregadas são: dióxido de titânio, óxido de alumínio e óxido de zinco (KHOURI et al., 2020).

Na literatura, uma crescente preocupação em relação ao uso de filtros químicos sintéticos, como por exemplo, a benzofenona-3 (BF-3), tem sido relatada por diversos estudos. A BF-3 apresenta um amplo espectro de absorção (UVB/UVA), no entanto, pode penetrar através da barreira epidérmica e causar dermatite de contato, reações anafilactóides e fotoalérgicas (OLIVEIRA, 2019; TAWFIK; ATWATER, 2019; VERHULST; GOOSSENS, 2016). Com isso, hoje em dia, tornou-se cada vez mais importante o uso de substâncias de origem natural como ingredientes em formulações fotoprotetoras. Em função de que as espécies vegetais apresentam mecanismos de autoproteção e produzem metabólitos secundários, por exemplo os flavonóides, para se proteger da radiação UV (CHIARI-ANDRÉO et al., 2020; SAEWAN; JIMTAISONG, 2015).

Nesse contexto, a espécie *Cocos nucifera* L. apresenta potencial a ser utilizada como ingrediente em formulações antioxidante e fotoprotetora. Estudos com extratos das fibras das cascas do coco relataram que as fibras apresentaram em sua composição compostos como, fenóis, flavonóides, taninos, triterpenos e alcaloides. Estes constituintes exercem importantes atividades biológicas, tais como, antimicrobiana (JOSE et al., 2014), anti-inflamatória (SILVA et al., 2013), antiviral (ESQUENAZI et al., 2002), antifúngica, antiparasitária (TAYLER et al., 2019) e antibacteriana (PRAKASH et al., 2018).

Diante do exposto, devido à importância da ação dos compostos bioativos frente aos danos causados pelos raios UV e estresse oxidativo, e somado à presença desses compostos nas fibras da casca de coco, estas se apresentam como uma fonte alternativa de produtos naturais, com grande potencial terapêutico. Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial fotoprotetor e antioxidante dos extratos das fibras das cascas de coco anão amarelo, visando sua aplicação como possível ingrediente em formulações fotoprotetoras. O desenvolvimento do presente trabalho agrega valor a esses resíduos que são, geralmente, descartados no meio ambiente, de maneira inadequada, possibilitando o seu aproveitamento com relevância biotecnológica.

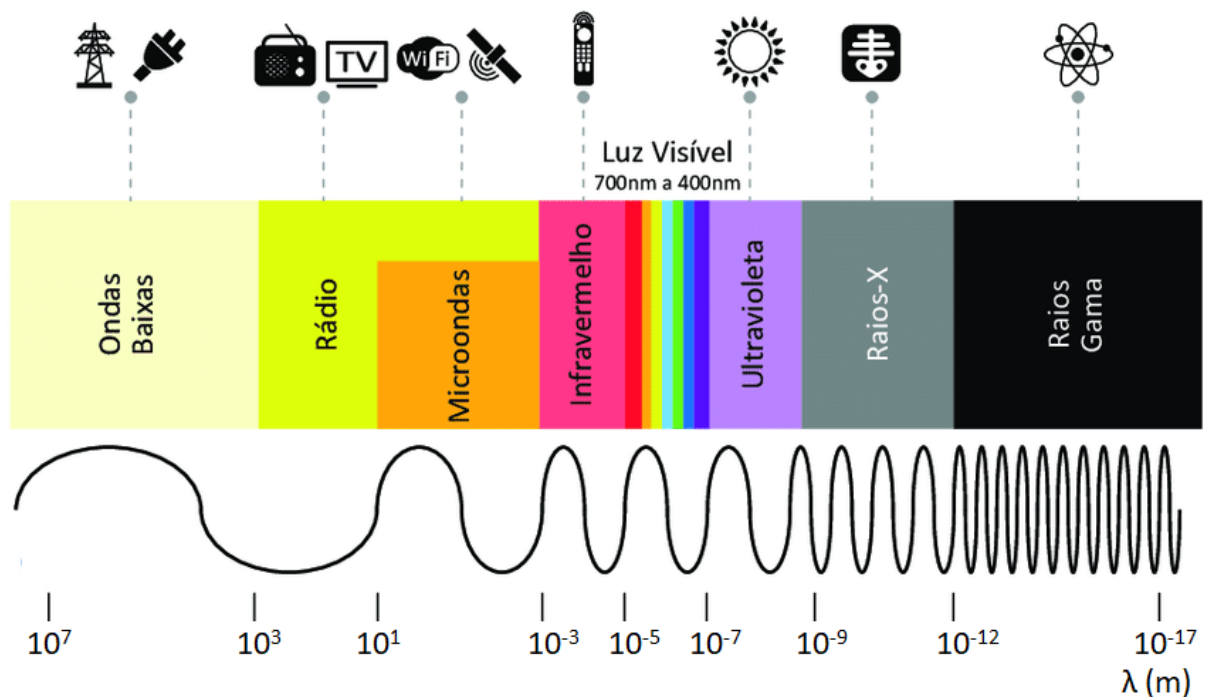
2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Radiação solar

A radiação solar é o fluxo de energia emitida pelo Sol e transmitida sob a forma de radiação eletromagnética, que está relacionada com cargas elétricas aceleradas que irradiam energia e ela ocorre em diferentes faixas espectrais de acordo com o tipo de interação com a matéria. O sol emite radiação eletromagnética, devido ao caráter magnético e elétrico de fenômenos originados pelo dínamo solar (GÓMEZ et al., 2018).

O sol produz uma enorme quantidade de energia, e apesar da grande extensão do espectro eletromagnético (Figura 1), essa energia inclui cósmica, raios gama, raios X, radiação UV, radiação visível e radiação infravermelha. Todas as radiações cósmicas de alta energia, gama e x são refletidas ou absorvidas pela atmosfera que envolve nosso planeta. Assim, a radiação solar se distribuiem 5% da radiação UV, 39% da radiação visível e 56% da radiação infravermelha, que atingem a superfície da terra (HOLICK, 2016).

Figura 1 - Espectro Eletromagnético.



Fonte: adaptado de RESEARCHGATE, 2019.

A radiação solar tem consequências importantes e significativas para a saúde humana e para o ecossistema. Estudos mostraram que a exposição aos raios UV pode incitar uma cadeia de reações endócrinas, imunológicas e neuro-humorais que podem afetar positivamente o humor, sintomas depressivos e transtornos afetivos sazonais (VELEVA et al., 2018). Além disso, os raios solares iniciam a síntese da vitamina D na pele. Também, há uma relação bem estabelecida entre o status de vitamina D e a saúde musculoesquelética. Altos níveis de vitamina D foram associados a um risco reduzido de malignidades internas (LERCHE et al., 2017). Na agricultura, os raios do sol são essenciais para o processo de fotossíntese. Segundo Steinmetz e Silva (2017 apud Moreira Júnior et al., 2020), a radiação solar está associada ao processo de evapotranspiração e permite a estimativa da demanda hídrica dos cultivos, informação fundamental para recomendação de suplementação (irrigação) ou definição de melhores épocas de plantio.

Em contrapartida, a exposição excessiva ao Sol pode trazer prejuízos ao organismo humano, incluindo comprometimentos do tecido epitelial, que vai desde uma simples textura irregular e áspera, até aparecimento de lesões. Também pode gerar imunossupressão. Além disso, a radiação solar pode afetar a visão, gerando patologias da córnea, cataratas, glaucomas, conjuntivites, degeneração macular e até mesmo a perda da visão (BALOGH, 2011 apud COSTA et al., 2019; IVANOV et al., 2018).

2.2 Radiação UV e seus efeitos na pele

A radiação UV corresponde a uma região limitada do espectro eletromagnético e é subdividida em: UVC (100-290 nm), UVB (290-320 nm) e UVA (320-400 nm). Devido ao ozônio e à presença de moléculas como nitrogênio e oxigênio na estratosfera e, como também, a presença de nuvens e poluentes na troposfera, faz com que poucos raios ultravioletas entrem na atmosfera terrestre. Sendo assim, toda a radiação UVC é absorvida na estratosfera e aproximadamente 5% da radiação terrestre é UVB e 95% é UVA (HART et al., 2019; HOLICK, 2016).

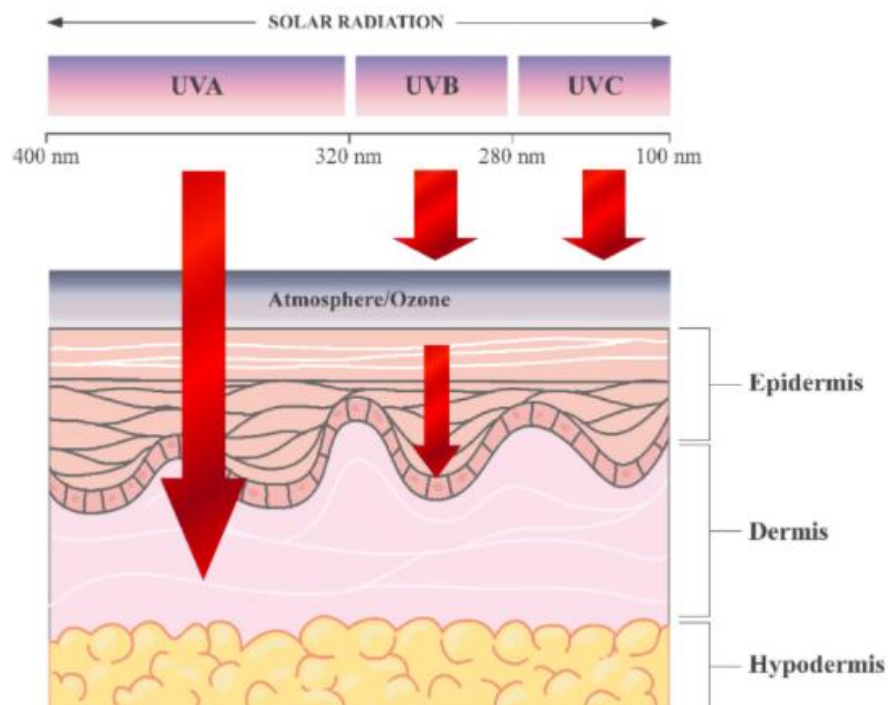
A radiação UVA tem a capacidade de penetrar profundamente nas camadas mais profundas da derme (Figura 2). Os raios UVA lesam o DNA indiretamente, em consequência do quadro de estresse oxidativo, motivado principalmente, por meio de cromóforos celulares que atuam como fotossensibilizadores para gerar espécies reativas de oxigênio (EROs). Essas espécies reativas desempenham um papel crítico no fotoenvelhecimento, aumentando a

degradação do colágeno tipo 1 e 3. O fotoenvelhecimento pode ser observado através de formação de rugas, perda do tom da pele e elasticidade reduzida (CRUZ et al., 2020; LAN et al., 2019; MULLENDERS, 2018).

A radiação UVB é a mais energética, embora apresente menor comprimento de onda que a UVA e menor poder de penetração cutânea. Nesse caso, quase todos os fótons UVB são absorvidos de forma intensa pela variedade de macromoléculas, incluindo RNA, DNA e proteínas, presentes na epiderme causando mutação no DNA. Esse fato está associado com a interação da radiação UVB com bases nitrogenadas, levando assim, à formação de dímeros de ciclobutano de pirimidina, que são bloqueadores da replicação e transcrição do material genético (HOLICK, 2016; MCDANIEL et al., 2018). Com isso, a UVB pode provocar problemas inflamatórios agudos da pele, como eritema, apoptose celular e até mesmo câncer de pele (WANG et al., 2019).

A radiação UVC é extremamente energética e possui os efeitos mais prejudiciais em comparação as radiações UVA e UVB. Devido à camada de ozônio, os raios UVC são bloqueados (SOLANO, 2020).

Figura 2 - Níveis de penetração da radiação UV na pele.



Fonte: PÉREZ-SÁNCHEZ et al., 2018.

2.3 Fotoproteção

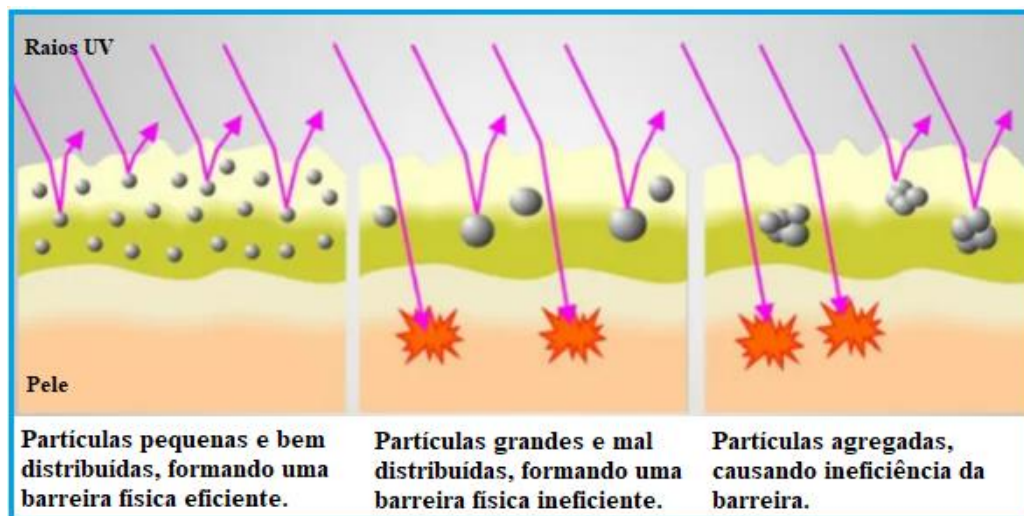
Segundo a Sociedade Brasileira de Dermatologia (2012), a fotoproteção pode ser entendida como um conjunto de medidas direcionadas a reduzir a exposição ao sol e a prevenir o desenvolvimento de lesões e/ou danos a pele. Essa abordagem é realizada por meio do uso de vestimentas e acessórios, como por exemplo, óculos e chapéu e através de coberturas e vidros, procurar sombras durante um passeio, e por meio do uso de protetores solar (HIBLER et al., 2016; MIRANDA; MOREIRA, 2016). De acordo com a ANVISA (2012), um protetor solar é qualquer preparação cosmética destinada a entrar em contato com a pele e lábios, com a finalidade exclusiva ou principal de protegê-la contra as radiações UVB e UVA, absorvendo, dispersando ou refletindo as mesmas.

Isto posto, os filtros solares são substâncias que, de acordo com a natureza química e as propriedades físicas dos ingredientes ativos, atenuam a ação das radiações UV por mecanismos de absorção, dispersão e reflexão. Além disso, o veículo em que se incorpora às substâncias filtrantes é de suma importância. Assim, a qualidade de um protetor solar vai depender do seu fator de proteção solar e de suas características físico-químicas, ou seja, estabilidade, tempo de ação pretendido, solubilidade dos produtos, entre outros (FERREIRA et al., 2017; FONSECA; PRISTA, 2000 apud DELTREGGIA et al., 2019).

Os filtros solares podem ser físicos (inorgânicos) ou químicos (orgânicos). Os protetores físicos são partículas de óxido de metal, como o óxido de zinco, óxido de ferro e dióxido de titânio, o qual é o mais presente em protetores solares (FAVERO et al., 2019). Esses compostos são capazes de formar uma barreira na pele fazendo com o que a radiação incidente seja refletida ou dispersa por meio do mecanismo de transições entre bandas de valência e de condução do sólido. Além disso, possuem alto fator de proteção solar e bloqueiam os raios UVA e UVB (GREGÓRIO et al., 2018; KHOURI et al., 2020).

A eficácia do filtro solar físico vai depender da distribuição e do tamanho da partícula (Figura 3), assim, a formação de uma cor branca opaca em torno da pele após a aplicação é consequência do grande tamanho das partículas utilizadas (> 200 nm) e do seu alto índice de refração, que acabam refletindo a radiação UV e a luz visível, sendo isso observado em fotos com o uso de flash. Isso faz com o que esse filtro não seja bem aceito pelos usuários. Mesmo com esse ponto negativo, o óxido de zinco e dióxido de titânio possuem baixo poder de irritação, podendo ser usado por muitos indivíduos alérgicos e crianças (GREGÓRIO et al., 2018; KHOURI et al., 2020; SILVA; MONTEIRO, 2016; TREVISAN; FREITAS, 2016).

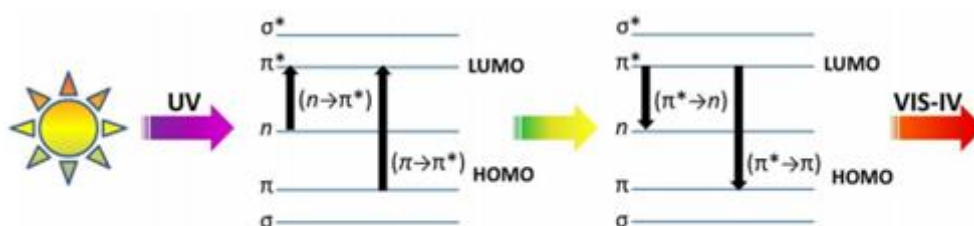
Figura 3 - Mecanismo de ação dos filtros UV inorgânicos.



Fonte: Adaptado de BETAEQ, 2020.

Os filtros solares orgânicos são compostos por moléculas orgânicas aptas a absorver radiação UV e transformá-las em radiações com energias menores que são inofensivas para a pele humana. Quanto à solubilidade, pode ser classificada como hidrossolúvel e lipossolúvel. O filtro atua como um cromóforo exógeno por absorção de energia de um fóton com transição para o estado excitado da molécula (orbital π^* , LUMO) e quando volta para o estado estável (orbital π HOMO), há a liberação de energia em um comprimento de onda mais longo, seja na forma de luz visível (como fluorescência) ou na forma de radiação infravermelha (tal como calor) (Figura 4). Assim, as transições eletrônicas que estão acontecendo no momento da absorção da luz UV decorrem da diferença de energia HOMO–LUMO (GREGÓRIO et al., 2018; PEREA, 2016; KHOURI et al., 2020).

Figura 4 - Esquema do processo de absorção UV pelos filtros orgânicos e conversão em luz no VIS e no IV.

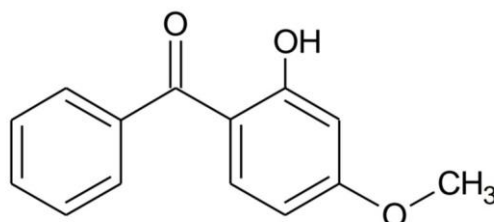


Fonte: NASCIMENTO et al., 2014.

Os absorvedores de UV orgânicos usados em filtros solares são compostos aromáticos com grupos carboxílicos, cada um contendo múltiplos sistemas de elétrons π conjugados. Além disso, o tipo de substituintes e sua posição no anel aromático são importantes para as propriedades espectroscópicas no UV. São especialmente vantajosos os sistemas dissustituídos, como por exemplo, compostos por amina ou metoxila na posição *orto* ou *para* no anel aromático que são grupos doadores de elétrons (PEREA, 2016; KHOURI et al., 2020).

Dentre os filtros químicos usados comercialmente, a oxibenzona (benzofenona-3) (Figura 5) é comumente usada devido à sua ampla faixa de absorção (288 – 335nm), capaz de absorver a radiação UVB e principalmente a UVA (OLIVEIRA, 2019). Entretanto, segundo alguns estudos, o uso da benzofenona-3 pode causar alguns efeitos adversos, tais como, irritação da pele, reações anafilactóides, dermatite de contato alérgica e fotoalergia (TAWFIK; ATWATER, 2019; VERHULST; GOOSSENS, 2016).

Figura 5 - Fórmula estrutural da benzofenona-3.



Fonte: OLIVEIRA, 2019.

No Brasil, conforme a Resolução RDC no. 69, de março de 2016, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a máxima concentração permitida de BF-3 em protetores solares é de 10% e, nos casos em que a quantidade ultrapasse 0,5%, deve haver um aviso na embalagem destacando a presença de BF-3. Em estudo realizado por Godinho e colaboradores (2017), esse ingrediente ativo foi encontrado em 23,3% das formulações dos fotoprotetores comerciais vendidos no Brasil. Na União Europeia, esse percentual é menor que 15,1% (GODINHO et al., 2017). Com base nessas informações, algumas empresas de cosméticos e pesquisadores investigam encontrar filtros solares com proteção e estabilidade cada vez maiores e reações adversas menos pronunciadas ou inexistentes.

2.4 Antioxidantes e atividade fotoprotetora

A pele é o maior órgão do corpo sujeito ao estresse oxidativo. Reconhece-se que o desequilíbrio entre a geração de pró-oxidantes e sua neutralização por sistemas antioxidantes em nosso organismo influencia o aparecimento e/ou agravamento de inúmeras doenças cutâneas, inclusive as que estão relacionadas ao processo de envelhecimento precoce e câncer de pele. Sendo assim, as espécies reativas de oxigênio (EROs) podem causar danos ao DNA, o que resulta em mutagênese e carcinogênese (BAEK; LEE, 2016). Em vista disso, vários sistemas de defesa têm sido envolvidos dentro das células para evitar o aumento descontrolado de EROs. Esses sistemas incluem moléculas não enzimáticas (glutathione, vitaminas A, C e E, e vários antioxidantes presentes nos alimentos), bem como eliminadores enzimáticos de EROs, com superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutathione peroxidase (GPx) sendo os sistemas de defesa mais conhecidos (MARROCCO; ALTIERI; PELUSO, 2017).

Dessa forma, os compostos antioxidantes desempenham funções importantes na saúde, e têm sido amplamente utilizados, tanto no tratamento de patologias, como na prevenção do envelhecimento cutâneo, queimaduras e ferimentos, causados pela exposição excessiva e crônica à radiação UV (KAMMEYER; LUITEN, 2015; OLIVEIRA, 2019). Assim, antioxidantes podem ser definidos como quaisquer substâncias que, quando presentes em baixa concentração comparada as de um substrato oxidável, retardam ou previnem significativamente a oxidação deste substrato (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2007).

Os produtos naturais vegetais podem prevenir a carcinogênese induzida por UV por meio de sua função antioxidante (BAEK; LEE, 2016). Pois, vários organismos naturais, especialmente aqueles expostos à radiação intensa, no processo evolutivo, desenvolveram uma variedade de mecanismos fotoadaptativos, incluindo produção de antioxidantes e agentes capazes de absorver radiação UV por meio de metabólitos secundários, que dentre eles pode-se destacar os polifenóis, como os flavonoides e os ácidos fenólicos, cuja síntese não ocorre em humanos (NUNES et al., 2018; SAEWAN; JIMTAISONG, 2015).

Assim, os flavonóides desempenham uma ação protetora efetiva contra os processos oxidativos que naturalmente ocorrem no organismo. Se encontram subdivididos em diferentes classes, sendo as principais: flavonas, flavonóis, flavanonas, isoflavonoides, antocianidinas e flavanas. Dentre os flavonóis, existe a quercetina que possui um excelente potencial antioxidante com o maior poder sequestrador de espécies reativas de oxigênio (FONSECA et

al., 2016). Alguns estudos têm demonstrado a eficácia de antioxidantes, isolados ou associados aos filtros solares, como substâncias ativas na fotoproteção. Como o estudo realizado por Fogaça (2019), onde avaliou-se a encapsulação do composto quercetina em nanopartículas de PBMA-PMMA-PS e PMMA-PS, utilizando a técnica de polimerização em miniemulsão, com o objetivo de obter nanopartículas com fator de proteção solar e atividade antioxidante para aplicação conjunta em loções fotoprotetoras.

2.5 Formulações fotoprotetoras

De acordo com a ANVISA (resolução nº 07/2015), os protetores solares são cosméticos classificados como produtos Grau II. Os produtos cosméticos de Grau II são aqueles cuja formulação exige comprovação de segurança e/ou eficácia, bem como informações e cuidados, modo e restrições de uso. Dessa forma, é de suma importância o veículo em que se incorpora as substâncias filtrantes, a fim de que a estabilidade do filtro solar seja assegurada. Com isso, as formulações dos protetores solares atuais são além de ter um amplo espectro de proteção UVA e UVB, algumas características são exigidas para que o produto seja comercializado, como apresentar uma boa cosmética, ou seja, não ser tóxico, não ser irritante ou mutagênico, deve-se evitar o ressecamento e a desidratação da pele, ser fotoestável, não ser volátil, tipo de pele e entre outros (DELTREGGIA et al., 2019; OLIVEIRA, 2019).

As formulações cosméticas mais utilizadas, para realizar a incorporação do protetor solar, são emulsões (cremes e loções cremosas), géis, suspensões, soluções, pomadas, pós, aerossóis e bastões. Vale ressaltar que a escolha adequada da forma cosmética pode ter como objetivo a funcionalidade, a percepção sensorial, a estabilidade, a segurança e a eficácia do produto cosmético (CAMPOS; MERCÚRIO, 2014).

Atualmente, o mercado de cosméticos utiliza associações de diferentes filtros (UVA, UVB, filtros físicos ultrafinos ou micronizados, extratos e óleos vegetais) em preparação de formulações, visto que, a maioria dos filtros solares absorve apenas em parte da região UV (UVA ou UVB). Essa combinação de filtros surge como uma alternativa para elevar o potencial de proteção solar e proporcionar uma maior estabilidade fotoquímica aos filtros (OLIVEIRA, 2019). Lima (2018) produziu formulações de carregadores lipídicos nanoestruturados contendo benzofenona-3 a partir de manteiga de cupuaçu, lanolina e óleo de buriti. Também foi feita uma avaliação *in vitro* da eficácia fotoprotetora que, concluiu o autor,

mostraram que o encapsulamento aumenta em 100% o FPS, em comparação com a BF-3 livre.

De acordo com a ANVISA (resolução nº 69/2016), os filtros com absorção no ultravioleta podem ser adicionados às formulações de produtos dentro dos limites de concentração máxima autorizada, que estão restritos a uma lista contendo ao todo 39 ingredientes ativos, entre eles o dióxido de titânio, a benzofenona-3, o homosalato, o PABA (Ácido para-aminobenzóico), (BRASIL, 2016). Assim, para que os protetores solares formulados com alguns filtros químicos sejam preparados, deve-se respeitar um limite máximo de concentração (3 e 15%), dependendo da natureza da substância, e para os filtros físicos é permitido até 25% da substância em produtos indicados com ação fotoprotetora (BRASIL, 2016).

2.5.1 Eficácia das formulações fotoprotetoras

O Fator de Proteção Solar (FPS) é a relação das energias necessárias para induzir, em voluntários humanos, uma resposta eritemática cutânea (vermelhidão) mínima na pele protegida e não protegida pelo produto, através de radiação ultravioleta emitida por uma fonte artificial. (INMETRO, 2012). Em outras palavras, FPS é um sistema de classificação numérica que indica o grau de proteção oferecido por um produto com proteção solar. Com isso, o FPS e sua eficácia são determinados mediante ao tempo de exposição solar à radiação UVB, necessário para produzir eritema na pele protegida e desprotegida. Vale ressaltar que, a radiação UVB causa aproximadamente 1000 vezes mais eritema em comparação com a radiação UVA, por isso, o FPS é em grande parte uma medida de proteção contra UVB (COSTA, 2017; SOUSA et al., 2019).

As metodologias norte-americana (FDA) e europeia (COLIPA ou Internacional) tornaram-se referência para a determinação do Fator de Proteção Solar (FPS) em diferentes países, dentre os quais o Brasil, que, por meio da RDC 30/2012 regulamentada pela ANVISA, em acordo com o Mercado Comum do Sul (MERCOSUL), determina que todo produto denominado protetor solar para comprovar sua eficácia fotoprotetora (determinação de FPS) deve ser realizada seguindo unicamente métodos *in vivo*, aplicando estritamente uma das metodologias internacionais (FDA ou COLIPA) ou suas atualizações (BRASIL, 2012; SCHALKA; DOS REIS, 2011). Em relação a determinação do nível de proteção UVA (FP-

UVA), deve ser realizada conforme as metodologias *in vivo* da Comissão Europeia e baseadas nos princípios recomendados pela Associação Japonesa (JCIA), através do método PPD (*persistent pigment darkening*) (BRASIL, 2012; OLIVEIRA, 2019).

Assim, a avaliação *in vivo* requer um mínimo de 25 voluntários para um teste estatisticamente satisfatório e com tipos de pele de I a III, segundo a escala Fitzpatrick, que classifica a pele humana em seis tipos de acordo com o fototipo e etnia, variando do tipo I (pele mais branca) ao tipo VI (pele negra) (SBD, 2021). A quantidade padronizada de produto aplicado deve ser de 2 mg/cm² numa área mínima de 50 cm², sob irradiação simulada (94 % de 290-400 nm) com lâmpada no UV de 300 W, 20 min após aplicação do produto (ANVISA, 2012; NASCIMENTO; SANTOS; AGUIAR, 2014; OLIVEIRA, 2019). Com isso, o FPS pode ser calculado através da Equação 01:

$$\text{FPS} = \frac{\text{DME (pele protegida)}}{\text{DME (pele desprotegida)}} \quad \text{Equação 01}$$

Onde: DME = dose mínima eritematosa, observada entre 16 e 24 h após a exposição UVB.

A utilização dos métodos *in vivo* na avaliação do FPS é a maneira mais precisa e imprescindível na avaliação de uma formulação fotoprotetora, porém requer a seleção de voluntários, profissionais especializados, são técnicas complexas, demoradas e de alto custo, além da exposição dos voluntários à radiação ultravioleta. Ademais, os testes são realizados somente na fase final de desenvolvimento de formulações fotoprotetoras e não são repetidos durante a produção em escala industrial (MORAES, 2018; LEITE FILHO et al., 2016 apud OLIVEIRA, 2019).

Por este motivo, pensando em contar com métodos mais simples para quantificar o potencial das formulações fotoprotetoras de filtros solares, cientistas desenvolveram ensaios para determinação de FPS *in vitro*, que são baseadas em análises espectrofotométricas que consiste na análise do espectro de absorção ou transmissão da radiação UV. Dentre os métodos espectrofotométricos, o ensaio desenvolvido por Mansur et al. (1986), é o mais difundido e se destaca por apresentar uma boa correlação ao teste *in vivo*, além da agilidade e reprodutibilidade (OLIVEIRA, 2019). Este método se baseia na diluição do fotoprotetor nos solventes etanol, metanol ou isopropanol e, posteriormente, é realizada uma leitura espectrofotométrica, na faixa de 290 - 320 nm, com intervalos de 5 nm (MORAES, 2018). Em seguida, o FPS é calculado utilizando a Equação 02.

$$FPS = CF \cdot \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot Abs(\lambda) \quad \text{Equação 02}$$

Onde:

CF = fator de correção (igual a 10)

EE (λ) = efeito eritematogênico da radiação de comprimento de onda (λ)

I (λ) = intensidade da luz solar no comprimento de onda (λ)

Abs (λ) = medida espectrofotométrica da absorvência da solução proposta como filtro solar.

A relação entre EE x I apresenta valores constantes em cada comprimento de onda e encontra-se descrita na Tabela 1 (SAYRE et al., 1979).

Tabela 1 - Relação entre o efeito eritematogênico e a intensidade de radiação em cada comprimento de onda.

λ (nm)	EE (λ) x I (λ)
290	0,0150
295	0,0817
300	0,2874
305	0,3278
310	0,1864
315	0,0839
320	0,0180
Σ	1,0000

Fonte: SAYRE et al., 1979; MANSUR et al., 1986.

Até então, nenhum método *in vitro* havia sido indicado como padrão pelas agências reguladoras nacionais e internacionais para determinação do FPS UVB. Entretanto, diversos estudos têm utilizado a técnica *in vitro* por espectrofotometria, para quantificar as capacidades fotoprotetoras de filtros solares antes da aplicação dos testes *in vivo*, seja para pesquisa ou para

fins de informação ao consumidor (MESÍAS et al., 2017; MORAES, 2018; OLIVEIRA, 2019).

No trabalho de Silva e colaboradores (2016), foi realizado um estudo para a determinação do FPS *in vitro* utilizando o método de Mansur (1986). As formulações do extrato da *Spondias purpurea* L. foram preparadas em uma faixa de concentração 0,2 – 50 mg/mL e o potencial fotoprotetor das soluções foi calculado utilizando a equação de Mansur. Os valores de FPS variaram 0,32 – 43,78. Os autores concluíram que o extrato de *Spondia spurplea* L. mostrou ter potencial fotoprotetor para os raios UVB, e sugeriram o uso da *Spondias purpurea* L. como ingrediente ativo para formulações fitocosméticas.

A determinação FP-UVA *in vitro* consiste na determinação do comprimento de onda crítico (λ_c), que se baseia no uso da espectroscopia UV acoplado com esferas de integração. O λ_c é aquele abaixo do qual 90 % da absorção UV pelo fotoprotetor acontece no intervalo de 290 a 400 nm. Assim, por exemplo, um protetor solar de λ_c igual a 340 nm será eficaz contra UVB e UVA (340 - 320 nm), mas não contra UVA (400 - 340 nm). Desse modo, para ser indicado como protetor UVA, deve apresentar valor de (λ_c), maior que 370 nm. Quanto maior o valor (λ_c), maior será a proteção UVA (NASCIMENTO; SANTOS; AGUIAR, 2014; OLIVEIRA, 2019).

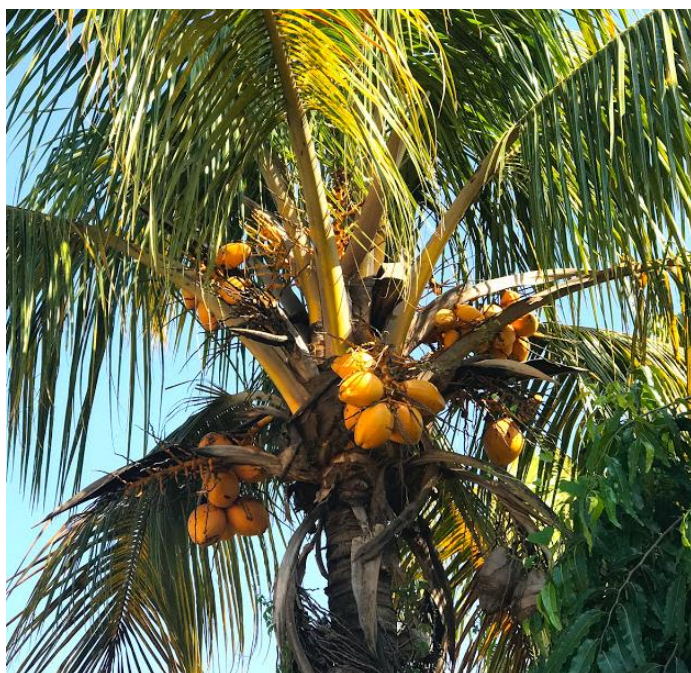
Lourith e colaboradores (2017), desenvolveram produtos fotoprotetores contendo extrato de sementes de maracujá. Foram preparados dois produtos com o extrato de maracujá incorporado, uma base e um corretivo, em formulações de 0,1 e 0,3% m/m. Com isso, o FPS das formulações da base e do corretivo foram analisados *in vitro* utilizando o método de Mansur (1986). O FPS da base e corretivo sem o extrato também foram medidos para fins de comparação. Os valores de FPS para a base variaram de 5,88 – 9,77 e para o corretivo variaram de 15,48 – 18,99. Para o FP-UVA, o comprimento de onda crítico foi de 389,40 nm para a base e 388,70 nm para o corretivo. Os autores consideraram que a formulação pode atuar como filtro solar com proteção UVA e UVB, e sugerem que pode ser uma avaliação adicional da eficácia *in vivo*.

2.6 Cocos nucifera linnus

A espécie *Cocos nucifera* L. (Figura 6) é originária do sudeste dos países asiáticos (Malásia, Indonésia e Filipinas) e da Melanésia. Popularmente chamado de coqueiro, é uma árvore perene, monocotiledônea, pertencente à família Arecaceae. Acredita-se que esta planta

foi introduzida na África Ocidental e, a partir daí, dispersado para o continente americano e outras regiões tropicais do Globo (LIMA et al., 2015; ROOPAN, 2016). No Brasil, ele foi introduzido por volta do ano de 1553 e propagou-se por toda a costa brasileira por dispersão natural. A espécie possui duas importantes variedades que são a *typica* (coqueiro gigante) e *nana* (coqueiro-anão) (MAGALHÃES et al., 2017).

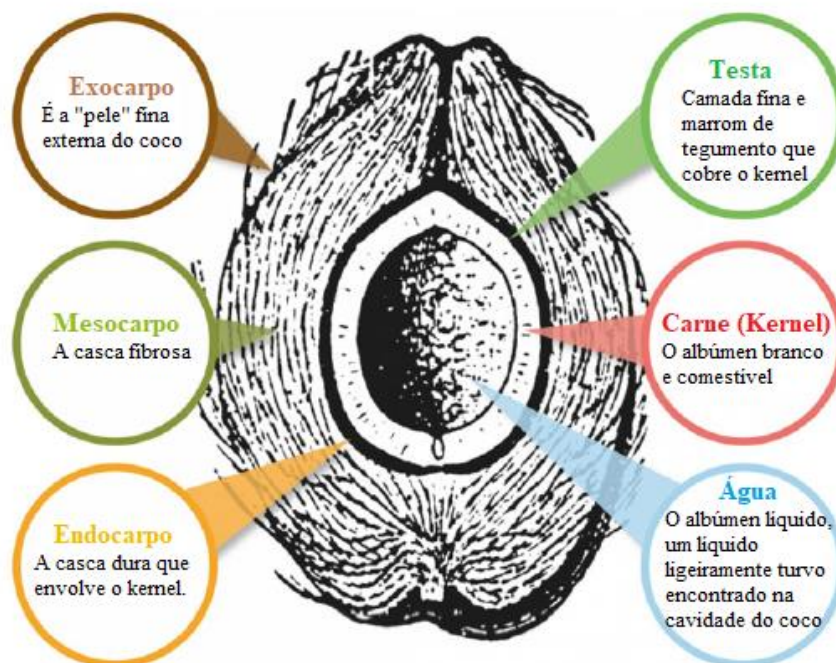
Figura 6 - A *Cocos nucifera* L.



Fonte: GUSTAVO GIACON, 2019.

O coco é composto pelo kernel, endocarpo, mesocarpo, exocarpo, testa e água de coco (Figura 7). Devido sua composição em minerais (potássio, magnésio, cálcio e ferro), proteínas, aminoácidos, vitaminas e fitohormônios, todos os diferentes produtos do coco são utilizados principalmente em muitas áreas que tem aplicação alimentícia, industrial e medicinal. Entre as vitaminas estão ácido ascórbico (vitamina C), tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantotênico, piridoxina e ácido fólico, que são compostos complexos essenciais para a manutenção da saúde do corpo (PARMAR et al., 2021; ROOPAN; ELANGO, 2015).

Figura 7 – Diferentes parte do coco.



Fonte: Adaptado de SU YIN CHAN, 2016.

O Brasil é o quinto maior produtor mundial de coco, com a participação de 4,5% da produção total (BRAINER; XIMENES, 2020). No mercado global, o fruto do coqueiro é destinado, especialmente à produção de Copra, tendo como principais derivados, óleo de coco (62,0%) e farinha de coco (33,1%). Dentre as regiões brasileiras, o Nordeste é o maior produtor, com 81,3% da área e 71,2% da produção nacional (BRAINER; XIMENES, 2020). Mesmo com a grande importância socioeconômica, o coco, que fornece insumos para indústria de alimentos e cosméticos, gera grande quantidade de resíduos. E entre os componentes do coco, a casca, que é constituída pelo exocarpo e pelo mesocarpo, representa em torno de 57% do fruto (CORREA, 2020).

As fibras da casca do coco (Figura 8) são um subproduto obtido do processamento da cultura do coco, constituídas de componentes químicos como taninos, fenóis, flavonóides, triterpenos, esteróides, leucoantocianidinas, alcalóides, saponinas, taninos condensados e triterpenos (COSTA et al., 2010; MATOS, 1997 apud PARMAR et al., 2021). Assim como as outras partes do coco, as fibras podem ser aplicadas em diversas áreas. Segundo o estudo de Lima et al. (2015), no Brasil, o extrato da fibra da casca de *C. Nucifera* é utilizado para tratar

a diarreia. Na Guatemala, o extrato é usado como um antipirético, para reduzir a inflamação renal e como uma pomada tópica para dermatite, abscessos e lesões. No Haiti, usado para o tratamento oral da asma. Na Jamaica, o extrato de fibra de casca é usado para tratar diabetes.

Figura 8 - Fibras das cascas de coco.



Fonte: CLAUDIO NOROES, 2004.

Visto que seu uso e potencial terapêutico das fibras das cascas de coco têm sido bastante utilizado na medicina popular de diversos países, vários pesquisadores têm buscado investigar as propriedades farmacológicas, biológicas, e realizar a identificação dos princípios ativos responsáveis pelas atividades biológicas exercidas pelas fibras. Como mostra o estudo realizado por Valadez-Carmona e colaboradores (2016), a partir da caracterização fitoquímica das fibras das cascas do coco, foi encontrada grande variedade de compostos fenólicos em sua composição, compostos como ácido gálico, ácido 4-hidroxibenzóico, catequina, ácido vanílico, kaempferol, epicatequina, vanilina, ácido ferúlico, rutina e ácido singínico. Estes constituintes exercem importantes atividades biológicas, como mostrado no estudo realizado por Lima (2016), onde as propriedades antidepressivas, antioxidantes e neurotróficas a partir do extrato das fibras das cascas de coco ministrado em ratos, foram registradas.

2.7 Objetivos

2.7.1 Objetivo Geral

Avaliar a capacidade antioxidante e o potencial fotoprotetor do extrato etanólico das fibras da casca do coco da variedade anão amarelo, visando o aproveitamento desses extratos como ingredientes ativos em formulações cosméticas/farmacêuticas.

2.7.2 Objetivos Específicos

- Obter o extrato etanólico das fibras das cascas do coco anão amarelo;
- Avaliar o conteúdo total de fenóis e a capacidade antioxidante do extrato etanólico das fibras das cascas do coco anão amarelo, utilizando os métodos de Folin-Ciocalteu, DPPH, FRAP e de atividade dismutásica (inibição do radical superóxido);
- Preparar formulações protetoras a partir da incorporação do extrato etanólico de fibras das cascas do coco anão amarelo;
- Avaliar o potencial fotoprotetor do extrato etanólico das fibras das cascas do coco anão amarelo e das formulações protetoras a partir da incorporação do extrato.

3 EXPERIMENTAL E MÉTODOS

3.1 Experimental

3.1.1 Reagentes, solventes e equipamentos

Nas Tabelas 2 e 3 listam os reagentes, solventes e equipamentos utilizados nas análises.

Tabela 2 – Reagentes e solventes utilizados no presente trabalho.

Reagente	Marca
Folin-Ciocalteu	Sigma-Aldrich
Radical 2,2- difenil-1-picril-hidrazila (DPPH [•])	Sigma-Aldrich
2,4,6-tris (2-piridil)-5-triazina (TPTZ)	Sigma-Aldrich
Ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano-2-carboxílico (Trolox)	Sigma-Aldrich
Quercetina	Sigma-Aldrich
Ácido gálico	VetecQuímica Fina Ltda (Brasil)
Cloreto férrico	VetecQuímica Fina Ltda (Brasil)
Acetato de sódio	CRQ Cromato ProdutosQuímicos Ltda
Eusolex 4360 (Benzofenona – 3)	Pharma Nostra – Brasil
Carbonato de sódio anidro	ReagenQuímibras Indústrias Químicas S/A - RJ
Cloreto de tetrazólio-nitrozul	Sigma-Aldrich
Nicotinamida adenina dinucleotídeo	Sigma-Aldrich
Metassulfato de fenazina	Sigma-Aldrich
Fosfato monopotássio	VetecQuímica Fina Ltda (Brasil)
Fosfato dissódico	VetecQuímica Fina Ltda (Brasil)
Ácido acético glacial	Labsynth – Ltda. (São Paulo, Brasil)
Ácido clorídrico	Cromoline Química Fina – Ltda (Brasil)
Metanol	Merck KGaA
Etanol	Sigma-Aldrich
Hexano	Panreac Química S. A. U (Espanha)
Água purificada	Milli-Q da Millipore Inc
Ácido sulfúrico	Cromoline Química Fina – Ltda (Brasil)

Fonte: AUTORA, 2021.

Tabela 3 – Equipamentos utilizados no presente trabalho.

Equipamento	Marca/Modelo
Agitador de soluções (vortéx)	Phoenex AP-56
Aquecedor	BiomiXer 78 HW-1
Banho de água termostatizada	Buchi, heatingbath B-491
Bomba de vácuo	Emerson – Motor Division ST Louis, MO - USA – CASSKXDJW – 2137 CAT
Balança analítica (0,01mg / 0,1mg)	Mettler Toledo AG 245
Espectrofotômetro UV-vis	Multispec - 1501 Shimadzu, Japão
Estufa	TECNAL – TE – 394/1
Leitor de microplacas	Infinite M Plex - TECAN
pHmetro	Putek
Rotaevaporador	BUCHI R-210
Ultrassom	Cristófoli

Fonte: AUTORA, 2021.

3.2 Métodos

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Eletroquímica e Estresse Oxidativo (LEEO), no Instituto de Química e Biotecnologia (IQB) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). A partir do extrato seco foram feitas as análises de fenóis totais, ensaios antioxidantes (FRAP, DPPH e ânion radical superóxido) e a avaliação do FPS. Também foram preparadas formulações protetoras para o ensaio de FPS com os extratos, padrão filtro comercial e padrão fenólico.

3.2.1 Obtenção das amostras

As fibras das cascas de *Cocos nucifera* L. da variedade anão amarelo (em fase madura) fornecidas pelo Professor Doutor Antônio Euzébio G. Santana foram coletadas em Maceió – AL. A planta foi identificada pela botânica Rosângela P. L. Lemos e a amostra foi depositada no herbário do Instituto do Meio Ambiente, Estado de Alagoas, Brasil.

3.2.2 Obtenção do extrato etanólico das fibras das cascas de *Cocos nucifera* L.

O processo de extração das fibras das cascas de coco da variedade anão amarelo foi realizado de acordo com Adebayo e colaboradores (2012), com algumas modificações. As fibras das cascas de coco da variedade anão amarelo (maduro), foram secas à temperatura de 40 °C, e transformadas separadamente em pó em triturador de faca forrageira do Instituto de Química e Biotecnologia da Universidade Federal de Alagoas. O extrato etanólico do pó (400 g) foi preparado por maceração com 6 L de etanol, ficando em contato por 3 dias (72 h). Este processo se repetiu por duas vezes. O filtrado foi recolhido e concentrado em rotaevaporador a 35 °C, obtendo-se o extrato etanólico das fibras das cascas de coco da variedade anão amarelo codificado como (EEAA), armazenado em frascos de vidro âmbar e mantido sob sistema de refrigeração.

3.2.3 Determinação do conteúdo total de fenóis

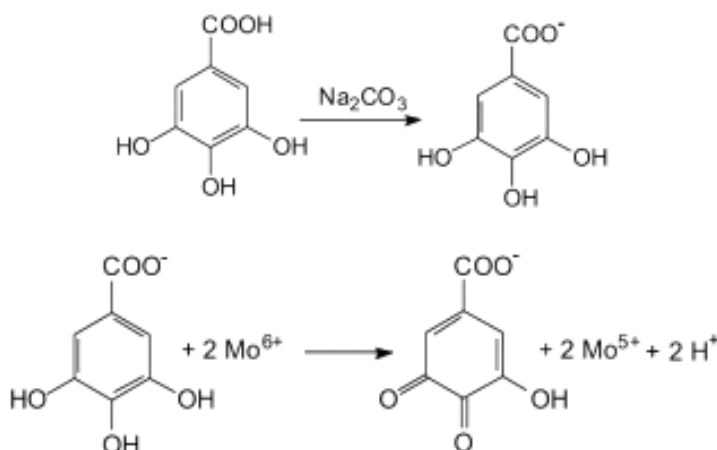
O reagente de Folin-Ciocalteu é composto por uma solução de íons poliméricos complexos, formados a partir dos ácidos fosfotungstúico e fosfomolibdúico (coloração amarelada – Nox 6 (VI)), que promove a oxidação de compostos fenólicos, em meio básico, produzindo uma solução de molibdênio azul e tungstênio azul (coloração azul – Nox entre 5 (V) e 6 (VI)) (FREITAS, 2017; OLIVEIRA, 2019).

A concentração do conteúdo total de fenóis foi determinada utilizando-se o método de Folin-Ciocalteu (FC), como descrito por CICCIO e colaboradores (2009), com modificações. A amostra EEAA ($10 \mu\text{g mL}^{-1}$) foi diluída em etanol. Em tubos de ensaio foram colocadas alíquotas de 120 μL do extrato com 180 μL de água purificada Milli-Q. Em seguida foram adicionados, 300 μL de RFC e, após 2 min, 2,4 mL de carbonato de sódio a 5% (m/v) totalizando um volume de 3 mL. Os tubos foram agitados em um vórtex e mantidos no escuro em banho-maria a uma temperatura de 40°C por 20 min. Em seguida, uma alíquota de 3 mL da amostra foi colocada em cubeta de quartzo (capacidade = 3 mL; caminho óptico = 1 cm) e medida da absorvência a 760 nm, usando um espectrofotômetro. O mesmo procedimento foi realizado utilizando-se 120 μL de etanol como branco.

O conteúdo total de fenóis (CTF) foi obtido através de uma curva analítica preparada a partir da solução etanólica do padrão fenólico ácido gálico ($1,12 - 10,53 \text{ mg L}^{-1}$), construída a

partir do programa Origin 8.0, e os resultados foram expressos em miligramas equivalentes de ácido gálico por grama do extrato (mg de EAG/g do extrato seco).

Figura 9 - Reação do ácido gálico em presença do molibdato, componente do reagente de Folin-Ciocalteu.



Fonte: OLIVEIRA, 2019.

3.2.4 Capacidade antioxidante frente ao radical DPPH•

Na forma de radical, o DPPH• (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) possui a coloração purpúrea ou violeta com absorção característica em 516 nm. Na presença de substâncias antioxidantes, podem doar um átomo de hidrogênio ou transferir um elétron para a molécula de DPPH•, que é reduzido para DPPH-H (difenil-picril-hidrazina), que possui coloração amarela. Assim, a medida que o radical é consumido no meio reacional, o mesmo pode ser monitorado pelo decréscimo da absorvência do radical (FREITAS, 2017; OLIVEIRA, 2015)

A determinação da capacidade antioxidante do EEAA foi feita de acordo com SÁNCHEZ-MORENO e colaboradores (1999), com algumas modificações. A solução etanólica do EEAA foi preparada na concentração de $10 \mu\text{g mL}^{-1}$. No preparo das misturas reacionais foram utilizados 300 μL da solução da amostra e 2,7 mL da solução metanólica de DPPH• a $40 \mu\text{g mL}^{-1}$. A avaliação da capacidade antioxidante foi determinada monitorando-se a redução do radical DPPH• (2,2-difenil-1-picril-hidrazila) a DPPH-H (difenil-picril-hidrazina), através da medida do decréscimo da absorvência a 516 nm, em espectrofotômetro. A percentagem da capacidade sequestradora de radicais (ASR) de cada extrato foi calculada através da Equação 3, no tempo reacional de 30 minutos.

$$\%ASR = \left[\frac{(Abs_{controle} - Abs_{amostra})}{Abs_{controle}} \right] .100 \quad \text{Equação 3}$$

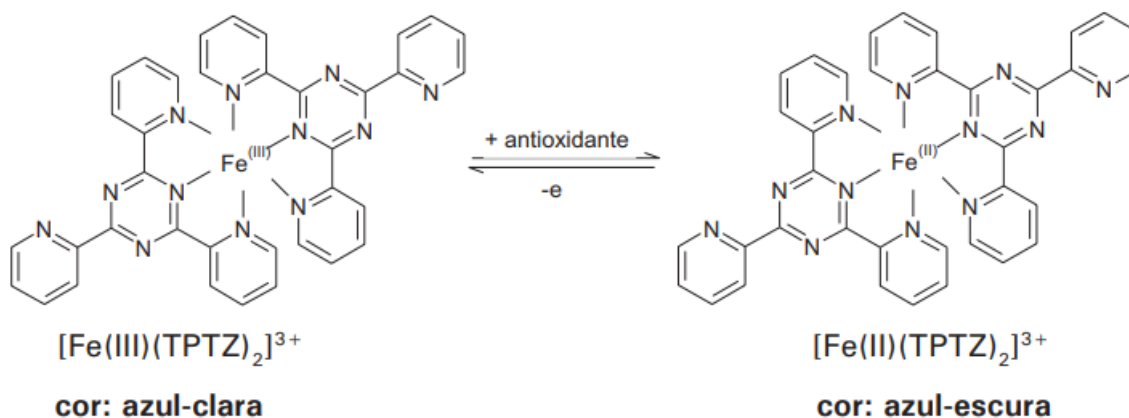
Onde, $Abs_{controle}$ é a absorvência inicial da solução metanólica de DPPH• e $Abs_{amostra}$ é a absorvência da mistura reacional (DPPH• + amostra). As reações foram realizadas em triplicata e os resultados foram expressos como % ASR média ± desvio padrão.

A concentração inibitória IC_{50} (definida como concentração da amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial de DPPH•), avaliada para os extratos, foi obtida graficamente através da curva de calibração na faixa ($1,5 - 13 \mu\text{g mL}^{-1}$), da concentração versus o percentual de inibição correspondente. A curva foi construída a partir do programa Origin 8.0 e os ensaios foram realizados em triplicata.

3.2.5 Capacidade antioxidante pelo método de redução de ferro – FRAP

A determinação da capacidade antioxidante por redução do ferro (III) dos EEAA foi realizada de acordo com o procedimento descrito por BENZIE e colaboradores (1996), com algumas modificações. Uma alíquota de 90 μL da solução do EEAA ($10 \mu\text{g mL}^{-1}$) foi transferida para um tubo de ensaio, junto com 270 μL de água destilada e 2,7 mL do reagente FRAP, que foi preparado no momento da análise, por meio da mistura de 25 mL de tampão acetato (300 mM, pH 3,6), 2,5 mL de solução TPTZ (10 mM em HCl 40 mM) e 2,5 mL da solução de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (20 mM). Em seguida, os tubos com tampas foram agitados em um vórtex, e estes foram mantidos em banho-maria a 37 °C durante 30 minutos. As medidas de absorvência foram realizadas em espectrofotômetro a 595 nm. O reagente FRAP foi utilizado como branco. Utilizou-se o padrão Trolox para a construção da curva de analítica ($0,15 - 30 \mu\text{mol L}^{-1}$) e os resultados foram expressos em μmol de equivalentes trolox (ET) / g do extrato seco.

Figura 10 - Reação de redução do complexo TPTZ [Fe(III)/Fe(II)].



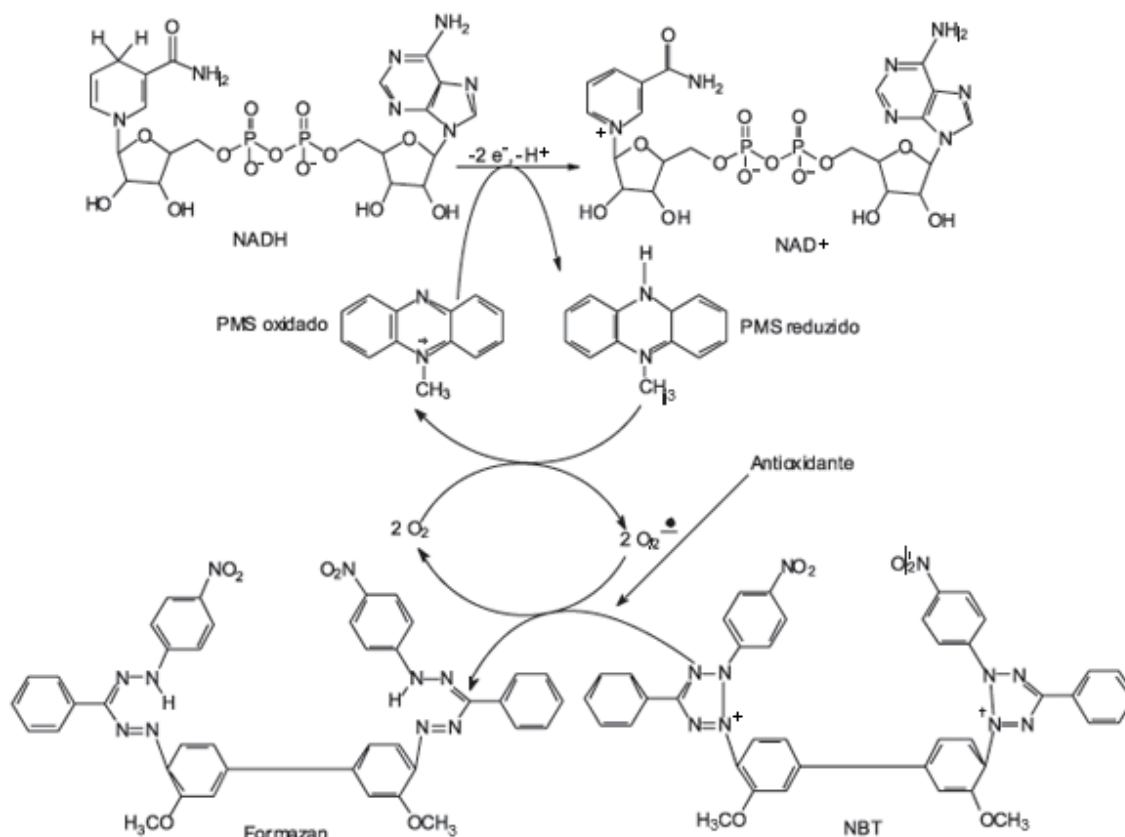
Fonte: RUFINO et al., 2006.

3.2.6 Capacidade antioxidante frente ao radical ânion superóxido ($O_2^{\bullet-}$)

A determinação da capacidade antioxidante do EEAA foi feita de acordo com Gomes e colaboradores (2007), com algumas modificações. Inicialmente, as soluções etanólicas da amostra e do controle positivo (quercetina) foram preparados na faixa de concentração de $6,25 - 200 \mu\text{g mL}^{-1}$ e $6,25 - 200 \mu\text{M}$, respectivamente. No preparo da mistura reacional foram colocadas alíquotas na microplaca, em triplicata, de $50 \mu\text{L}$ da solução do extrato EEAA, $50 \mu\text{L}$ da solução de NADH (nicotinamida adenina dinucleotídeo), $150 \mu\text{L}$ da solução NBT (cloreto de tetrazólio-nitroazul) e $50 \mu\text{L}$ da solução de PMS (metassulfato de fenazina). As soluções de NADH ($996 \mu\text{M}$), PMS ($16,2 \mu\text{M}$) e NBT ($86,6 \mu\text{M}$) foram preparadas utilizando o tampão fosfato de potássio (19 mM , pH 7,4), preparado previamente, e armazenadas em gelo e na ausência de luz, devido à rápida oxidação desses compostos. Para o branco, utilizou-se a reação na ausência de PMS e da amostra, para o controle negativo foi usada a mistura reacional sem a presença da amostra.

Com isso, o ânion radical superóxido foi gerado pelo sistema NADH/PMS/ O_2 . A capacidade de sequestro do radical $O_2^{\bullet-}$ foi determinado por espectrofotômetro, onde a absorvência na solução etanólica do extrato EEAA e da quercetina foram monitoradas continuamente através do surgimento de formazan. Os resultados foram expressos como inibição, em porcentagem, de redução do NBT para formazan, a 560 nm , em um tempo de 5 minutos, usando leitor de microplacas no modo cinético.

Figura 11: Representação esquemática da geração do ânion radical superóxido e ação de um antioxidante presente no meio.



Fonte: OLIVEIRA et al., 2009.

3.2.7 Avaliação do Fator de Proteção Solar (FPS) in vitro do extrato

O fator de proteção solar do extrato foi determinado de acordo com o método descrito por Mansur e colaboradores (1986) e Silva et al., (2015), com algumas modificações. Soluções estoque do extrato etanólico das fibras das cascas de coco foi preparada em etanol P.A. ($0,1 \text{ g mL}^{-1}$). De cada solução estoque, foram obtidas diluições nas concentrações de 0,2; 2; 5; 10 e 15 mg mL^{-1} . Após esse procedimento, a amostra foi colocada em cubeta de quartzo (caminho óptico = 1 cm) e as medidas de absorvência, na faixa de 290 – 320 nm com intervalos de leitura de 5 nm foram realizadas, utilizando um espectrofotômetro. O etanol foi utilizado como branco. As análises foram realizadas em triplicata. Os valores de FPS dos extratos foram calculados utilizando a Equação 2, apresentada na seção 2.5.1.

3.2.8 Preparo das formulações com extrato etanólico de *Cocos nucifera*

O extrato etanólico das fibras das cascas do coco foi solubilizado em etanol P.A até sua completa dissolução, em seguida, foram incorporados ao creme base Lanette (comprado em farmácia de manipulação do mercado local, Ao Farmacêutico) com o auxílio de um gral de porcelana e pistilo, variando as concentrações de 5 a 20% (m/m).

Do mesmo modo, formulações foram preparadas contendo padrão químico comercial benzofenona-3 ou padrão fenólico quercetina, ambos na concentração a 5% (m/m), para fins de comparação. Tais formulações foram codificadas conforme a Tabela 4 e armazenadas a temperatura ambiente. Após 24h, as formulações foram submetidas à avaliação do FPS, como descrito no item 2.5.1. A base Lanette foi usada como branco. As análises foram realizadas em triplicata.

Tabela 4 - Códigos de identificação das formulações preparadas a partir do extrato e padrões filtro comercial e fenólico.

Formulação	Princípio ativo (m/m)
(Extrato de <i>Cocos nucifera</i> L.)	
CE5	Creme + Extrato Etanólico Anão Amarelo 5%
CE10	Creme + Extrato Etanólico Anão Amarelo 10%
CE20	Creme + Extrato Etanólico Anão Amarelo 20%
(Filtro solar comercial e padrão fenólico)	
CB5	Creme + Benzofenona-3 5%
CQ5	Creme + Quercetina 5%

Fonte: AUTORA, 2021.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Rendimento do extrato

O rendimento da extração para a obtenção do extrato etanólico das fibras das cascas de coco anão amarelo, realizado por meio de maceração, encontra-se listado na Tabela 5.

Tabela 5 - Rendimento da extração etanólica do coco.

Amostra	Código	Rendimento (%)
Extrato etanólico fibras das cascas de coco anão amarelo	EEAA	7,75

Fonte: AUTORA, 2021.

Observa-se na Tabela 5, que o extrato etanólico das fibras das cascas de coco anão amarelo apresenta valor de rendimento quase três vezes maior ao valor observado para esta espécie na literatura. Prakash et al.(2018), usando diferentes solventes para extração, registrou valor de 2,95% para o extrato metanólico das cascas de coco.

4.2 Conteúdo total de fenóis e capacidade antioxidante frente ao radical DPPH• e pelo método de FRAP

No presente trabalho, o conteúdo de fenóis totais foi avaliado pelo método de Folin-Ciocalteu, e a determinação da capacidade antioxidante pelos métodos de DPPH• e FRAP.

A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos para CTF e capacidade antioxidante pelos métodos de DPPH• e FRAP, para o extrato etanólico das fibras da casca do coco na variedade anão amarelo.

Tabela 6 - Conteúdo total de fenóis (CTF), DPPH• (ASR% e IC₅₀) e FRAP do EEAA.

Extratos	CTF	DPPH•		FRAP
	(mg EAG/g extratoseco)	ASR %	IC₅₀ (µg mL⁻¹)	(µmol ET/g extrato seco)
EEAA	673,9 ± 37,0	74,9 ± 0,4	6,6 ± 0,6	3287,0 ± 134,0

(EAG) Equivalente de ácido gálico. (ASR) Atividade sequestradora de radicais (DPPH•). (ET) equivalente de Trolox

Fonte: AUTORA, 2021.

A partir dos resultados obtidos na Tabela 6, observa-se que o conteúdo total de fenóis foi de 673,9 mg EAG g⁻¹ extrato seco. A determinação da capacidade antioxidante também foi avaliada. Para o ensaio de DPPH•, o extrato apresentou atividade de sequestro do radical de 74,9% e valor de IC₅₀ de 6,6 µg mL⁻¹. Já no ensaio de FRAP, o valor atingiu 3287,0 µmol ET g⁻¹ de extrato seco.

Para a determinação do conteúdo total de fenóis, ao comparar os estudos realizados por Valadez-Carmona e colaboradores (2016), foi encontrado valor de CTF de 64,2 mg EAG g⁻¹ extrato seco, para o extrato das fibras das cascas de coco jovem. Enquanto, o estudo de Muritala e colaboradores (2018), foi encontrado um valor de CTF de 126,7 mg EAG g⁻¹ ext. seco, em extrato metanólico das cascas de coco maduro. Ambos os trabalhos apresentaram CTF menores que o presente trabalho. Vale ressaltar que diversos fatores podem influenciar na composição dos extratos vegetais, tais como crescimento, maturidade, condição de colheita, fatores climáticos (temperatura e umidade) e região de cultivo (KIM; JEONG; LEE, 2003 apud OLIVEIRA, 2019).

Para a determinação da capacidade antioxidante do extrato, por meio da atividade sequestradora de radical DPPH•, comparando os dados do presente trabalho com os dados obtidos na literatura, as fibras de coco amarelo também foram analisadas no trabalho de Freitas (2017), que encontrou um valor de ASR em 72% na concentração de 12,5 µg mL⁻¹, ressaltando o potencial antioxidante que essa amostra apresenta, visto que nossos resultados foram próximos. Em outro estudo realizado por Bahiense e colaboradores (2017), foram analisados os extratos etanólicos das folhas e cascas de *Sambucus australise* encontraram um valor de IC₅₀ de 43,5 e 66,2 µg mL⁻¹ para as folhas e cascas, respectivamente. No presente trabalho o valor de IC₅₀ foi menor, ressaltando a maior capacidade de sequestro de radicais.

Em relação a capacidade antioxidante pelo método FRAP, comparando com os resultados obtidos por Valadez-Carmona e colaboradores (2016) para o extrato de cascas de coco, apresentou valor de 493,7 µmol ET g⁻¹. Em outros trabalhos na literatura alguns autores também encontraram valores de FRAP maiores para o extrato obtido com cascas. Nos estudos realizados por Sereno e colaboradores (2020), avaliaram extratos metanólicos de diferentes partes da *Solanum sessiliflorum* Dunal (cascas e polpa com sementes), sendo o extrato da casca o que apresentou a maior capacidade redutora com o valor de 137,09 µmol ET por 100g de ext. seco.

4.3 Capacidade antioxidante frente ao radical superóxido

A determinação da capacidade antioxidante também foi avaliada pelo método de sequestro do radical ânion superóxido. A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos para os valores de IC₅₀ da concentração de ânion radical superóxido para o extrato etanólico das cascas de coco amarelo em comparação com os resultados obtidos com o padrão quercetina.

Tabela 7 - Dados de IC₅₀ do ânion radical superóxido do extrato EEAA e padrão.

Amostras	Ânion Radical Superóxido IC ₅₀ (µg mL ⁻¹)
EEAA	94,39
Quercetina	29,62

Fonte: AUTORA, 2021.

A partir dos resultados obtidos na Tabela 7, observa-se que o extrato no ensaio de ânion radical superóxido, apresentou valor de IC₅₀ de 94,39 µg mL⁻¹ e o padrão quercetina apresentou valor de IC₅₀ cerca de três vezes menor que o extrato.

Ao comparar os estudos realizados por Carabajal e colaboradores (2020) para o ensaio de sequestro do ânion radical superóxido, foram encontrados valores de IC₅₀ de 193,6, 348,8, 467,2 e 124,9 µg mL⁻¹ para os extratos aquosos das folhas de *Zuccagnia punctata*, *Larrea cuneifolia*, *Larrea divaricata* e *Camellia sinensis*, respectivamente. E para o padrão quercetina utilizado no estudo, o valor de IC₅₀ foi de 60,5 µg mL⁻¹. Com isso, no presente trabalho, o valor de IC₅₀ foi equivalente aos extratos de *Zuccagnia punctata* e *Camellia sinensis*, e menor para os extratos de *Larrea cuneifolia* e *Larrea divaricata*. Vale ressaltar que quanto menor IC₅₀ maior é a capacidade de sequestro de radicais superóxido.

Em estudo realizado por Li e colaboradores (2020) em amostras de *Phyllanthu semblica* L. retiradas em diferentes províncias da China, foram encontrados valores de IC₅₀ de 0,677 mg mL⁻¹ (677 µg mL⁻¹) (província de Yunnan), 1,345 e 1,496 mg mL⁻¹ (1345 e 1496 µg mL⁻¹) (província de Fujian), 1,343 e 1,584 mg mL⁻¹ (1343 e 1584 µg mL⁻¹) (província de Guangxi) para os extratos etanólicos dos frutos de groselha indiana. O estudo de Li apresentou maior valor de IC₅₀, ou seja, menor capacidade de sequestro do radical ânion superóxido em relação ao presente trabalho.

4.4 Avaliação do fator de proteção solar (FPS) do extrato etanólico de *Cocos nucifera* e formulações

A Tabela 8 apresenta os valores de FPS determinados para o extrato e formulações das fibras das cascas de coco anão amarelo em função da concentração e dos percentuais de extrato incorporado ao creme-base, em comparação com os resultados obtidos com o padrão quercetina (CQ) e benzofenona-3 (CB).

Tabela 8 - Fator de proteção solar (FPS) do extrato etanólico e formulações.

Amostras	Diluições (mg mL ⁻¹)				
	0,2	2	5	10	15
EEAA	5,00 ± 0,08	10,48 ± 0,52	14,09 ± 0,99	12,37 ± 0,42	11,50 ± 0,28
CE5	0,49 ± 0,18	2,22 ± 0,07	7,83 ± 0,20	15,02 ± 0,86	14,23 ± 0,64
CE10	0,57 ± 0,02	3,51 ± 0,12	11,89 ± 0,61	14,11 ± 1,79	15,94 ± 1,50
CE20	0,41 ± 0,29	16,54 ± 0,99	14,16 ± 1,24	14,81 ± 1,42	15,10 ± 1,28
CB5	4,89 ± 0,62	16,54 ± 1,34	17,95 ± 0,45	16,86 ± 0,10	14,16 ± 1,80
CQ5	1,44 ± 0,06	10,78 ± 0,96	15,04 ± 1,59	15,01 ± 0,88	14,90 ± 0,80

EEAA = extrato etanólico anão amarelo, CE = creme + extrato etanólico de 5,10 e 20% (m/m), CB5 = creme + benzofenona-3 a 5% (m/m); CQ = creme + quercetina a 5% (m/m).

Fonte: AUTORA, 2021.

A partir dos resultados obtidos na Tabela 8, observou-se que os valores de FPS para o EEAA variaram de 5,00 a 14,09. As formulações protetoras preparadas com incorporação do extrato a (5, 10 e 20%), apresentaram valores de FPS que variaram de 0,41 a 16,54. Os dados a partir dos padrões benzofenona-3 e quercetina variaram de 4,89 a 17,95 e de 1,44 a 15,04, respectivamente.

De acordo com a agência reguladora brasileira RDC 30/2012 (Anvisa, 2012), o requisito principal para uma formulação ser considerada fotoprotetora é que o valor mínimo de FPS seja ≥ 6 . Analisando os resultados, observou-se que o potencial fotoprotetor do extrato e formulações variaram de acordo com a concentração e os percentuais de extratos incorporados. Os extratos e formulações apresentaram valores satisfatórios de FPS, em baixas diluições demonstraram valores superiores ao exigido pela Anvisa, com níveis de saturação dos raios UVB girando em torno de 2 e 5 mg mL⁻¹, respectivamente, e além disso, os seus

valores de FPS podem ser comparados com os valores de FPS obtidos pelo filtro comercial benzofenona-3 e o padrão fenólico quercetina.

Na Figura 12 estão apresentados os espectros de absorção obtidos das formulações preparadas com EEAA de 5 a 20%, e os padrões benzofenona-3 e quercetina, caracterizados por espectrofotometria de absorção na região UV-vis. É possível observar que as formulações CEEAA apresentam bandas de absorção na região UVB em torno de 280 nm. Este aspecto também foi observado para o padrão benzofenona-3, um filtro químico comercial de amplo espectro, que possui duas bandas com máximos de absorção de radiações nas regiões UVB/UVA. Já, o padrão fenólico quercetina, substância encontrada no extrato etanólico da fibra da casca do coco anão amarelo, conhecida pelo seu potencial antioxidante e também fotoprotetor, apresentou absorção da radiação UV com máximos de absorvência no UVA/UVC e uma discreta banda na região UVB. Verificou-se que o creme Lanette não absorvia na região estudada, assegurando que as absorções resultantes foram das formulações.

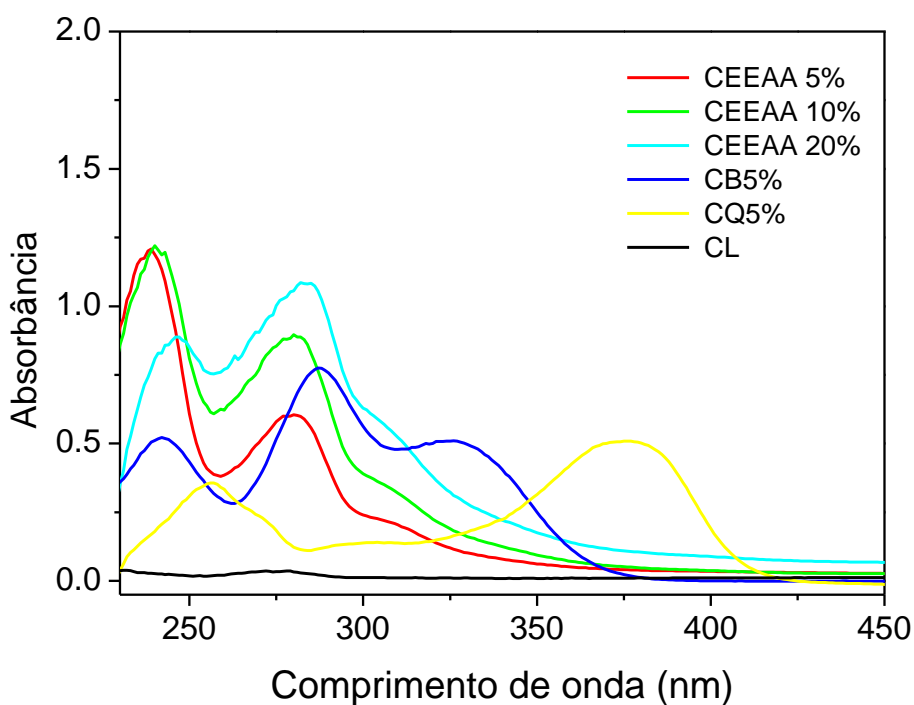
O potencial fotoprotetor, provavelmente, se deve à presença de compostos fenólicos nas fibras do coco. Segundo Cherubim e colaboradores (2020), os compostos fenólicos podem absorver a radiação ultravioleta devido à presença de cromóforos em sua estrutura. Também, derivados fenólicos, especialmente estilbenos, flavonóides e ácidos hidroxicinâmicos, apresentam alta absorção de UV. Em estudos realizados pelo nosso grupo de pesquisa com as fibras do coco (OLIVEIRA et al., 2021), foram encontrados tais compostos: quercetina, catequina, epicatequina, ácido vanílico e ácido cafeíco.

Diversos autores têm estudado a ação fotoprotetora e propriedades antioxidantes de diversas espécies vegetais (OLIVEIRA, 2019). Em estudo de Cefali e colaboradores (2019), analisaram o potencial fotoprotetor *in vitro* dos extratos etanólicos de *Dimorphandra mollis* Benth, *Ginkgo biloba* L., *Ruta graveolens* L., *Vitis vinífera* L. e misto (os quatro extratos juntos a uma proporção de 1:1:1:1). Assim, os quatro extratos ($100 \mu\text{g mL}^{-1}$) e a amostra mista apresentaram valor de FPS de $5,04 \pm 0,2$ (*D. mollis* Benth.), $8,31 \pm 0,5$ (*G. biloba* L.), $7,08 \pm 0,4$ (*R. graveolens* L.), $3,71 \pm 0,5$ (*V. vinífera* L.), e $7,72 \pm 0,4$ (amostra mista).

Ainda, em estudos realizados por Simões e colaboradores (2020), relataram que o extrato aquoso de *Plectranthus amboinicus* (Lour) Spreng apresentou atividade fotoprotetora nas concentrações de 50, 100, 500 e $1000 \mu\text{g mL}^{-1}$, com FPS de 4,82, 4,27, 7,74 e 12,53. Também, em estudos de Dengo; Ferreira (2017), o potencial fotoprotetor *in vitro* do extrato do bagaço da uva Isabel (*Vitis labrusca* L.) extraído em diferentes solventes, apresentaram

valor de FPS de 7,7 e 10,5 para os extratos etanólico e aquoso, respectivamente. Ambos os estudos apresentam valores de FPS equivalentes ao do presente trabalho.

Figura 12 - Espectros de absorção de UV-vis das formulações Creme + EEAA 5, 10 e 20% (m/m) (2 mg mL^{-1}), Creme + benzofenona-3 a 5% (CB5) ($0,2 \text{ mg mL}^{-1}$), Creme + quercetina a 5% (CQ5) ($0,2 \text{ mg mL}^{-1}$) e Creme Lanette (CL).



Fonte: OLIVEIRA, 2019.

5 CONCLUSÃO

Os resultados demonstraram que o extrato etanólico das fibras das cascas de coco anão amarelo apresentou capacidade antioxidante e um elevado teor de fenóis totais. Em relação ao potencial fotoprotetor, o extrato apresentou atividade fotoprotetora contra os raios UVB, com valores de FPS equivalentes ao filtro comercial benzofenona-3. Por este motivo, o extrato pode ser considerado como ingrediente ativo na preparação do protetor solar, entretanto, para tal confirmação, é preciso que sejam realizadas todas as etapas estipuladas pela ANVISA, para que uma substância possa atuar como fotoprotetor.

REFERÊNCIAS

- ADEBAYO, J.O; et al., Evaluation of the antiplasmodial and cytotoxicity potentials of husk fiber extracts from *Cocos nucifera* medicinal plant used in Nigeria to treat human malaria, **Human and Experimental Toxicology**, v. 31, n. 3, p. 244-249, 2012.
- ANVISA. Brasil, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) Resolução RDC nº 07, de 11 de fevereiro de 2015. **Dispõe sobre os requisitos técnicos para a regularização de produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes e dá outras providências.** 2015.
- ANVISA. Brasil, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária(ANVISA) Resolução RDC nº 30, de 01 de junho de 2012. **Aprova o Regulamento Técnico Mercosul sobre Protetores Solares em Cosméticos e dá outras providências.** 2012.
- ANVISA. Brasil, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) Resolução RDC nº 69, de 23 de março de 2016. **Dispõe sobre o regulamento técnico mercosul sobre lista de filtros ultravioletas permitidos para produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes.** 2016.
- BAEK, J.; LEE, M. G. Oxidative stress and antioxidant strategies in dermatology. **Redox Report**, v. 21, n. 4, p. 164–169, 2016.
- BAHIENSE, J. B.; MARQUES, F. M.; FIGUEIRA, M. M.; VARGAS, T. S.; KONDRATYUK, T. P.; SCHERER, R.; FRONZA, M. Potencial atividade antiinflamatória, antioxidante e antimicrobiana de *Sambucus australis*. **Pharmaceutical Biology**, v. 55, n. 1, p. 991-997, 2017.
- BALOGH, T. S. et al. Proteção à radiação ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade em fotoproteção. **An Bras Dermatol**, v. 86, n. 4, p. 732-742, 2011.
- BENZIE, I. E. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. **Analytical Biochemistry**, v. 239, p. 70-76, 1996.
- BERNARD, J. J.; GALLO, R. L.; KRUTMANN, J. Photoimmunology: how ultraviolet radiation affects the immune system. **Nature Reviews Immunology**, v. 19, n. 11, p. 688–701, 2019.
- BetaEQ. **Mecanismo de ação dos protetores solares.** 2020. Disponível em: <<https://betaeq.com.br/2020/02/03/mecanismo-de-acao-dos-protetores-solares/>>. Acesso em: 24 Fev. 2021.
- BRAINER, M. S. C. P; XIMENES, L. F. PRODUÇÃO DE COCO – SOERGUIMENTO DAS ÁREAS TRADICIONAIS DO NORDESTE. **Caderno Setorial ETENE**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, Ano 5, n. 127, Agosto 2020.
- CAMPOS, P. M. B. G. M; MERCÚRIO, D. G. Formas Cosméticas. **Cosmetics and Toiletries**, v. 25, p. 36-39, 2014.
- CARABAJAL, A. M. P. et al. The use of jarilla native plants in a Diaguita-Calchaquí

indigenous community from northwestern Argentina: An ethnobotanical, phytochemical and biological approach. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 247, p. 112-258, 2020.

CEFALI, L. C. et al. Evaluation of In Vitro Solar Protection Factor (SPF), Antioxidant Activity, and Cell Viability of Mixed Vegetable Extracts from *Dormophandra mollis* Benth, *Ginkgo biloba* L., *Ruta graveolens* L., and *Vitis vinífera* L. **Plants**, v. 8, p. 453, 2019.

CHAN, S. Y. Coconut Handbook. **Tetra Pak South East Asia Pte Limited, Coconut Knowledge Centre**, p. 177, 2016.

CHERUBIM, D. J. L.; MARTINS, C. V. B.; FARINA, L. O.; LUCCA, R. A. S. Polyphenols as natural antioxidants in cosmetics applications. **Journal of Cosmetic Dermatology**, v. 19, n. 1, p. 33–37, 2020.

CHIARI-ANDRÉO, B. G. et al. Can natural products improve skin photoprotection? **Rodriguésia**, v. 71, 2020.

CICCO, N.; LANORTE, M.T.; PARAGGIO, M.; VIGGIANO, M.; LATTANZIO, V. A reproducible, rapid and inexpensive Folin–Ciocalteu micro-method in determining phenolics of plant methanol extracts. **Microchemical journal**, v. 91, p. 107–110. 2009.

COMO prevenir. **SBD - Sociedade Brasileira de Dermatologia**, 2020. Disponível em: <https://www.sbd.org.br/dezembroLaranja/noticias/como-prevenir/>. Acesso em: 13 Mar. 2021.

CORREA, M. U. Coprodutos. **ageitec - EMBRAPA**, 2020. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/coco/arvore/CONT000giw3qz5o02wx5ok05vadr1u5iye30.html>. Acesso em: 21 Fev. 2021.

COSTA, C. T.; BEVILAQUA, C. M.; MORAIS, S. M.; CAMURCA-VASCONCE-LOS, A. L.; MACIEL, M. V.; BRAGA, R. R.; OLIVEIRA, L. M. B. Anthelmintic activity of *Cocos nucifera* L. on intestinal nematodes of mice. **Res Vet Sci**, v. 88, n. 1, p. 101–103, 2010.

COSTA, R. M. Novos avanços tecnológicos na fotoproteção. Dissertação de mestrado - Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias - Mestre em Ciências Farmacêuticas - Lisboa, 2017.

COSTA, VITÓRIA R.; MOREIRA, MARIANA M S.; MONTEIRO, RAFAELA V C.; RANGEL, L. C. Os efeitos da incidência excessiva da radiação ultravioleta na pele - Artigo de revisão. **Revista Interdisciplinar do Pensamento Científico**, v. 5, n. 112, p. 1418–1427, 2019.

CRUZ, G. T. A. DA et al. FATORES ASSOCIADOS AO USO DO PROTETOR SOLAR COMO MEDIDA DE PREVENÇÃO AOS DANOS CAUSADOS PELA EXPOSIÇÃO SOLAR / FACTORS ASSOCIATED WITH THE USE OF THE SUN PROTECTOR AS A MEASURE TO PREVENT DAMAGE CAUSED BY SUN EXPOSURE. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 99546–99563, 2020.

DELTREGGIA, D.; OLIVEIRA, H.; BOFF, R.; SANTOS, K.; FUJII, M.; REBELO, M. A evolução dos fotoprotetores: das emulsões às nanoemulsões. **Revista Saúde em Foco**, v. 11,

p. 798–811, 2019.

DENGO, B. L.; NOTARGIACOMO FERREIRA, J. R. Avaliação in vitro do potencial fotoprotetor do extrato do bagaço da uva Isabel (*Vitis Labrusca* L). **Evidência - Ciência e Biotecnologia**, v. 17, n. 1, p. 45–56, 2017.

DO NASCIMENTO, L. F.; DOS SANTOS, E. P.; DE AGUIAR, A. P. Organic sunscreens. Research, innovation and the organic synthesis importance. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 2, p. 190–223, 2014.

ENCINAS PEREA, S. Solar Filters: A Strategy of Photoprotection. In: **Applied Photochemistry**. Basileia, Switzerland: Springer, 2016. p. 459–478.

ESQUENAZI, D. et al. Antimicrobial and antiviral activities of polyphenolics from *Cocos nucifera* Linn. (Palmae) husk fiber extract. **Research in Microbiology**, v. 153, n. 10, p. 647–652, 2002.

FAVERO, J. S. et al. Ativos Fotoprotetores em Produtos de Proteção Solar comercializados no Brasil. **Cosmetics & Toiletries**, v. 31, 2019.

FERREIRA, F. S. et al. Avaliação in vitro do fator de proteção solar de protetores solares manipulados em um município do Paraná. **Boletim Informativo Geum**, v. 8, n. 2, p. 8, 2017.

FOGAÇA, L. A. Encapsulação de compostos com fator de proteção solar e atividade antioxidante pela técnica de polimerização em miniemulsão para aplicação cosmética. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, 2019.

FONSECA, A; PRISTA, N. L. **Manual de Terapêutica Dermatológica e Cosmetologia**. Ed. Rocca, 2000.

FONSECA, K. Z; PRAZERES, A. G. M; LIMA, C. L. B; SANTOS, I. P; PAMPONET, J. S. S. **Perguntas mais frequentes sobre Flavonoides**. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, Superintendência Educação Aberta e a Distância - SEAD. 2016.

FREITAS, R. B. DESENVOLVIMENTO DE FITOCOSMÉTICO ANTIOXIDANTE A PARTIR DE EXTRATO PADRONIZADO DO COCO (*COCOS NUCIFERA*): UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE AS VARIEDADES AMARELA E VERDE. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Ceará - Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, 2017.

GABRIEL GUTIÉRREZ MESÍAS, L. et al. Comparison of the Photoprotective Effects of Sunscreens Using Spectrophotometric Measurements or the Survivability of Yeast Cells Exposed To Uv Radiation. **Rev Soc Quím Perú**, v. 294, n. 3, p. 294–307, 2017.

GIACON, G. **Coco anão amarelo da Bahia (Cocos nucifera)**. 2019. Disponível em: <<https://ciprest.blogspot.com/2019/10/coco-anao-amarelo-da-bahia-cocos.html>>. Acesso em: 20 Mar. 2021.

GODINHO, M. M; HOSSY, B. H; NIEMEYER-CORBELLINI, J. P; RAMOS-E-SILVA, M. Perfil dos filtros solares utilizados nos fotoprotetores no Brasil. **Surgical and Cosmetic**

Dermatology, v. 9, n. 3, p. 242-246, 2017.

GOMES, A.; FERNANDES, E.; SILVA, A.; SANTOS, C.; PINTO, D.; CAVALEIRO, J.; LIMA, J. 2-Styrylchromones: Novel strong scavengers of reactive oxygen and nitrogen species. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, v. 15, n. 18, p. 6027– 6036, 2007.

GÓMEZ, J. M. R. et al. A irradiância solar: conceitos básicos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 3, 26 mar. 2018.

GREGÓRIO, E. et al. Estratégias fotoprotetoras contra fotocarcinogênese e fotoenvelhecimento. **International Journal of Nutrology**, v. 11, n. 02, p. 056–060, 2018.

HALLIWELL, B; GUTTERIDGE, J. M. C. Free radicals in biology and medicine. **Oxford University Press**, 4 ed., 2007.

HART, P. H. et al. Exposure to Ultraviolet Radiation in the Modulation of Human Diseases. **Annual Review of Pathology: Mechanisms of Disease**, v. 14, n. August 2018, p. 55–81, 2019.

HIBLER, B. P; DUSZA, S. W; WANG, S. Q. Photoprotection and Skin Cancer Prevention. In: WANG, S. Q; LIM, H. W. **Principles and Practice of Photoprotection**. Suíça: Springer, 2016. p. 23-37.

HOLICK, M. F. Biological effects of sunlight, ultraviolet radiation, visible light, infrared radiation and Vitamin D for health. **Anticancer Research**, v. 36, n. 3, p. 1345–1356, 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. **Câncer de pele não melanoma**. Rio de Janeiro: INCA, 2021. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/tipos-de-cancer/cancer-de-pele-nao-melanoma>. Acesso em: 13 Mar. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. **Estimativa 2020: Incidência de Câncer no Brasil**. Rio de Janeiro: INCA, 2019. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/sites/ufu.sti.inca.local/files//media/document//estimativa-2020-incidencia-de-cancer-no-brasil.pdf>. Acesso em: 13 Mar. 2021.

IVANOV, I. V. et al. Ultraviolet radiation oxidative stress affects eye health. **Journal of Biophotonics**, v. 11, n. 7, p. 1–13, 2018.

JOSE, M. et al. Antimicrobial properties of Cocos nucifera (coconut) husk: An extrapolation to oral health. **Journal of Natural Science, Biology and Medicine**, v. 5, n. 2, p. 359–364, 2014.

KAMMEYER, A.; LUITEN, R. M. **Oxidation events and skin aging** *Ageing Research Reviews* Elsevier Ireland Ltd, , 1 maio 2015.

KHOURI, A. G. et al. INORGÂNICOS E ORGÂNICOS DE ALTA E BAIXA PROTECTION. **Revista Referências em Saúde da Faculdade Estácio de Sá de Goiás**, v. 03, p. 76–82, 2020.

KIM, D. O.; JEONG, S. W.; LEE, C. Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals

from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, v. 81, n. 3, p. 321–326, 1 jun. 2003.

LAN, C. C. E. Effects and interactions of increased environmental temperature and UV radiation on photoageing and photocarcinogenesis of the skin. **Experimental Dermatology**, v. 28, n. October 2018, p. 23–27, 2019.

LAN, C. C. E. et al. Effects of irradiance on UVA-induced skin aging. **Journal of Dermatological Science**, v. 94, n. 1, p. 220–228, 2019.

LEITE FILHO, C. A. et al. Síntese de derivados da Vanilina e Avaliação comoAgentes Fotoprotetores frente à Radiação UVB. **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 6, p. 2057–2071, 2016.

LERCHE, C. M.; PHILIPSEN, P. A.; WULF, H. C. UVR: sun, lamps, pigmentation and Vitamin D. **Photochemical and Photobiological Sciences**, v. 16, n. 3, p. 291–301, 2017.

LI, W. et al. HPLC fingerprint analysis of Phyllanthus emblica ethanol extract and their antioxidant and anti-inflammatory properties. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 254, n. February, p. 112740, 2020.

LIMA, E. B. C. et al. Cocos nucifera (L.) (arecaceae): A phytochemical and pharmacological review. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 48, n. 11, p. 953–964, 2015.

LIMA, E. B. C. et al. Antidepressant, antioxidant and neurotrophic properties of the standardized extract of Cocos nucifera husk fiber in mice. **Journal of Natural Medicines**, v. 70, n. 3, p. 510–521, 2016.

LIMA, P. A. Carreadores lipídicos nanoestruturados produzidos a partir de lipídios naturais para o encapsulamento do filtro solar benzofenona-3. Tese de doutorado - Universidade Estadual de Campinas - Doutorado em Ciências, 2018.

LOURITH, N.; KANLAYAVATTANAKUL, M.; CHINGUNPITAK, J. Development of sunscreen products containing passion fruit seed extract. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 53, n. 1, p. 1–8, 2017.

MAGALHÃES, T. N. C. B. B; SILVA, J. R. S; GALVÃO, C. C; SANTOS, M. A. S. Conjuntura de mercado do coco da baía (*Cocos nucifera* L.) Na região amazônica, com ênfase no estado do Pará. Comunicação apresentada em COINTER - PDVAgro - II Congresso Internacional das Ciências Agrárias, Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 4-8 de dezembro de 2017.

MANSUR, J. S. et al. Determinação do fator de proteção solar por espectrofotometria. **Anais brasileiros de dermatologia**, v. 61, n. 3, p. 121-124, 1986.

MARROCCO, I.; ALTIERI, F.; PELUSO, I. Measurement and Clinical Significance of Biomarkers of Oxidative Stress in Humans. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2017, 2017.

MATOS, F.J. **Introdução a Fitoquímica Experimental**. 2.ed. Fortaleza: Edições da UFC, 1997. 141p.

- MCDANIEL, D.; FARRIS, P.; VALACCHI, G. Atmospheric skin aging—Contributors and inhibitors. **Journal of Cosmetic Dermatology**, v. 17, n. 2, p. 124–137, 2018.
- MESÍAS, L. G. G; QWISGAARD, A. M. R; UNTIVEROS, G. P. C; KOBAYASHI, L. A. P; SHIMABUKURO, L. E. M; SUGAHARA, A. A. K. Comparison of the Photoprotective Effects of Sunscreens Using Spectrophotometric Measurements or the Survivability of Yeast Cells Exposed to UV Radiation. **Rev Soc Quím Perú**, v. 83, n. 3, p. 294-307, 2017.
- MIRANDA, P. T.; MOREIRA, J. A. R. Fotoproteção: Revisão literária dos tipos e riscos do não uso. **Revista Científica da FHO|UNIARARAS**, v. 4, n. 1, p. 68–73, 2016.
- MOHANIA, D. et al. Ultraviolet Radiations: Skin Defense-Damage Mechanism. In: **Ultraviolet Light in Human Health, Diseases and Environment**. [s.l: s.n.]. p. 71–87, 2017.
- MORAES, D. C. LIMA, P. A. Desenvolvimento de um novo método *in vitro* para controle de qualidade de protetores solares e otimização do processo de extração de compostos fenólicos antioxidantes do cranberry (*Vaccinium macrocarpon* A.). Tese de doutorado - Universidade de São Paulo - Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, 2018.
- MOREIRA JÚNIOR, O.; COMUNELLO, E.; FIETZ, C. R. Qualidade da radiação solar global de diferentes bases digitais para Mato Grosso do Sul. **Agrometeoros**, v. 28, 2020.
- MULLENDERS, L. H. F. Solar UV damage to cellular DNA: From mechanisms to biological effects. **Photochemical and Photobiological Sciences**, v. 17, n. 12, p. 1842–1852, 2018.
- MURITALA, H. F. et al. Antioxidant and alpha-amylase inhibitory potentials of Cocos nucifera husk. **Food Science and Nutrition**, v. 6, n. 6, p. 1676–1683, 2018.
- NASCIMENTO, L. F; SANTOS, E. P; AGUIAR, A. P. Fotoprotetores Orgânicos: Pesquisa, Inovação e a Importância da Síntese Orgânica. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 2, p. 190-223, 2014.
- NOROES, C. **Fibras do coco verde**. 2004. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/33/beneficiamento-da-casca-de-coco-verde-para-a-producao-de-fibra-e-po>. Acesso em: 21 Fev. 2021.
- NUNES, A. R. et al. Use of Flavonoids and Cinnamates, the Main Photoprotectors with Natural Origin. **Advances in Pharmacological Sciences**, v. 2018, 2018.
- OLIVEIRA, A. C.; VALENTIM, I. B.; GOULART, M. O. F.; SILVA, C. A.; BECHARA, E. J. H.; TREVISAN, M. T. S. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Quím. Nova**, v. 32, n. 3, p. 689-702, 2009.
- OLIVEIRA, G. L. S. Determinação da capacidade antioxidante de produtos naturais *in vitro* pelo método do dpph•: Estudo de revisão. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 17, n. 1, p. 36–44, 2015.
- OLIVEIRA, M. B. S. et al. Photoprotective and antiglycation activities of non-toxic Cocos nucifera Linn. (Arecaceae) husk fiber ethanol extract and its phenol chemical composition. **Industrial Crops and Products**, v. 162, n. August 2020, 2021.

OLIVEIRA, M. B. S. Potencial fotoprotetor, antioxidante e antiglicante de extratosetanólicos obtidos a partir de fibras de cascas de coco (*cocos nucifera* L.(palmae)) e de cascas e frutos de pimenta rosa (*schinus terebinthifolius* raddi(anacardiaceae)) - Tese de doutorado - Universidade Federal de Alagoas - Programa de Pós-Graduação em Química, 2019.

PARMAR, P. T; SINGH, A. K; BORAD, S. G. Coconut (*Cocos nucifera*). In: TANWAR, B; GOYAL, A. **Oilseeds: Health Attributes and Food Applications**. Suíça: Springer, 2021. p. 163-189.

PEREA, S. E. Solar Filters: A Strategy of Photoprotection. In: BERGAMINI, G; SILVI, S. **Applied Photochemistry: When Light Meets Molecules**. Suíça: Springer, 2016. p.459-478.

PÉREZ-SÁNCHEZ, A; BARRAJÓN-CATALÁN, E; HERRANZ-LÓPEZ, M; MICOL, V. Nutraceuticals for Skin Care: A Comprehensive Review of Human Clinical Studies. **Nutrients**, v. 10, n. 4, p. 1-22, 2018.

PRAKASH, A. et al. Evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of solvent extracts of agro-food by-products (cashew nut shell, coconut shell and groundnut hull). **Agriculture and Natural Resources**, v. 52, n. 5, p. 451–459, 1 out. 2018.

PRAKASH, A.; NITHYANAND, P.; VADIVEL, V. In vitro antibacterial activity of nut by-products against foodborne pathogens and their application in fresh-cut fruit model. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 10, p. 4304–4310, 2018.

PROTETOR Solar II. **INMETRO**, 2012. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/protetorsolar2.asp>. Acesso em: 12 Abr. 2021.

ResearchGate. **Espectro eletromagnético e a localização dos raios X e raios γ em relação às outras radiações**. 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-217-Espectro-eletromagnetico-e-a-localizacao-dos-raios-X-e-raios-g-em-relacao-as_fig18_335639923. Acesso em: 20 Fev. 2021.

ROOPAN, S. M. An Overview of Phytoconstituents, Biotechnological Applications, and Nutritive Aspects of Coconut (*Cocos nucifera*). **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 179, n. 8, p. 1309–1324, 2016.

ROOPAN, S. M.; ELANGO, G. Exploitation of *Cocos nucifera* a non-food toward the biological and nanobiotechnology field. **Industrial Crops and Products**, v. 67, p. 130–136, 2015.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. G. **Metodologia científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Método de Redução do Ferro (FRAP)**. Comunicado técnico online EMBRAPA Agroindústria Tropical, nº 125, 2006.

SAEWAN, N.; JIMTAISON, A. Natural products as photoprotection. **Journal of Cosmetic Dermatology**, v. 14, n. 1, p. 47–63, 2015.

SÁNCHEZ-MORENO, C.; LARRAURI, J. A.; SAURA-CALIXTO, F. Free radical scavenging capacity and inhibition of lipid oxidation of wines, grape juices and related

polyphenolic constituents. **Food Research Internacional**, v. 32, n. 6, p. 407-412, 1999.

SAYRE, R. M.; AGIN, P. P.; LEEVE, G. J.; MARLOWE, E. Comparison of invivo and in vitro testing of suncreening formulas. **Photochemistry and Photobiology**, v. 29, p. 559-565, 1979.

SCHALKA, S.; DOS REIS, V. M. S. Fator de proteção solar: Significado e controvérsia. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 86, n. 3, p. 507-515, 2011.

SERENO, A. B. et al. Teor De Compostos Fenólicos E Capacidade Antioxidante Encontrados Na Casca Do Maná-Cubiu (Solanum Sessiliflorum Dunal), Cultivado Na Mata Atlântica Brasileira / Content of Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity Found in Cocona Peel (Solanum Sessilifl. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 93187-93199, 2020.

SILVA, L. S.; MONTEIRO, M. S. Safety evaluation of the nanoparticles of titanium dioxide and zinc oxide in antissolar formulations. **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 6, p. 1963-1967, 2016.

SILVA, R. R. et al. A luz e os filtros solares: Uma temática sociocientífica. **Revista Virtual de Química**, v. 7, n. 1, p. 218-241, 2015.

SILVA, R. R. et al. Anti-inflammatory, antioxidant, and antimicrobial activities of Cocos nucifera var. typica. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 13, 2013.

SILVA, R. V. et al. In vitro photoprotective activity of the Spondias purpurea L. peel crude extract and its incorporation in a pharmaceutical formulation. **Industrial Crops and Products**, v. 83, p. 509-514, 2016.

SIMÕES, M. et al. Avaliação in vitro do perfil fitoquímico e fator de proteção solar do extrato aquoso de Plectranthus amboinicus (Lour.) Spreng. **Revista Brasileira de Educação e Saúde**, v. 10, n. 1, p. 150-155, 2020.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA. **Classificação dos fototipos de pele**. Disponível em: <https://www.sbd.org.br/dermatologia/pele/cuidados/classificacao-dos-fototipos-de-pele/>. Acesso em: 20 Jul. 2021.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA. **Consenso Brasileiro de Fotoproteção - Fotoproteção no Brasil**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Dermatologia, 1 ed., 40 p., 2012.

SOLANO, F. Photoprotection and skin pigmentation: Melanin-related molecules and some other new agents obtained from natural sources. **Molecules**, v. 25, n. 7, p. 1-18, 2020.

SOUSA, A. et al. Avaliação Do Fator De Proteção Solar (Fps) De Fotoprotetores Através Da Técnica De Espectrofotometria Uv / Vis. **Journal of Applied Pharmaceutical Sciences**, n. 6, p. 114-117, 2019.

STEINMETZ, S.; SILVA, S. C. DA. Início dos Estudos sobre Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) no Brasil. Santo Antônio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2017 Documentos, 312, p. 26, 2017.

TAWFIK, M. E.; ATWATER, A. R. Anaphylactoid reaction to benzophenones, with recurrence during patch testing. **Contact Dermatitis**, v. 81, n. 4, p. 303–304, 2019.

TAYLER, N. M. et al. Analysis of the antiparasitic and anticancer activity of the coconut palm (*Cocos nucifera* L. ARECACEAE) from the natural reserve of Punta Patiño, Darién. **PLoS ONE**, v. 14, n. 4, p. 1–18, 2019.

THEBO, N. K. et al. Antifungal Potential and Antioxidant Efficacy in the Shell Extract of *Cocos nucifera* (L.) (Arecaceae) against Pathogenic Dermal Mycosis. **Medicines**, v. 3, n. 2, p. 12, 2016.

TREVISAN, NATÁLIA PUERARI; FREITAS, G. Estabilidade dos filtros solares manipulados. **Revista Uningá Review**, v. 25, n. 1, p. 67–73, jan. 2016.

VALADEZ-CARMONA, L. et al. Effect of microwave drying and oven drying on the water activity, color, phenolic compounds content and antioxidant activity of coconut husk (*Cocos nucifera* L.). **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 9, p. 3495–3501, 2016.

VELEVA, B. I. et al. Effect of ultraviolet light on mood, depressive disorders and well-being. **Photodermatology Photoimmunology and Photomedicine**, v. 34, n. 5, p. 288–297, 2018.

VERHULST, L.; GOOSSENS, A. Cosmetic components causing contact urticaria: a review and update. **Contact Dermatitis**, v. 75, n. 6, p. 333–344, 2016.

WANG, P. W. et al. Red raspberry extract protects the skin against UVB-induced damage with antioxidative and anti-inflammatory properties. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2019, 2019.

ANEXO

Industrial Crops & Products 152 (2020) 112503



Contents lists available at ScienceDirect

Industrial Crops & Products

Journal homepage: www.elsevier.com/locate/indcrop

Schinus terebinthifolius Raddi extracts: From sunscreen activity toward protection of the placenta to Zika virus infection, new uses for a well-known medicinal plant

Monika B.S. Oliveira^a, Iara B. Valentim^b, Tauane S. Rocha^a, Jaqueline C. Santos^c, Keyla S.N. Pires^c, Eloiza L.L. Tanabe^c, Karen S.C. Borbely^{c,d}, Alexandre U. Borbely^{c,*}, Marília O.F. Goulart^{a,*}

^a Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Instituto de Química e Biotecnologia, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, 57072-970, Maceió, AL, Brazil

^b Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL), Rua Mizaél Domingues, 75, Centro, CEP 57020-600, Maceió, AL, Brazil

^c Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Laboratório de Biologia Celular, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, 57072-970, Maceió, AL, Brazil

^d Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Faculdade de Nutrição, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, 57072-970, Maceió, AL, Brazil

ARTICLE INFO

Keywords:

Schinus terebinthifolius Raddi
Photoprotection
Sunscreen formulation
Zika virus
Placenta protection
Antiviral activity

ABSTRACT

Schinus terebinthifolius Raddi is a well-known medicinal plant native of South America. This species has demonstrated important biological activities such as antihypertensive and vasodilator, antimicrobial, anti-inflammatory and antioxidant. However, no studies have been, so far, reported with the fruits of *S. terebinthifolius* as a protector of the placenta against Zika virus infection and as sunscreen agents. The present study aimed to investigate new uses for the ethanolic fruit extracts of *S. terebinthifolius*, from fruits' peel (STPE) and from the whole fruits (STWFE). Zika virus (ZIKV) has been linked to several fetal malformations, such as microcephaly and other central nervous system abnormalities. Thus, the potential of these natural extracts against ZIKV infection was evaluated, using an *in vitro* method. The photoprotective potential, determined by spectrometry, along with phenolic content, antioxidant capacity, and chemical composition of both extracts were also evaluated. The chemical composition of the extracts was evaluated by HPLC-UV / vis. The cytotoxicity of peel and whole fruit extracts in *in vitro* E6 cell lines, in placental cell lines and placental explant cultures were evaluated by the MTT assay. The infectivity of placental cells and explants was evaluated by qRT-PCR and the effects of extracts on ZIKV infection were investigated using HTR-8/SVneo cells, pre-treated with 100 µg mL⁻¹ of STWFE for 1 h, and infected with MR766 (AD) or PE243 (EH) ZIKV strains. STPE and STWFE were well-tolerated by both placental-derived trophoblast cell line HTR-8/SVneo as well as by term placental chorionic villi explants, which indicate absence of cytotoxicity in all analysed concentrations. Two strains of ZIKV were tested to access if pre-treatment of trophoblast cells with the STWFE would protect them against infection. Flow cytometry analysis revealed that STWFE extract greatly reduced ZIKV infection. The extracts were also photoprotective with SPF values equivalent to the standard, benzophenone-3. The formulations prepared in different concentrations of the extracts (5–10 %) had shown maximum SPF values of 32.21. STWFE represents a potential natural mixture to be used in pregnancy in order to restrain placental infection by ZIKV and might potentially protect fetus against ZIKV-related malformations. The extracts exhibited photoprotective activity and some of the phenolic compounds, mainly resveratrol, catechin and epicatechin, are active ingredients in all assayed activities. The development of biotechnological/medical products, giving extra value to products from family farming, is expected, with strong prospects for success.

* Corresponding authors at: Instituto de Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Campus A.C. Simões, Tabuleiro dos Martins, 57072-970, Maceió, AL, Brazil.

E-mail addresses: alexandre.borbely@icbs.ufal.br (A.U. Borbely), mofg@qui.ufal.br (M.O.F. Goulart).

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112503>

Received 13 December 2019; Received in revised form 22 April 2020; Accepted 23 April 2020

Available online 28 April 2020

0926-6690/ © 2020 Elsevier B.V. All rights reserved.



26/01/2021

870210008955

16:59



29409161926940406

Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2021 001478 4

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 24464109000148

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Instituição de Ensino e Pesquisa

Endereço: Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins

Cidade: Maceió

Estado: AL

CEP: 57072-970

País: Brasil

Telefone: 82-3214-1064

Fax: 82-3214-1035

Email: nit@propep.ufal.br

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): Extratos de *Schinus terebinthifolius* Raddi: atividade fotoprotetora e proteção da placenta à infecção por vírus Zika

Resumo: A presente invenção refere-se à obtenção e ao emprego de extratos etanólicos da casca e dos frutos inteiros de *Schinus terebinthifolius* Raddi como protetor da placenta contra a infecção causada pelo vírus da Zika e como agente de proteção solar. Os extratos demonstraram ação antiviral contra a infecção pelo vírus da Zika, em células trofoblásticas, sem toxicidade celular e potencial fotoprotetor, atuando como ingrediente ativo em formulações protetoras. E ainda, em ação complementar, os extratos apresentaram ação antioxidante. Em vista das suas características, os extratos obtidos podem atuar nas áreas cosméticas e/ou farmacêuticas.

Figura a publicar: 1



Contents lists available at ScienceDirect

Industrial Crops & Products

journal homepage: www.elsevier.com/locate/indcrop

Photoprotective and antiglycation activities of non-toxic *Cocos nucifera* Linn. (Arecaceae) husk fiber ethanol extract and its phenol chemical composition

Mônica B.S. Oliveira^a, Iara B. Valentim^b, Tauane R. Santos^a, Jadriane A. Xavier^a, Janylle N. S. Ferro^c, Emiliano O. Barreto^c, Antônio E.G. Santana^d, Lucília V. Melo^e, Carla B.G. Bottoli^e, Marília O.F. Goulart^{a,*}

^a Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Instituto de Química e Biotecnologia, Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins, 57072-970, Maceió, AL, Brazil

^b Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL), Rua Misael Domingues, 75, Centro, CEP 57020-600, Maceió, AL, Brazil

^c Laboratório de Biologia Celular, ICBS, Universidade Federal de Alagoas, UFAL, CEP 57072-970, Maceió, AL, Brazil

^d Laboratório de Pesquisas em Recursos Naturais, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias (CECA), UFAL, BR 104, Km 85, s/n, CEP 57100-000, Rio Largo, AL, Brazil

^e Instituto de Química, Universidade de Campinas, P.O. Box 6154, 13063-970, Campinas, SP, Brazil

ARTICLE INFO

Keywords:

Photoprotection
Sunscreen formulations
Phenolic compounds
Antiglycation
Safety
Environmental protection

ABSTRACT

Underutilized parts of some abundant crops can be valuable and the search for additional uses, mainly in healthy and for social purposes are very attractive. This is the case of *Cocos nucifera* Linn., an important source of phenolic compounds and a native plant of tropical countries, widely distributed in the Northeast and North of Brazil. The objectives of this study were to determine the phenolic chemical composition, the photoprotection capacity, represented by sun protector factor (SPF), of the ethanol extract of coconut (*Cocos nucifera*) husk fiber of the yellow dwarf variety (EEYD) against UVB rays and after its incorporation into sunscreen formulations. Antiglycation activity [represented by bovine serum albumin (BSA) – glucose/fructose, Collagen – glucose/fructose and BSA-Methylglyoxal (MG) assays], using aminoguanidine (AG) as a positive control, and cytotoxic effects toward macrophages, were also evaluated. The identification of non-toxic antiglycation agents holds great promise in the development of alternative therapies for diseases, such as diabetes and their complications and is not often, reported in the literature. The determination of the SPF of the EEYD together with its sunscreen formulations was performed by *in vitro* method. A total of seven phenolic compounds, quercetin, catechin, epicatechin, vanillin, caffeic, 4-hydroxybenzoic and chlorogenic acids were identified by high performance liquid chromatography (HPLC)-UV/Vis and ultra high performance liquid chromatography - tandem mass spectrometer UHPLC-MS/MS. The present extract (EEYD) presented photoprotective activity with SPF values equivalent to the standards, benzophenone-3 and quercetin. The formulations prepared in different concentrations of the extract (5–20 % w/w) showed maximum SPF values of 15.94. The extract presented promising antiglycation activity, higher than the positive control, the pure compound aminoguanidine (AG), except for BSA/MG, with values for BSA/glucose/fructose of 9.61 µg/mL (vs. AG 18.30 µg/mL); for collagen/glucose/fructose of 4.50 µg/mL (vs. AG 82.87 µg/mL) and 34.76 µg/mL (vs. AG 13.19 µg/mL). The present ethanol extract does not decrease macrophage viability and presents a plethora of biologically active compounds. The combined results have shown the possibility of using non-toxic EEYD, as an active ingredient in sunscreen formulations and in the nutrition/medicinal areas, giving extra value to an environmental-unfriendly residue, with strong prospects for success.

* Corresponding author at: Instituto de Química e Biotecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Campus A.C. Simões, Tabuleiro dos Martins, 57072-970, Maceió, AL, Brazil.

E-mail address: mofg@qui.ufal.br (M.O.F. Goulart).

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113246>

Received 13 August 2020; Received in revised form 2 January 2021; Accepted 6 January 2021

Available online 22 January 2021

0926-6690/© 2021 Elsevier B.V. All rights reserved.



19/07/2019

870190068386

09:59



29409161907592210

Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e entrada na fase nacional do PCT

Número do Processo: BR 10 2019 014888 8

Dados do Depositante (71)

Depositante 1 de 1

Nome ou Razão Social: UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

Tipo de Pessoa: Pessoa Jurídica

CPF/CNPJ: 24464109000148

Nacionalidade: Brasileira

Qualificação Jurídica: Instituição de Ensino e Pesquisa

Endereço: Av. Lourival Melo Mota, s/n, Tabuleiro do Martins

Cidade: Maceió

Estado: AL

CEP: 57072-970

País: Brasil

Telefone: 82-3214-1064

Fax: 82-3214-1035

Email: nit@propep.ufal.br

Dados do Pedido

Natureza Patente: 10 - Patente de Invenção (PI)

Título da Invenção ou Modelo de Utilidade (54): FORMULAÇÕES COSMÉTICAS FOTOPROTETORAS CONTENDO EXTRATO ETANÓLICO DAS FIBRAS DA CASCA DO COCOS NUCIFERA L. (PALMAE)

Resumo: A presente invenção refere-se a formulações cosméticas com a finalidade de promover a ação fotoprotetora, a partir de um produto contendo extrato etanólico das fibras da casca de Cocos nucifera Linn. da variedade anão amarelo, destinadas à proteção da pele contra os danos causados pelos raios ultravioleta (UVB). E ainda, em ação complementar, o extrato apresenta atividades biológicas como a antioxidante, antiglicante e citotóxico podendo atuar nas áreas cosméticas e/ou farmacêuticas.

Figura a publicar: 01