

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS  
CURSO DE FARMÁCIA

Victoria Hostin Pezzini

**Determinação de FPS espectrofotométrico de produto natural**

Florianópolis

2022

VICTORIA HOSTIN PEZZINI

**Determinação de FPS espectrofotométrico de produto natural**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Farmácia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Farmácia.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Bianca Ramos Pezzini  
Coorientadora: M<sup>ª</sup>. Marina Gomes

Florianópolis

2022

## Resumo

A exposição à radiação ultravioleta (UV) contribui para o fotoenvelhecimento e a ocorrência de câncer de pele, que podem ser prevenidos pelo uso de protetores solares. Os cosméticos fotoprotetores geralmente contêm filtros solares químicos, no entanto, eles apresentam desvantagens, como a fotoinstabilidade, com redução da eficácia e geração de produtos de degradação tóxicos; e a alergenicidade. Nesse contexto, e considerando também os possíveis danos ao meio ambiente, vários trabalhos recentes têm sido direcionados à busca de compostos provenientes de fontes naturais, como alternativas aos filtros solares sintéticos. Uma alternativa simples e barata para a avaliação da eficácia de filtros solares químicos é através do fator de proteção solar (FPS) espectrofotométrico, proposto por Mansur e colaboradores. O método é baseado na solubilização das substâncias, análise em espectrofotômetro de UV-visível em comprimentos de onda na faixa do UVB, e posterior aplicação de uma equação matemática. Porém, esse método é utilizado muitas vezes sem respeitar critérios de padronização, por exemplo, através de alterações na diluição original, sem avaliar o impacto no resultado final, o que pode gerar dados irreais. O objetivo deste trabalho foi propor a aplicação de um fator de correção à equação de Mansur para a determinação do FPS espectrofotométrico de um ingrediente de origem natural, o Tocopherol (and) *Helianthus annuus* Seed Oil, considerando uma alteração na concentração teste em relação ao trabalho original, visando gerar resultados consistentes e confiáveis.

**Palavras-chave:** ingredientes naturais, fotoproteção, FPS, método de Mansur.

## Introdução

O sol é o responsável por fornecer calor e energia essenciais para a vida no planeta. A exposição da pele à radiação ultravioleta (UV) traz benefícios ao ser humano, como produção da vitamina D e sensação de bem-estar físico e mental. Porém, dependendo da intensidade, frequência, tempo de exposição e tipo de pele, pode gerar também muitos danos agudos e crônicos para a saúde (RIGEL et al, 2022). Entre os malefícios estão: inflamação, oxidação de lipídeos, fotoenvelhecimento, enfraquecimento da resposta imune, alterações no material genético e desenvolvimento do câncer de pele (FLOR et al, 2007). Os efeitos adversos da radiação solar na pele humana são atribuídos principalmente aos raios UV (100-400 nm), especificamente o UVB (290-320 nm) e o UVA (320-400) (AUSTIN et al, 2021).

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) e o Instituto Nacional de Câncer (INCA), o câncer de pele é o tipo de câncer mais frequente no Brasil e corresponde a 30% de todos os tumores malignos registrados no país, sendo considerado um problema de saúde pública (INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER, 2010). A proteção da pele contra os danos causados pela radiação solar, com chapéus e guarda-sóis é insuficiente, pois não é capaz de proteger a pele dos raios UV que são difundidos e refletidos. Portanto, o uso de protetores solares é de suma importância para a saúde da pele (CABRAL et al, 2011).

Os protetores solares são definidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) como qualquer preparação cosmética destinada a entrar em contato com a pele e lábios, com a finalidade exclusiva ou principal de protegê-la contra a radiação UVB e UVA, absorvendo, dispersando ou refletindo a radiação. Devem apresentar fator de proteção solar (FPS) de no mínimo 6, e fator de proteção UVA (FPUVA) de no mínimo 1/3 do valor do FPS declarado no rótulo. (ANVISA, 2012). Também são definidos, pela ANVISA, como cosméticos de grau 2, o que significa que necessitam de comprovação de segurança e eficácia, informações sobre cuidados, modo e restrições de uso (ANVISA, 2015).

Geralmente, as formulações fotoprotetoras comerciais contêm associações de filtros solares químicos e físicos. Porém, os filtros solares químicos sintéticos podem apresentar desvantagens, como a alergenicidade e também a fotoinstabilidade, que pode levar à redução da sua eficácia e geração de produtos tóxicos. Tais compostos, por sua vez, podem causar danos a seres vivos e ao meio ambiente. Os filtros solares, em função de seus possíveis efeitos negativos sobre a saúde humana, não são recomendados para bebês, crianças e adultos com peles sensíveis (PHADUNGSAKSAWASDI; SIRITHANABADEEKUL, 2020).

Diante dos fatos apresentados, a indústria da beleza natural está em ascensão, com tecnologias inovadoras e ingredientes de alto desempenho, à medida que mais consumidores exigem opções mais saudáveis. Essas tendências começaram a ganhar força entre pesquisadores e consumidores devido à preocupação com a sustentabilidade e o impacto dos ingredientes sintéticos na saúde humana e no meio ambiente (AHMED et al, 2020). Com isso, há um grande interesse em produtos que contenham em sua composição menos componentes de origem sintética e mais componentes de origem natural, visando à qualidade do produto, sua eficácia e menor geração de resíduos tóxicos ao meio ambiente (AHMED et al, 2020).

Muitos estudos recentes investigaram as propriedades fotoprotetoras de ingredientes naturais, por exemplo, o estudo de Qian, Qiu e Zhu (2014), que traz como composto fotoprotetor alternativo a lignina. Arianto e Cindy (2019) demonstram que uma nanoemulsão de óleo de girassol pode ser uma opção de protetor solar mais eficaz quando comparada a uma emulsão simples do mesmo óleo. Silva e colaboradores (2019) avaliaram o poder fotoprotetor, anti-mutagênico e antioxidante do extrato da folha de oliveira, trazendo boas perspectivas do seu uso na fotoproteção, quando associado a filtros solares. Lohani e colaboradores (2018) estudaram o FPS dos óleos essenciais de gerânio e calêndula e comprovaram que a combinação das propriedades antioxidantes e fotoprotetoras desses óleos aumenta o FPS da formulação de um protetor solar. Montenegro e Santagati (2019) também realizaram estudos com os óleos de romã e karité, que corroboram os resultados anteriores, apontando que a inclusão de óleos vegetais adequados, em protetores solares, pode ser uma estratégia promissora para a obtenção de formulações com menores quantidades de filtros solares químicos sintéticos.

Para o estudo e desenvolvimento de filtros solares e formulações fotoprotetoras, bem como para o registro de protetores solares em agências reguladoras, é necessária a determinação de parâmetros de eficácia, como o FPS e o FPUVA. Para tanto, existem três formas de avaliação: os métodos *in vivo*, *in vitro* e *in silico*.

O FPS determinado por método *in vivo* é calculado pela razão entre a dose mínima de radiação UVB necessária para produzir um eritema (DME – dose mínima eritematosa) na pele protegida pelo protetor solar e na pele desprotegida. Ele exprime o grau de proteção conferido pelo protetor solar contra os raios UVB e deve ser determinado por método *in vivo* para fins de registro, conforme a Equação 1 (ANVISA, 2012).

$$FPS = \frac{DME \text{ na pele protegida}}{DME \text{ na pele desprotegida}}$$

*Equação 1*

Já o valor do FPUVA, que é o grau de proteção conferido pelo protetor solar contra os raios UVA, é obtido pela razão entre a dose mínima pigmentária em uma pele protegida por um protetor solar (DMPp) e a dose mínima pigmentária na mesma pele, quando desprotegida (DMPnp), conforme a Equação 2 (ANVISA, 2012).

$$FPS = \frac{DMPp}{DMPnp}$$

*Equação 2*

Um método *in vitro* alternativo, desenvolvido por Mansur e colaboradores (1986), pode ser usado de forma simples e rápida para avaliar o FPS espectrofotométrico. Ele foi pensado para a análise de filtros solares químicos e formulações fotoprotetoras que contenham apenas filtros solares químicos. Nesse método, as amostras são solubilizadas (0,2 µL/mL) em álcool etílico (emulsões) ou em éter (filtros solares oleosos), e submetidas à análise em espectrofotômetro de UV-visível em comprimentos de onda pré-estabelecidos (290 a 320 nm, com intervalos de 5 nm), sendo as absorvâncias obtidas aplicadas na Equação 3 (MANSUR et al, 1986).

$$FPS = FC \cdot \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \cdot I(\lambda) \cdot abs(\lambda)$$

*Equação 3*

Onde:

**FC** = fator de correção, que é 10;

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

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

**Abs (λ)** = leitura espectrofotométrica da absorvância da formulação em solução no comprimento de onda (λ).

Os valores de EE (λ) . I (λ) foram padronizados por Sayre e colaboradores (1979) e estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de  $EE(\lambda) \cdot I(\lambda)$  para os diferentes comprimentos de onda.

<b>Comprimento de onda (nm)</b>	<b>EE (<math>\lambda</math>) . I (<math>\lambda</math>)</b>
290	0,015
295	0,0817
300	0,2874
305	0,3278
310	0,1864
315	0,0839
320	0,018
<b>Total</b>	<b>1</b>

Provavelmente devido ao seu fácil acesso e simplicidade, vários estudos descrevem a aplicação do método de Mansur na literatura científica, muitas vezes para amostras de origem natural, tais como óleos e extratos vegetais. Porém, frequentemente utilizando solventes e concentrações não-padronizadas, sem justificativa e sem avaliar o impacto no resultado final. Dessa forma, gerando resultados questionáveis e impedindo a comparação de resultados obtidos em trabalhos distintos (ACSOVÁ et al, 2021). Outro aspecto levantado pelo nosso grupo de pesquisa é que o método de Mansur não leva em consideração a linearidade entre as concentrações e as absorbâncias das amostras, na faixa de comprimentos de onda utilizada (GOMES et al, 2018; SILVA et al, 2022). Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi propor a aplicação de um fator de correção à equação de Mansur para a determinação do FPS espectrofotométrico de um ingrediente de origem natural, o Tocopherol (and) *Helianthus annuus* Seed Oil, considerando uma alteração na concentração teste em relação ao trabalho original, visando gerar resultados consistentes e confiáveis.

## **Metodologia**

### **Determinação do FPS espectrofotométrico**

O ingrediente natural selecionado para o estudo foi um antioxidante de origem natural, o Tocopherol (and) *Helianthus annuus* Seed Oil. Foram pesados 25 mg da amostra e transferidos para um balão volumétrico de 25 mL, completando-se o volume com etanol P.A.

95%. Então, a partir desta primeira solução foram realizadas outras diluições, de acordo com a Tabela 2. As soluções foram preparadas em triplicata para a construção de uma curva de calibração. Tais concentrações foram selecionadas para englobar a concentração de trabalho de 0,2 mg/mL. De fato, essa foi uma modificação proposta em relação à 0,2 µL/mL, estabelecida como concentração de trabalho pelo método de Mansur para a emulsão padrão de homossalato 8%. Tal modificação foi realizada pela dificuldade de pipetagem de filtros solares oleosos, gerando perdas na pipeta.

Outra curva de calibração foi preparada para o Tocopherol (and) *Helianthus annuus* Seed Oil, em triplicata, nas concentrações finais expressas na Tabela 3. Foram pesados 3 mg da amostra e transferidos para um balão volumétrico de 25 mL, completando-se o volume com etanol P.A. 95%. Então, novas diluições foram feitas, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 2. Concentrações das diluições de Tocopherol (and) *Helianthus annuus* Seed Oil utilizadas na primeira curva de calibração.

<b>Código</b>	<b>Pipetar de S1 (µL)</b>	<b>Completar para (mL) com etanol</b>	<b>Concentração final (mg/mL)</b>
S1	-	Balão de 25 mL	1
S2	4000	Balão de 5 mL	0,8
S3	3000	Balão de 5 mL	0,6
S4	2000	Balão de 5 mL	0,4
S5	1000	Balão de 5 mL	0,2
S6	500	Balão de 5 mL	0,1
S7	250	Balão de 5 mL	0,05

Tabela 3. Concentrações das diluições de Tocopherol (and) *Helianthus annuus* Seed Oil utilizadas para a segunda curva de calibração.

<b>Código</b>	<b>Pipetar de S1 (µL)</b>	<b>Completar para (mL) com etanol P.A. 95%</b>	<b>Concentração final (mg/mL)</b>
S1	-	Balão de 25 mL	0,12
S2	4160	Balão de 5 mL	0,1



S3	3333	Balão de 5 mL	0,08
S4	2500	Balão de 5 mL	0,06
S5	1666	Balão de 5 mL	0,04
S6	833	Balão de 5 mL	0,02

Para fins de comparação, foi selecionado um protetor solar FPS 60 presente no mercado nacional, que contém apenas filtros solares químicos: Octocrileno, Homossalato, Salicilato de Etilhexila, Ácido Fenilbenzimidazol Sulfônico e Butil Metoxidibenzoilmetano. A partir deles, foram preparadas, em triplicata, soluções nas concentrações apresentadas na Tabela 4 (englobando a concentração de 0,0160  $\mu\text{L}/\text{mL}$  que é a concentração de homossalato na solução de emulsão padrão de homossalato 8% a 0,2  $\mu\text{L}/\text{mL}$ , proposta por Mansur e colaboradores). Para tanto, foram pesados 0,0160 g de cada um dos filtros solares em papel alumínio e transferidos para um balão volumétrico de 50 mL, que foi completado com etanol 95%; essa solução foi chamada de solução-mãe, cuja concentração era de 0,32 mg/mL. A partir da solução-mãe, foram pipetados volumes de acordo com a Tabela 4, obtendo-se as concentrações finais desejadas.

Tabela 4. Concentrações das diluições feitas dos filtros solares do protetor solar FPS 60.

<b>Código</b>	<b>Pipetar da solução-mãe (<math>\mu\text{L}</math>)</b>	<b>Completar para (mL) com etanol</b>	<b>Concentração final (mg/mL)</b>
Solução-mãe	-	Balão 50 mL	0,32 mg/mL
S1	1250	Balão de 5 mL	0,080 mg/mL
S2	1000	Balão de 5 mL	0,064 mg/mL
S3	750	Balão de 5 mL	0,048 mg/mL
S4	500	Balão de 5 mL	0,032 mg/mL
S5	250	Balão de 5 mL	0,016 mg/mL
S6	125	Balão de 5 mL	0,008 mg/mL
S7	125	Balão de 10 mL	0,004 mg/mL

Todas soluções finais (Tabelas 2, 3 e 4) foram lidas em espectrofotômetro (Lambda 25, PerkinElmer®, Estados Unidos) nos comprimentos de onda de 290, 295, 300, 305, 310, 315 e 320 nm, utilizando como branco o solvente (etanol P.A. 95%). As médias, desvios padrões e desvios padrões relativos foram calculados no programa Microsoft Office Excel 2019. O mesmo programa foi utilizado para plotar as curvas de calibração, obter as equações das retas e calcular os coeficientes de determinação ( $R^2$ ). Os valores de FPS espectrofotométricos foram calculados, em triplicata, para o Tocopherol (and) *Helianthus annuus* Seed Oil e o protetor solar comercial FPS 60, na concentração de 0,2 mg/mL, usando a Equação 3.

## **Resultados e discussão**

Inicialmente, o FPS espectrofotométrico do protetor solar comercial FPS 60 foi determinado pelo método de Mansur e colaboradores (1986), com o objetivo de averiguar a sua confiabilidade, por meio da avaliação da proximidade entre o resultado obtido experimentalmente e o valor declarado no rótulo do produto. Ao propor a determinação do FPS espectrofotométrico, Mansur e colaboradores (1986) visaram obter correlação entre o FPS determinado em seres humanos e o obtido por espectrofotometria. Porém, o valor determinado neste trabalho para o protetor solar comercial foi 16, muito inferior ao FPS 60 declarado, proveniente de teste *in vivo* para registro do produto na ANVISA.

Uma teoria levantada pelo nosso grupo de pesquisa, para explicar a divergência entre os valores *in vivo* e *in vitro*, foi que o método de Mansur não leva em consideração a linearidade existente entre a concentração de trabalho adotada e os valores de absorvância nos comprimentos de onda estudados. Para testar a linearidade, foram obtidas curvas de calibração (Figuras 1 a 5) para cada um dos filtros solares contidos no produto comercial. A faixa de concentração testada (Tabela 3) englobou a concentração de 0,0160  $\mu\text{L/mL}$  (neste trabalho, foram empregados 0,0160 mg/mL), correspondente à concentração de homossalato na solução de emulsão padrão de homossalato 8% a 0,2  $\mu\text{L/mL}$ , proposta por Mansur e colaboradores em seu método. Outro ponto importante, foi que a concentração dos filtros solares no produto comercial é desconhecida. Porém, a concentração máxima permitida, no Brasil, para cada filtro solar contido no produto é estabelecida pela RDC nº 69 (ANVISA, 2016). Sendo assim, essa informação foi também considerada para a definição da faixa de concentração das curvas de calibração.

Como pode ser observado nas Figuras 1 a 5 e nas Tabelas 5 a 9, o método é linear na faixa de concentração estudada, para Homossalato e Salicilato de Etilexila; começa a perder a linearidade nas concentrações mais altas, em alguns comprimentos de onda para Butil Metoxidibenzoilmetano e Octocrileno, e não é linear para Ácido Fenilbenzimidazol Sulfônico.

Figura 1. Curvas de calibração do Octocrileno.

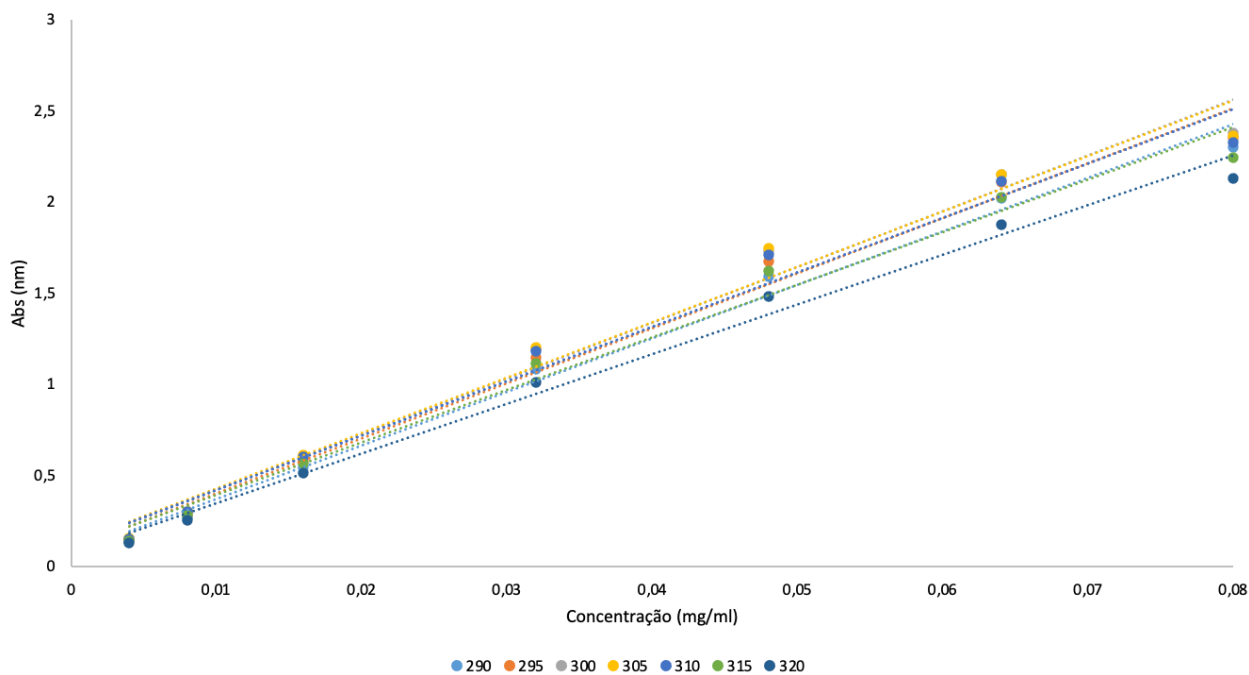


Tabela 5. Análise da linearidade do Octocrileno.

Concentração	Comprimento de onda	Equação da reta	R <sup>2</sup>
0,004; 0,008; 0,016; 0,032; 0,048; 0,064 e 0,08	290	$y = 29,419x + 0,076$	0,9909
	295	$y = 30,235x + 0,0972$	0,9867
	300	$y = 30,574x + 0,1144$	0,9829
	305	$y = 30,399x + 0,1241$	0,9802
	310	$y = 29,869x + 0,1224$	0,981
	315	$y = 28,846x + 0,1038$	0,9842
	320	$y = 27,221x + 0,0768$	0,99

Figura 2. Curvas de calibração do Homossalato.

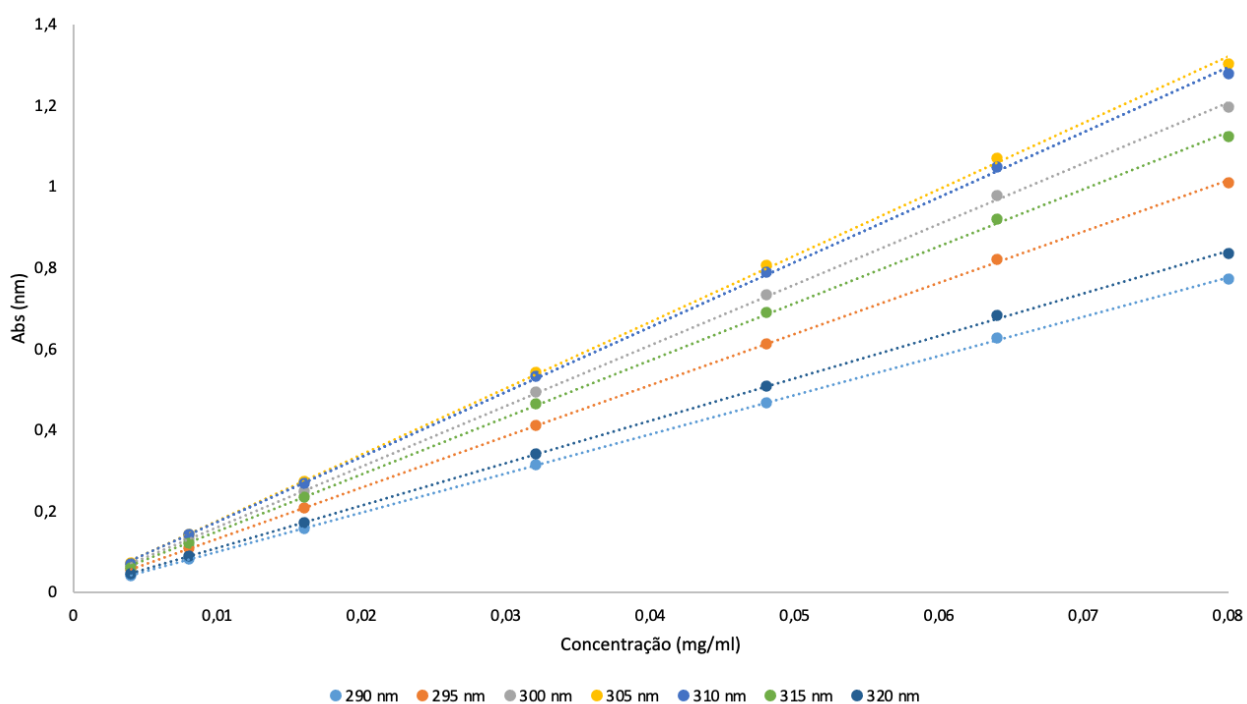


Tabela 6. Análise da linearidade do Homossalato.

Concentração	Comprimento de onda	Equação da reta	R <sup>2</sup>
0,004; 0,008; 0,016; 0,032; 0,048; 0,064 e 0,08	290	$y = 9,6552x + 0,0043$	0,9999
	295	$y = 12,622x + 0,0064$	0,9999
	300	$y = 14,979x + 0,01$	0,9998
	305	$y = 16,334x + 0,0136$	0,9996
	310	$y = 15,993x + 0,0142$	0,9996
	315	$y = 14,075x + 0,0097$	0,9997
	320	$y = 10,468x + 0,0052$	0,9998

Figura 3. Curvas de calibração do Salicilato de Etilexila.

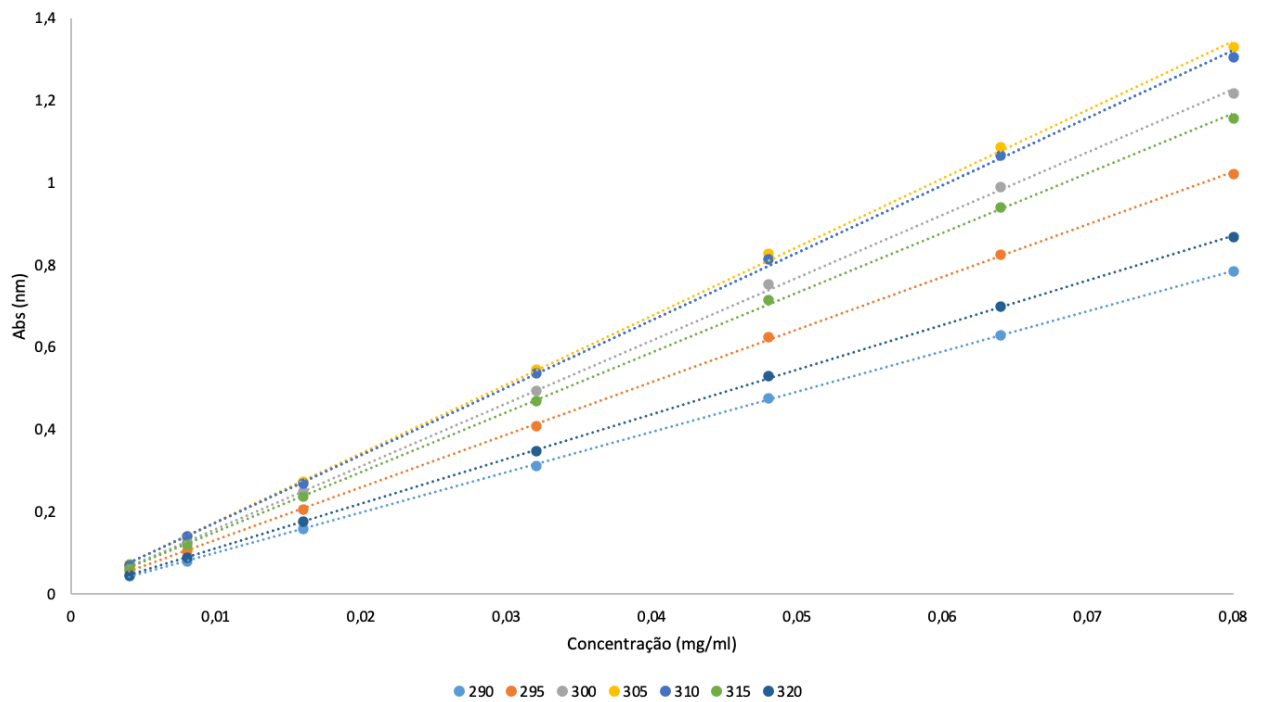


Tabela 7. Análise da linearidade do Salicilato de Etilexila.

Concentração	Comprimento de onda	Equação da reta	R <sup>2</sup>
0,004; 0,008; 0,016; 0,032; 0,048; 0,064 e 0,08	290	$y = 9,7907x + 0,0023$	0,9999
	295	$y = 12,789x + 0,0037$	0,9999
	300	$y = 15,271x + 0,0069$	0,9997
	305	$y = 16,693x + 0,0101$	0,9995
	310	$y = 16,388x + 0,0107$	0,9995
	315	$y = 14,522x + 0,0062$	0,9997
	320	$y = 10,865x + 0,0027$	0,9999

Figura 4. Curvas de calibração do Ácido Fenilbenzimidazol Sulfônico.

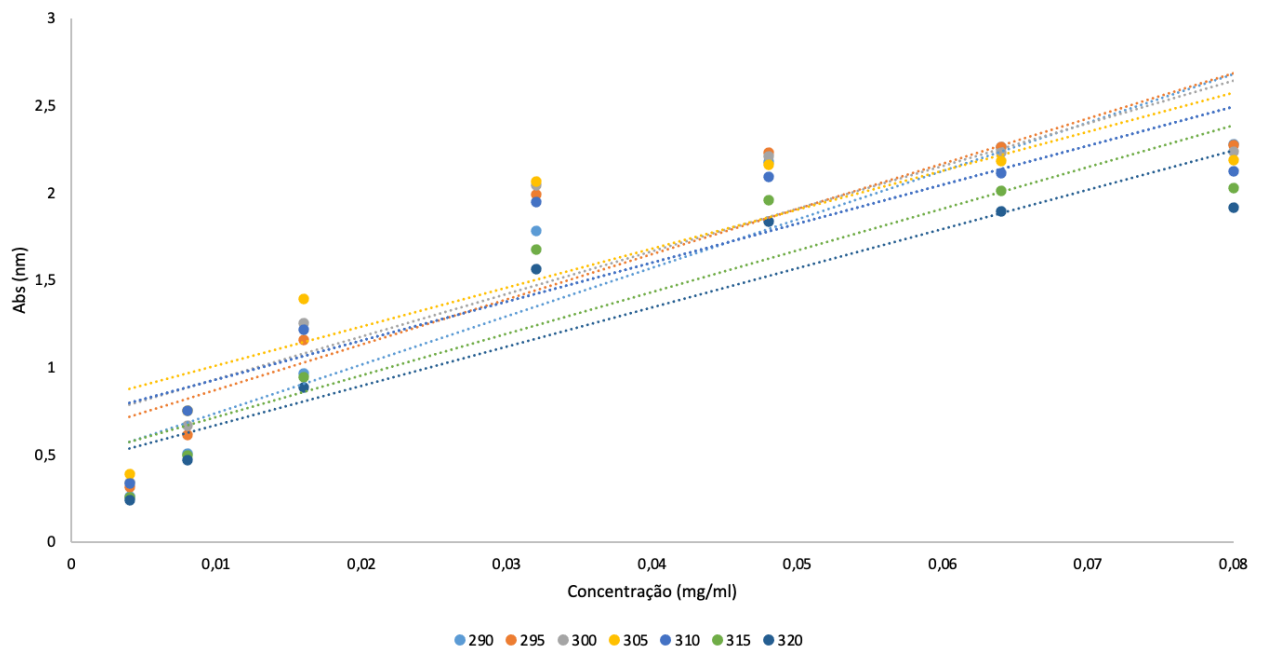


Tabela 8. Análise da linearidade do Ácido Fenilbenzimidazol Sulfônico.

Concentração	Comprimento de onda	Equação da reta	R <sup>2</sup>
0,004; 0,008; 0,016; 0,032; 0,048; 0,064 e 0,08	290	$y = 27,693x + 0,4642$	0,8608
	295	$y = 25,918x + 0,6158$	0,8035
	300	$y = 24,5x + 0,6875$	0,7747
	305	$y = 22,362x + 0,7859$	0,7374
	310	$y = 22,353x + 0,7065$	0,7679
	315	$y = 23,865x + 0,4802$	0,8359
	320	$y = 22,491x + 0,4474$	0,8431

Figura 5. Curvas de calibração do Butil Metoxidibenzoilmetano.

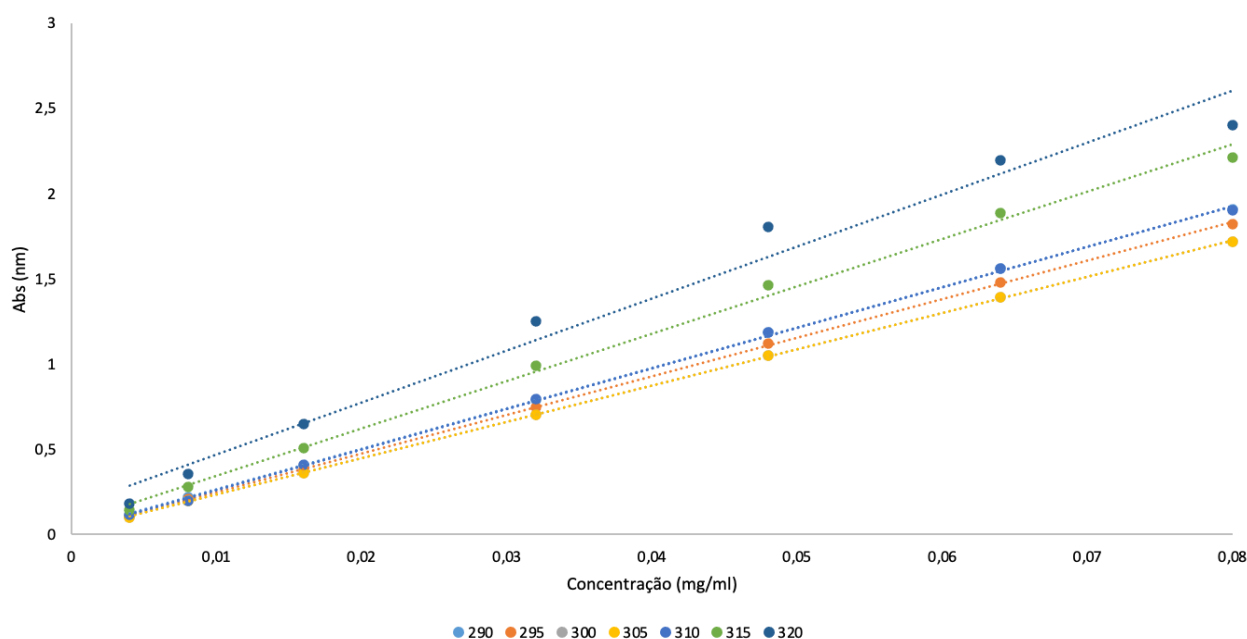


Tabela 9. Análise da linearidade do Butil Metoxidibenzoilmetano.

Concentração	Comprimento de onda	Equação da reta	R <sup>2</sup>
0,004; 0,008; 0,016; 0,032; 0,048; 0,064 e 0,08	290	$y = 23,762x + 0,0292$	0,9997
	295	$y = 22,633x + 0,0248$	0,9998
	300	$y = 21,321x + 0,0216$	0,9999
	305	$y = 21,3x + 0,0227$	0,9999
	310	$y = 23,827x + 0,0238$	0,9995
	315	$y = 27,754x + 0,0689$	0,9964
	320	$y = 30,541x + 0,1635$	0,9784

Os resultados obtidos neste trabalho são um indício de que a falta de linearidade pode ter sido uma das razões para a diferença entre os valores de FPS rotulado e analisado por espectrofotometria. A linearidade do método é extremamente importante em análises quantitativas. Sem haver relação de linearidade entre as concentrações analisadas e as absorbâncias correspondentes, não é possível obter resultados condizentes com a realidade. Sendo assim, a concentração de 0,2 mg/mL, padronizada por Mansur, mostrou não ser adequada para a determinação do FPS espectrofotométrico do protetor solar comercial analisado. Porém, para que resultados de FPS possam ser comparados entre diferentes

produtos e laboratórios, os parâmetros analíticos devem ser padronizados. Diante deste fato, nosso grupo de pesquisa propõe que as absorvâncias sejam obtidas em concentração dentro da faixa de linearidade, e que seja aplicado um fator de correção na equação de Mansur.

Diante do exposto, para a avaliação do Tocopherol (and) *Helianthus annuus* Seed Oil, inicialmente foram construídas as curvas de calibração apresentadas na Figura 6, na faixa de concentrações expressa na Tabela 2.

Figura 6. Curvas de calibração do Tocopherol (and) *Helianthus annuus* Seed Oil na faixa de concentração da Tabela 2.

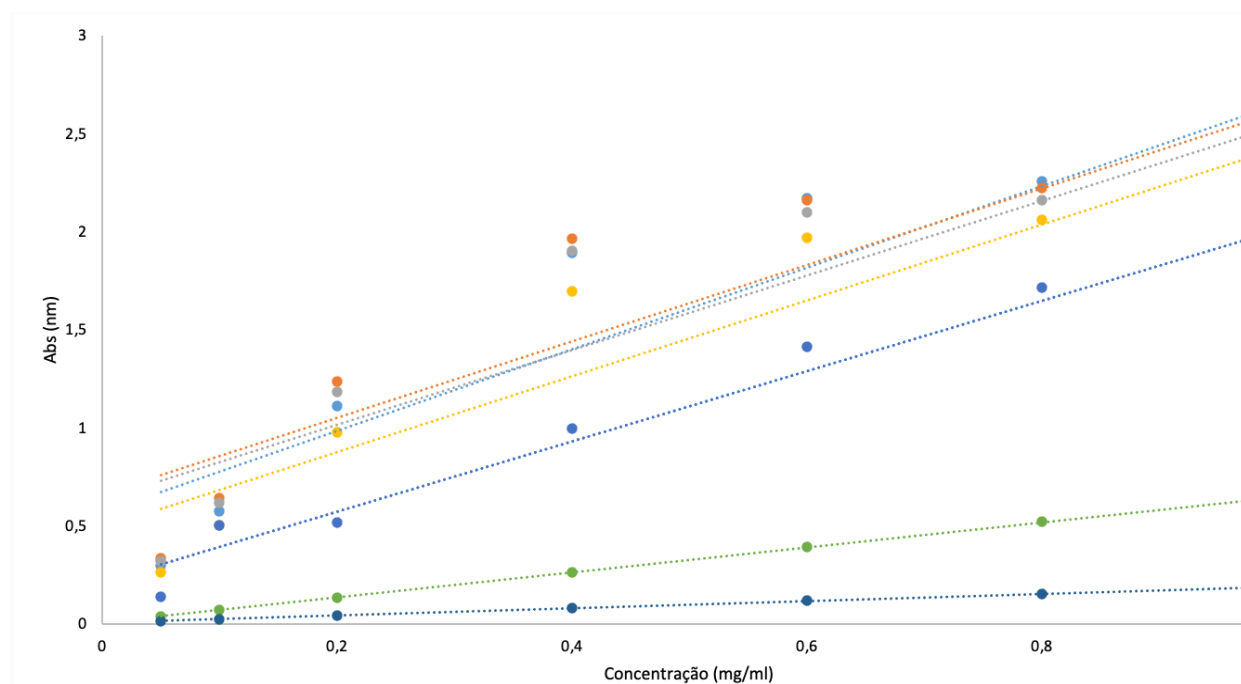


Tabela 10. Análise da linearidade do Tocopherol (and) *Helianthus annuus* Seed Oil na faixa de concentração da Tabela 2.

Concentração	Comprimento de onda	Equação da reta	R <sup>2</sup>
0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1	290	$y = 2,0778x + 0,5698$	0,8228
	295	$y = 1,9486x + 0,6605$	0,7889
	300	$y = 1,9052x + 0,6326$	0,7926
	305	$y = 1,9348x + 0,4899$	0,839
	310	$y = 1,7922x + 0,2134$	0,9658
	315	$y = 0,6394x + 0,0066$	0,9999
	320	$y = 0,1862x + 0,0046$	0,9998



Como pode ser observado, a concentração padronizada por Mansur (0,2 mg/mL) se mostrou também inadequada para a determinação do FPS espectrofotométrico do Tocopherol (and) *Helianthus annuus* Seed Oil, por estar fora do intervalo linear do método. Então, nova curva de calibração foi construída (Figura 7), obtendo-se linearidade ( $R^2 > 0,99$ ) na faixa de 0,02 a 0,12 mg/mL, em todos os comprimentos de onda estudados, como pode-se observar na Tabela 11.

Figura 7. Curvas de calibração do Tocopherol (and) *Helianthus annuus* Seed Oil na faixa de concentração da Tabela 3.

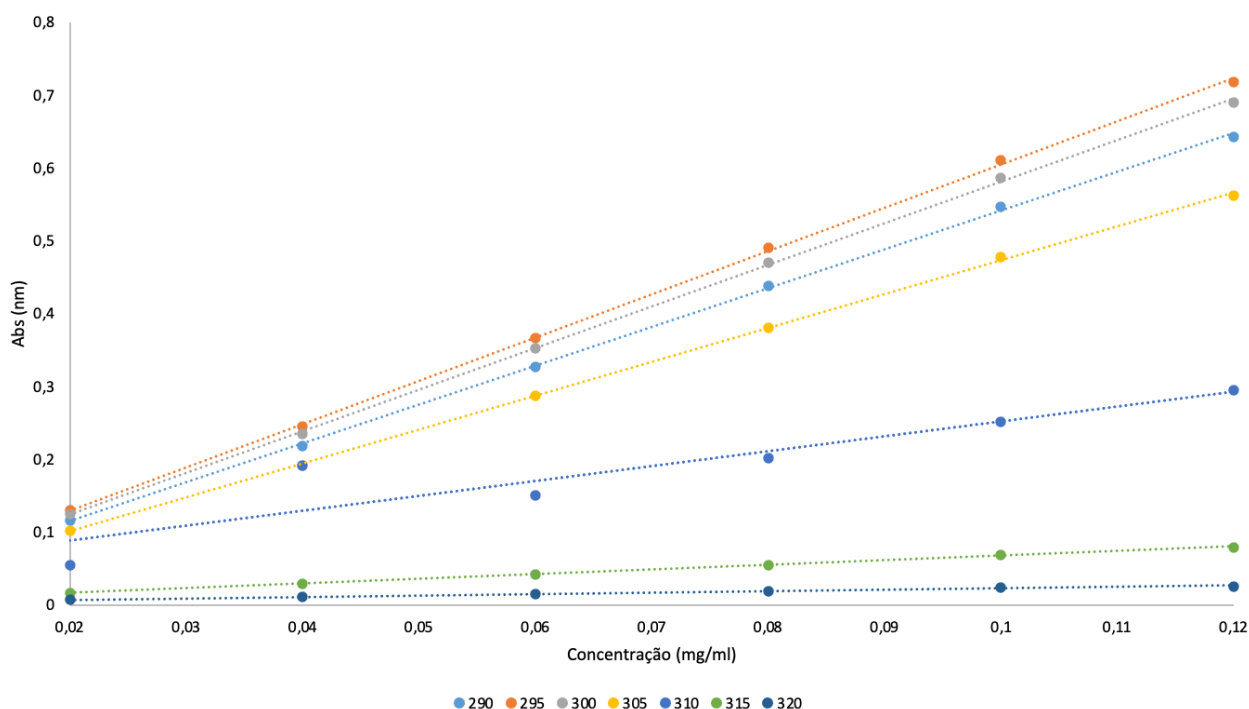


Tabela 11. Análise da linearidade do Tocopherol (and) *Helianthus annuus* Seed Oil na faixa de concentração da Tabela 3.

Concentração	Comprimento de onda	Equação da reta	$R^2$
0,02; 0,04; 0,06; 0,08; 0,1 e 0,12	290	$y = 5,3225x + 0,0092$	0,9996
	295	$y = 5,9501x + 0,0105$	0,9996
	300	$y = 5,7093x + 0,0102$	0,9996
	305	$y = 4,6507x + 0,0081$	0,9997
	310	$y = 2,0502x + 0,0474$	0,8431
	315	$y = 0,6375x + 0,004$	0,9983
	320	$y = 0,1946x + 0,0033$	0,9901

Selecionou-se a concentração de 0,04 mg/mL para o cálculo de FPS espectrofotométrico, inserindo-se um fator de correção = 5 na equação de Mansur, ou seja 0,2 mg/mL divididos por 0,04 mg/mL = 5. Dessa forma, o resultado foi normalizado para a concentração original padronizada pelo método. O valor calculado para o FPS espectrofotométrico do Tocopherol (and) *Helianthus annuus* Seed Oil foi 9,95 (empregando as modificações propostas neste trabalho), enquanto que trabalhando com 0,2 mg/mL (fora da faixa linear) o valor de FPS espectrofotométrico resultou em 8,86.

O grupo de pesquisa entende que o procedimento proposto permite obter resultados padronizados e confiáveis. Testes complementares estão sendo realizados para melhor elucidar a discrepância entre os valores de FPS *in vitro* e *in vivo* do protetor solar comercial. Tais testes permitirão uma melhor compreensão da correlação existente entre os resultados *in vitro* e *in vivo* e até que ponto o FPS espectrofotométrico pode ser usado para prever o FPS *in vivo*. Os resultados obtidos até o presente momento sugerem que o FPS espectrofotométrico pode ser satisfatoriamente empregado para a triagem da atividade fotoprotetora de amostras, como ingredientes de origem natural. Porém, parece não ser adequado para estimar o FPS *in vivo* de amostras complexas como protetores solares de elevado FPS, contendo vários filtros solares químicos em elevada concentração (como o analisado neste estudo). Por fim, é importante destacar um aspecto que é inerente à técnica: o método de Mansur não pode ser empregado para a análise de amostras contendo filtros solares físicos, que são insolúveis. Tal fator limita ainda mais a aplicação do método para formulações complexas de protetores solares.

## **Conclusão**

O uso de fator de correção é de suma importância quando se trabalha com concentrações diferentes da proposta pelo método de Mansur. Com ele, é possível gerar resultados padronizados e confiáveis. São necessários mais estudos sobre o motivo do FPS espectrofotométrico do produto do mercado ter sido tão diferente do rotulado, mas a falta de linearidade do método na concentração de trabalho proposta parece ter influência. Esse artigo faz parte de um projeto de pesquisa maior e seus resultados serão utilizados na confecção de um artigo de maior relevância do grupo de pesquisa em fotoproteção.

## Referências

1. ÁCSOVÁ, A.; HOJEROVÁ, J.; JANOTKOVÁ, L.; BENDOVÁ, H.; JEDLIČKOVÁ, L.; HAMRANOVÁ, V.; MARTINIÁKOVÁ, S. The real UVB photoprotective efficacy of vegetable oils: in vitro and in vivo studies. **Photochemical & Photobiological Sciences**, [S.L.], v. 20, n. 1, p. 139-151, jan. 2021. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s43630-020-00009-3>.
2. AHMED, I. A.; MIKAIL, M. A.; ZAMAKSHSHARI, N.; ABDULLAH, A. H. Natural anti-aging skincare: role and potential. **Biogerontology**, [S.L.], v. 21, n. 3, p. 293-310, 11 mar. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10522-020-09865-z>.
3. ARIANTO, A.; CINDY, C. Preparation and Evaluation of Sunflower Oil Nanoemulsion As a Sunscreen. **Open Access Macedonian Journal Of Medical Sciences**, [S.L.], v. 7, n. 22, p. 3757-3761, 14 nov. 2019. Scientific Foundation SPIROSKI. <http://dx.doi.org/10.3889/oamjms.2019.497>.
4. AUSTIN, E.; GEISLER, A. N.; NGUYEN, J.; KOHLI, I. HAMZAVI, I.; LIM, H. W.; JAGDEO, Ja. Visible light. Part I: properties and cutaneous effects of visible light. **Journal Of The American Academy Of Dermatology**, [S.L.], v. 84, n. 5, p. 1219-1231, maio 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaad.2021.02.048>.
5. BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, [s.l.], v. 29, n. 1, p.113-123, fev. 2006. FapUNIFESP (SciELO).
6. BRASIL. **Resolução RDC N ° 7**, de 10 de fevereiro de 2015. **Dispõe sobre os requisitos técnicos para a regularização de produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes e dá outras providências**. Órgão emissor: ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2015/rdc0007\\_10\\_02\\_2015.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2015/rdc0007_10_02_2015.pdf).
7. BRASIL. **Resolução RDC N ° 30**, de 1 ° de junho de 2012. **Aprova o Regulamento Técnico Mercosul sobre Protetores Solares em Cosméticos e dá outras providências**. Órgão emissor: ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0030\\_01\\_06\\_2012.htmlpublic](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0030_01_06_2012.htmlpublic) >.
8. BRASIL. **Resolução RDC N ° 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”**. Órgão emissor: ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2016/rdc0069\\_23\\_03\\_2016.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2016/rdc0069_23_03_2016.pdf).
9. BRASIL. **Resolução RDC N ° 237**, de 16 de julho de 2018. **Altera a Resolução da Diretoria Colegiada – RDC N ° 7, de 10 de fevereiro de 2015, e a Resolução da Diretoria Colegiada – RDC ° 15, de 24 de abril de 2015**. Órgão emissor: ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/31718901/do1-2018-07-17-resolucao-rdc-n-237-de-16-de-julho-de-2018-31718846](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/31718901/do1-2018-07-17-resolucao-rdc-n-237-de-16-de-julho-de-2018-31718846).
10. CABRAL, L. D. S.; PEREIRA, S. O.; PARTATA, A. K. Filtros solares e fotoprotetores utilizados nas formulações no Brasil. **Revista Científica do Itpac**, Araguaina, v. 4, n. 3, 4 jul. 2011.

11. COUTEAU, C. A. C.; PAPARIS, E.; COIFFARD, L. J. M. An in vitro study of fixed and essential oils claimed to have photoprotective properties, **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**, Volume 426, 2022, 113743, ISSN 1010-6030, <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2021.113743>.
12. FLOR, J.; DAVOLOS, M. R.; CORREIA, M. A. Protetores Solares. **Química Nova**, Araraquara, v. 30, n. 1, p. 153-158. 2007.
13. GEISLER, A. N.; AUSTIN, E.; NGUYEN, J.; HAMZAVI, I.; JAGDEO, J.; LIM, H. W.. Visible light. Part II: photoprotection against visible and ultraviolet light. **Journal Of The American Academy Of Dermatology**, [S.L.], v. 84, n. 5, p. 1233-1244, maio 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaad.2020.11.074>.
14. GOMES, M. PEZZINI, V.H., CAON, T.; PEZZINI, B.R.; Aplicação de fator de correção à equação de mansur visando obter o fator de proteção solar de óleos vegetais. **Banner apresentado no III Simpósio do Programa de Pós Graduação da UFSC**. 2018.
15. GUARATINI, T. et al. Fotoprotetores derivados de produtos naturais: perspectivas de mercado e interações entre o setor produtivo e centros de pesquisa. **Química Nova**, v.32, n.3, São Paulo, 2009.
16. INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER (Brasil). Câncer de pele. [Brasília, DF]: Instituto Nacional do Câncer, 2010. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/assuntos/cancer-de-pele>. Acesso em 20 de fevereiro de 2022.
17. KHOR, P.; MOHAMED, F. S. N.; RAMLI, I.; NOR, N. F. A. M.; RAZALI, S. K. C. M.; ZAINUDDIN, J. A.; JAAFAR, N. S. M. Phytochemical, Antioxidant and Photo-Protective Activity Study of Bunga Kantan (*Etlingera elatior*) Essential Oil. **Journal Of Applied Pharmaceutical Science**, [S.L.], v. 7, p. 209-213, ago. 2017. Journal of Applied Pharmaceutical Science. <http://dx.doi.org/10.7324/japs.2017.70828>.
18. LOHANI, A.; MISHRA, A. K. ; VERMA, A. Cosmeceutical potential of geranium and calendula essential oil: determination of antioxidant activity and in vitro sun protection factor. **Journal Of Cosmetic Dermatology**, [S.L.], v. 18, n. 2, p. 550-557, 24 set. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jocd.12789>.
19. MANSUR, J. S., BREDER, M. N. R., MANSUR, M. C. A., et al. (1986). Determinação do fator de proteção solar por espectrofotometria (Determination of sun protection factor by spectrophotometric methods). **Anais Brasileiros de Dermatologia**, 61, 121–124
20. MANSUR, J. S., BREDER, M. N. R., MANSUR, M. C. A., et al. (1986). Correlação entre a determinação do fator de proteção solar em seres humanos e por espectrofotometria (Correlation of sun protecting factor in human beings and by spectrophotometry). **Anais Brasileiros de Dermatologia**, 61, 167–172.
21. MARROT, L.; BELAI DI, J. P.; LEJEUNE, F.; MEUNIER, J. R.; ASSELINEAU, D.; BERNERD, F. Photostability of sunscreen products influences the efficiency of protection with regard to UV-induced genotoxic or photoageing-related end points. **British Journal of Dermatology**, v. 151, p. 1234 – 1244, Aulnaysous Bois, France, 2004.

22. MONTENEGRO, L.; SANTAGATI, L.. Use of Vegetable Oils to Improve the Sun Protection Factor of Sunscreen Formulations. **Cosmetics**, [S.L.], v. 6, n. 2, p. 25, 8 abr. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/cosmetics6020025>.
23. PERASSINOTO, N. L. Tendências para determinação de proteção UVA. **Guia IN Cosmeto**, São Paulo, n. 7, p. 6, jan/fev. 2006.
24. PEZZINI, V. H.; PEZZINI, B. R.; GOMES, M. **Avaliação do teor de fenóis totais em extratos vegetais**. 2019. 11f. Relatório (Iniciação Científica)
25. PEZZINI, V. H.; PEZZINI, B. R.; GOMES, M. **Avaliação dos efeitos fotoprotetor e antioxidante de óleos vegetais e essenciais**. 2018. 14f. Relatório (Iniciação Científica)
26. PHADUNGSAKSAWASDI, P.; SIRITHANABADEEKUL, P. Ultraviolet filters in sunscreen products labeled for use in children and for sensitive skin. **Pediatric Dermatology**, [S.L.], v. 37, n. 4, p. 632-636, 22 abr. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/pde.14170>.
27. QIAN, Yong; QIU, Xueqing; ZHU, Shiping. Lignin: a nature-inspired sun blocker for broad-spectrum sunscreens. **Green Chemistry**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 320-324, 2015. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/c4gc01333f>.
28. RAMOS, M.F.S.; SANTOS, E.P.; DELLAMORA-ORTIZ, G.M. Avaliação da atividade antissolar e estudos preliminares de fotodegradação da própolis. **Revista Fitos**, v.5, n.3, p. 73- 8, 2010.
29. RIGEL, D. S.; LIM, H. W.; DRAELOS, Z. D.; WEBER, T. M.; TAYLOR, S.C. Photoprotection for all: Current gaps and opportunities, **Journal of the American Academy of Dermatology**, Volume 86, Issue 3, Supplement, 2022, Pages S18-S26, ISSN 0190-9622, <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2021.12.023>.  
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0190962221029868>)
30. SARAF, S.; KAUR, C. In vitro sun protection factor determination of herbal oils used in cosmetics. **Pharmacognosy Research**, [S.L.], v. 2, n. 1, p. 22, 2010. EManuscript Technologies. <http://dx.doi.org/10.4103/0974-8490.60586>.
31. SILVA, A. C.P. da; PAIVA, J. P.; DINIZ, R. R.; ANJOS, V. M. dos; SILVA, A. B. S. M.; PINTO, A. V.; SANTOS, E. P. dos; LEITÃO, A. C.; CABRAL, L. M.; RODRIGUES, C. R. Photoprotection assessment of olive (*Olea europaea* L.) leaves extract standardized to oleuropein: in vitro and in silico approach for improved sunscreens. **Journal Of Photochemistry And Photobiology B: Biology**, [S.L.], v. 193, p. 162-171, abr. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2019.03.003>.
32. SILVA, R. V.; COSTA, S. C. C.; BRANCO, C. R..C.; BRANCO, A. In vitro photoprotective activity of the *Spondias purpurea* L. peel crude extract and its incorporation in a pharmaceutical formulation. **Industrial Crops And Products**, [S.L.], v. 83, p. 509-514, maio 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.12.077>.
33. SILVA, Clarissa Ten Caten. **Estudo de eficácia e estabilidade de condicionador capilar natural sem enxágue com propriedades antioxidante e antissolar**. 2022. 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Farmácia, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.
34. SINGER, S.; KARRER, S.; BERNEBURG, M. Modern sun protection. **Current Opinion In Pharmacology**, [S.L.], v. 46, p. 24-28, jun. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.coph.2018.12.006>.

35. SOUSA, C. M. M. et al. FENÓIS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE CINCO PLANTAS MEDICINAIS. **Química Nova**, Piauí, v. 30, n. 2, p.351-355, 19 jan. 2007