



ISSN: 2595-1661

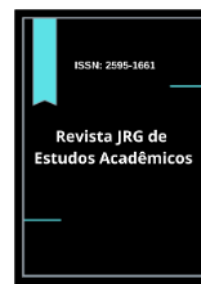
ARTIGO

Listas de conteúdos disponíveis em [Portal de Periódicos CAPES](http://portal.periodicos.capes.gov.br)

Revista JRG de Estudos Acadêmicos

Página da revista:

<https://revistajrg.com/index.php/jrg>



Determinação espectrofotométrica do Fator de Proteção Solar de Protetores Solares Comerciais

Spectrophotometric Determination of the Sun Protection Factor of Commercial Sunscreens

DOI: 10.55892/jrg.v9i20.2892

ARK: 57118/JRG.v9i20.2892

Recebido: 24/01/2026 | Aceito: 28/01/2026 | Publicado on-line: 29/01/2026

Dafny Nunes Silva¹

<https://orcid.org/0009-0001-8295-4099>

<https://lattes.cnpq.br/4428107374203492>

Centro Universitário Multiversa do Jaguaribe, CE, Brasil

E-mail: dafnynunes12@hotmail.com

Fabrizio Siqueira Queiroz²

<https://orcid.org/0000-0003-4125-1749>

<http://lattes.cnpq.br/8731990339913593>

Centro Universitário Multiversa do Jaguaribe, CE, Brasil

E-mail: fabrizio.queiroz@unijaguaribe.edu.br

Rodolfo de Melo Nunes³

<https://orcid.org/0000-0003-1428-4502>

<http://lattes.cnpq.br/4154148778084155>

Universidade Federal do Ceará, CE, Brasil

E-mail: rodolfo_k6@yahoo.com.br



Resumo

A radiação solar é essencial à vida, porém a exposição excessiva à radiação ultravioleta (UV) está associada a diversos efeitos adversos à pele, como fotoenvelhecimento e câncer cutâneo, tornando a fotoproteção uma medida preventiva fundamental. Este estudo teve como objetivo estimar, in vitro, o Fator de Proteção Solar (FPS) de fotoprotetores comerciais por meio da espectrofotometria UV-Vis associada à equação de Mansur, bem como comparar os valores experimentais com aqueles declarados nos rótulos. Foram analisadas cinco formulações comerciais, com FPS rotulado entre 25 e 80. As amostras foram preparadas por diluições sucessivas em álcool isopropílico e analisadas na faixa do UVB (290–320 nm) em espectrofotômetro Shimadzu UV-2600. O cálculo do FPS baseou-se nos valores de absorbância ponderados pelo espectro eritematogênico e pela intensidade relativa da radiação solar. Todas as amostras atenderam ao FPS mínimo exigido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) ($\text{FPS} \geq 6$). Contudo, os valores de FPS estimados in vitro foram inferiores aos declarados nos rótulos, sendo as maiores discrepâncias observadas em produtos com FPS elevado, especialmente aqueles contendo filtros físicos. Tais diferenças são atribuídas às limitações metodológicas do ensaio, incluindo a consideração exclusiva da faixa UVB e a subestimação dos mecanismos

¹ Graduando(a) em psicologia pelo Centro Universitário Multiversa do Jaguaribe

² Graduado(a) em psicologia. Especialista em Psicologia escolar

³ Graduado em Farmácia, possui mestrado e doutorado em Ciências Médicas pela Universidade Federal do Ceará (UFC)



de reflexão e dispersão da radiação. Conclui-se que a espectrofotometria UV-Vis constitui uma ferramenta complementar, rápida e de baixo custo para avaliação comparativa e preliminar da eficácia fotoprotetora, não substituindo os métodos in vivo regulamentados.

Palavras-chave: Fotoprotetores; Fator de Proteção Solar; Espectrofotometria UV-Vis; Análise in vitro.

Abstract

Solar radiation is essential for life; however, excessive exposure to ultraviolet (UV) radiation is associated with adverse skin effects, including photoaging and skin cancer, making photoprotection a critical preventive measure. This study aimed to estimate the in vitro Sun Protection Factor (SPF) of commercial sunscreens using UV-Vis spectrophotometry and the Mansur equation, and to compare the experimental values with those declared on product labels. Five commercial formulations with labeled SPF values ranging from 25 to 80 were analyzed. Samples were prepared through serial dilutions in isopropyl alcohol and analyzed in the UVB range (290–320 nm) using a Shimadzu UV-2600 spectrophotometer. The estimated SPF values were calculated based on absorbance data weighted by the erythemal effect and solar intensity. All analyzed products met the minimum SPF requirement ($SPF \geq 6$) established by the Brazilian Health Regulatory Agency (ANVISA). However, the in vitro SPF values were consistently lower than those declared on the labels, with greater discrepancies observed in products with higher labeled SPF, particularly formulations containing inorganic (physical) filters. These differences are attributed to methodological limitations, such as the exclusion of UVA radiation and the inability to fully account for scattering and reflection mechanisms. The results confirm that UV-Vis spectrophotometry is a useful, rapid, and low-cost complementary tool for comparative and preliminary evaluation of sunscreen efficacy, but not a substitute for standardized in vivo methods.

Keywords: Sunscreen; Sun Protection Factor; UV-Vis spectrophotometry; In vitro analysis.

1. Introdução

O Sol é a principal fonte de energia da Terra, sendo responsável pela produção de luz, calor e pela manutenção de processos essenciais à vida, como a fotossíntese, que gera oxigênio (DE CASTRO et al., 2020). No entanto, a exposição excessiva ao sol pode causar reações adversas e diversos malefícios à pele, tais como queimaduras solares, envelhecimento precoce, desidratação e até mesmo o desenvolvimento de neoplasias malignas cutâneas (MERIN; SHAJI; KAMESWARAN, 2022).

A radiação ultravioleta é constituída por três faixas de comprimento de onda: UVA, UVB e UVC. Embora a camada de ozônio atue como uma barreira protetora contra a radiação UVC, os raios UVA e UVB ainda atingem a superfície terrestre, representando riscos à saúde humana. Diante disso, a fotoproteção apresenta-se como a medida profilática mais eficaz e essencial para prevenir os danos decorrentes da exposição solar (GRANATO; LIMA; OLIVEIRA, 2023).

O principal parâmetro — e o mais utilizado — para avaliar a eficácia dos fotoprotetores é o Fator de Proteção Solar (FPS), cuja determinação é realizada por meio da razão entre a Dose Mínima Eritematosa (DME) da pele protegida e a DME da pele desprotegida (LINI, 2024). Esse índice quantifica o tempo durante o qual a pele protegida



pode ser exposta ao sol antes do surgimento de eritema, em comparação com a pele sem proteção.

Atualmente, os filtros solares são classificados em duas categorias principais: filtros físicos (inorgânicos ou minerais) e filtros químicos (orgânicos), diferenciados por sua composição química e mecanismo de ação. Os filtros físicos são constituídos por partículas minerais, principalmente óxido de zinco (ZnO) e dióxido de titânio (TiO₂), que atuam como barreira protetora por meio de três mecanismos simultâneos: reflexão, dispersão e absorção da radiação ultravioleta. Já os filtros químicos são moléculas orgânicas de baixo peso molecular, cujo mecanismo baseia-se na absorção direta da radiação UV. Essas moléculas absorvem os fótons incidentes e dissipam a energia absorvida por meio de processos fotoquímicos, sendo importante destacar que essa dissipação ocorre na própria molécula do filtro (NIERADKO-IWANICKA; WYSOKINSKA, 2022).

Na prática, muitas formulações comerciais associam filtros físicos e químicos com o objetivo de otimizar a proteção solar, explorando as vantagens de cada categoria. Contudo, na escolha do fotoprotetor, além do valor de FPS, é fundamental considerar outros critérios, como preferências pessoais relacionadas à textura e fluidez, resistência à água e ao suor, bem como as características individuais da pele, incluindo sensibilidade e predisposição a reações alérgicas.

No Brasil, a metodologia *in vivo* é amplamente utilizada para a determinação do FPS, exigindo a participação de um grupo de voluntários saudáveis com diferentes fototipos cutâneos, conforme a Classificação de Fitzpatrick (tipos I a VI), que varia desde a pele muito clara, que sempre queima, até a pele negra, que raramente apresenta queimaduras solares (COSTA; FARIAS; OLIVEIRA, 2021). Embora esse método seja indispensável para a aprovação regulatória pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), ele apresenta limitações importantes, como elevado custo, maior tempo de execução e questões éticas relacionadas à exposição dos voluntários à radiação solar.

A necessidade de métodos analíticos complementares tornou-se ainda mais evidente diante de recentes questionamentos sobre a qualidade dos fotoprotetores disponíveis no mercado internacional. Um estudo conduzido pela CHOICE, Associação de Consumidores da Austrália, revelou que 16 dos 20 protetores solares avaliados não apresentavam o fator de proteção solar informado nos rótulos, com casos extremos em que produtos rotulados como FPS 50+ apresentaram FPS real de apenas 4 (CFF, 2025). Esse cenário reforça a importância do desenvolvimento e da implementação de métodos analíticos confiáveis, rápidos e acessíveis para a avaliação da eficácia desses produtos, tanto durante a etapa de formulação quanto no controle de qualidade.

Nesse contexto, a técnica de espectrofotometria UV-Vis tem se destacado como uma ferramenta valiosa para avaliar a absorção da radiação ultravioleta por compostos presentes nos fotoprotetores, possibilitando a estimativa *in vitro* do fator de proteção solar (DUTRA et al., 2004). O método proposto por Mansur, baseado na medição da absorbância em comprimentos de onda específicos da faixa UVB (290–320 nm), oferece uma alternativa analítica que complementa os ensaios *in vivo*, apresentando vantagens como rapidez, menor custo e facilidade de reprodutibilidade (SCHALKA; REIS, 2011). Dessa forma, a implementação de análises *in vitro* constitui uma etapa prévia fundamental, que não apenas otimiza o desenvolvimento de fotoprotetores, mas também fortalece o controle de qualidade contínuo desses produtos antes da realização dos testes *in vivo* definitivos exigidos para aprovação regulatória.



2. Metodologia

O presente artigo consiste em uma pesquisa experimental, de natureza quantitativa, com abordagem descritiva, realizada em ambiente laboratorial. Durante o procedimento, foi quantificado, por meio da técnica de espectrofotometria na região do ultravioleta-visível (UV-Vis), o Fator de Proteção Solar (FPS) de diferentes fotoprotetores comerciais.

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Polímeros da Universidade Federal do Ceará (UFC), campus do Pici, localizado na cidade de Fortaleza, Ceará. Por se tratar de um estudo *in vitro* realizado exclusivamente com produtos comerciais, não foi necessária a submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa, em conformidade com as recomendações da Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

2.1 Amostras

As amostras analisadas foram constituídas por fotoprotetores comerciais, totalizando cinco marcas distintas, com fatores de proteção solar variando entre FPS 25 e FPS 80, contemplando formulações de uso facial e corporal. Os critérios de seleção incluíram a disponibilidade comercial, a representatividade de diferentes faixas de FPS e a variabilidade das formulações.

Para preservar a identidade das marcas comerciais, as amostras foram codificadas como A, B, C, D e E. As características detalhadas de cada amostra, incluindo a forma farmacêutica e a composição declarada dos filtros solares, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Caracterização das amostras de fotoprotetores quanto à forma farmacêutica e à composição declarada dos filtros solares.

Amostra	Forma farmacêutica	Filtros solares (Composição declarada)
A	Gel-creme	Metileno bis-benzotriazolil tetrametilbutilfenol, etilhexil triazona e dietilamino hidroxibenzoil hexil benzoato.
B	Gel-creme	Octyl salicylate, octocrylene, ethylhexyl methoxycinnamate e 4-methylbenzylidene camphor.
C	Crema	Metileno bis-benzotriazolil tetrametilbutilfenol, octocrileno, avobenzona (butil metoxydibenzolmetano), octissalato (etilhexil Salicilato), octiltriazona (etilhexil Triazona) e salicilato de butiloctila.
D	Gel-creme	Metileno bis-benzotriazolil tetrametilbutilfenol, octocrileno, dietilamino hidroxibenzoil hexil benzoato, butil metoxydibenzolmetano e etilhexil triazona.
E	Loção	Metileno bis-benzotriazolil tetrametilbutilfenol, bis-etilhexiloxifenol metoxifenil triazina, dietilhexil butamido triazona e butil metoxydibenzolmetano.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).



Nota: Para as amostras A, C, D e E, as informações foram obtidas a partir da rotulagem, conforme a nomenclatura INCI. Para a amostra B (formulação magistral), a composição qualitativa foi obtida por meio de consulta técnica ao fabricante, em razão da ausência de listagem completa na embalagem primária.

2.2 Preparação das soluções

Embora o procedimento experimental tenha sido inspirado no estudo de SOUSA et al. (2019), foram realizadas adaptações no protocolo original a fim de adequá-lo às condições experimentais do presente estudo, considerando a solubilidade das amostras selecionadas e a infraestrutura disponível no laboratório. Essas adaptações visaram garantir a segurança operacional e a reprodutibilidade dos ensaios.

Inicialmente, foram pesados 0,25 g de cada amostra em balança analítica, utilizando-se béquer limpo de 200 mL. Em seguida, adicionou-se um volume inicial de 30 mL de álcool isopropílico grau PA, escolhido por sua transparência na região do UV e por sua eficiência na solubilização de filtros solares orgânicos. A solução foi transferida para um balão volumétrico de 50 mL, completando-se o volume com o solvente até o menisco, obtendo-se assim a primeira diluição.

Após homogeneização em agitador magnético, retirou-se uma alíquota de 1 mL da primeira diluição, que foi transferida para um balão volumétrico de 25 mL, completando-se o volume com álcool isopropílico para obtenção da segunda diluição, a qual foi novamente homogeneizada antes da análise.

2.3 Análise espectrofotométrica e cálculo do FPS

A análise espectrofotométrica foi realizada por meio da leitura das amostras em espectrofotômetro UV-Vis, modelo Shimadzu UV-2600, nos comprimentos de onda entre 290 e 320 nm, com intervalos de 5 nm, utilizando cubetas de quartzo com caminho óptico de 1 cm.

O cálculo do FPS foi realizado com base na equação proposta por MANSUR et al. (1986), apresentada na Equação 1. Os valores necessários para o cálculo, correspondentes ao produto entre o espectro eritematogênico e a intensidade relativa da luz solar para cada comprimento de onda, estão descritos na Tabela 2.

Equação 1 – Equação de Mansur

$$FPS = CF \times \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \times I(\lambda) \times Abs(\lambda)$$

onde:

FPS: Fator de Proteção Solar (estimado *in vitro*).

CF: Fator de correção igual a 10.

EE (λ): Espectro eritematogênico (valor exposto na Tabela 1 para cada comprimento de onda).

I (λ): Intensidade relativa da luz solar em cada (λ) (valor também exposto na Tabela 1).

Abs (λ): Absorbância da amostra em cada comprimento de onda.

Fonte: MANSUR, João de Souza et al, 1986.



Tabela 2 - Valores constantes do produto entre o espectro eritematogênico e da intensidade relativa da luz solar em cada comprimento de onda, com fator de correção igual a 10.

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

Fonte: MANSUR, João de Souza et al, 1986.

3. Resultados e Discussão

Os valores de absorvância das amostras, obtidos por espectrofotometria, foram multiplicados pelos coeficientes $EE(\lambda) \times I(\lambda)$ correspondentes a cada comprimento de onda analisado. O somatório desses produtos resultou no valor estimado do Fator de Proteção Solar (FPS). Posteriormente, os dados foram organizados em tabelas para facilitar a visualização e a interpretação dos resultados obtidos para cada produto analisado.

A Tabela 3 apresenta os valores de absorvância e o detalhamento do cálculo do FPS para todas as amostras (A, B, C, D e E), permitindo ampla visualização e comparação dos resultados.

Tabela 3 - Dados de absorvância e cálculo do FPS das amostras.

Marca	Parâmetro	290	295	300	305	310	315	320	Σ	FPS
	Abs	0,45	0,63	0,82	0,97	1,04	1,09	0,97	-	-
	EE (λ) x I (λ) x Abs	0,007	0,051	0,235	0,317	0,194	0,091	0,017	0,912	9,1
	Abs	1,64	1,81	1,91	1,99	2,04	1,93	1,73	-	-
	EE (λ) x I (λ) x Abs	0,025	0,148	0,548	0,653	0,380	0,162	0,031	1,947	19,0
	Abs	1,13	1,47	1,85	2,17	2,35	2,45	2,25	-	-



	EE (λ) x I (λ) x Abs	0,017	0,120	0,531	0,710	0,438	0,206	0,040	2,062	20,0
	Abs	1,11	1,27	1,43	1,56	1,62	1,64	1,53	-	-
	EE (λ) x I (λ) x Abs	0,017	0,104	0,412	0,510	0,301	0,138	0,028	1,510	15,1
	Abs	1,48	1,75	2,03	2,26	2,40	2,50	2,35	-	-
	EE (λ) x I (λ) x Abs	0,022	0,143	0,583	0,740	0,447	0,210	0,042	2,187	21,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Com base nos valores individuais de FPS estimados *in vitro*, realizou-se uma análise comparativa entre os resultados experimentais obtidos e os valores de FPS declarados nos rótulos comerciais dos produtos, bem como sua conformidade com os critérios estabelecidos pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 629/2022.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), em consonância com normas internacionais estabelecidas por órgãos como a Food and Drug Administration (FDA), agência reguladora dos Estados Unidos responsável pela proteção da saúde pública, e pela European Cosmetics Association (COLIPA), entidade representativa da indústria cosmética europeia, estabelece o FPS 6 como o limite regulatório mínimo para que um produto seja classificado como protetor solar.

De acordo com a RDC nº 629/2022, qualquer preparação cosmética destinada ao contato com a pele, cuja finalidade exclusiva ou principal seja protegê-la contra a radiação UVA e UVB por meio da absorção, dispersão ou reflexão da radiação, é definida como protetor solar. Para que um produto possa ser rotulado como tal, deve oferecer uma proteção mínima seis vezes superior àquela observada na pele desprotegida frente à radiação UVB. Assim, produtos com FPS inferior a 6 são classificados apenas como cosméticos, sem alegação de proteção solar efetiva (BRASIL, 2022).

Os resultados comparativos entre os valores de FPS rotulados e os valores experimentais estão apresentados na Tabela 4.



Tabela 4 – Comparação entre os valores de FPS rotulados e experimentais das amostras analisadas e verificação de conformidade com a legislação vigente.

Amostra	FPS rotulado	FPS experimental	Atende ao FPS mínimo* (ANVISA > 6)
A	25	9,1	Conforme
B	45	19	Conforme
C	60	20	Conforme
D	70	15,1	Conforme
E	80	21	Conforme

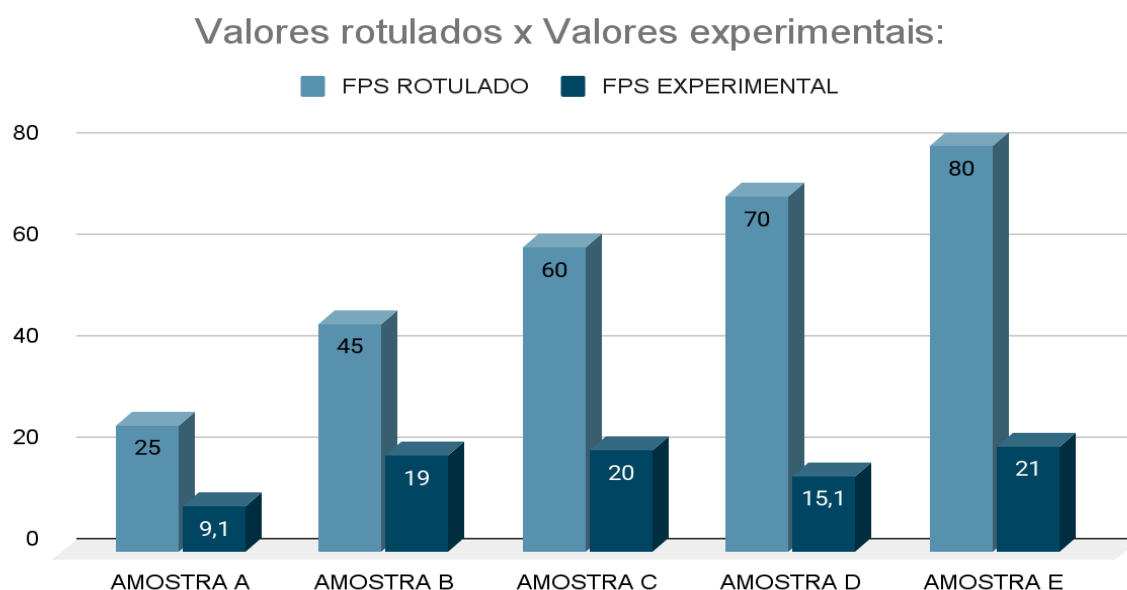
*A conformidade foi avaliada considerando o FPS mínimo de 6 estabelecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), conforme inciso I, do Art. 12 da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 629, de 2022.

Nota: FPS = Fator de Proteção Solar.

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Posteriormente, os valores obtidos foram representados graficamente por meio de um gráfico de barras comparativo (Gráfico 1), correlacionando o FPS declarado pelos fabricantes com o FPS estimado experimentalmente *in vitro* por espectrofotometria.

Gráfico 1 – Comparação entre os valores dos Fatores de Proteção Solar declarados pelos fabricantes e os valores obtidos experimentalmente.



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).



Os resultados demonstraram que os valores de FPS estimados após a aplicação da equação de MANSUR et al. (1986) foram inferiores àqueles declarados nos rótulos comerciais dos produtos analisados. Embora todas as amostras tenham atendido ao requisito mínimo de FPS 6 estabelecido pela ANVISA, nenhuma delas atingiu o valor de eficácia informado pelo fabricante, sendo essa a principal discrepância observada.

Observou-se ainda que, quanto maior o FPS declarado no rótulo, maior foi a diferença absoluta entre esse valor e o FPS estimado experimentalmente. As amostras D e E, que apresentavam FPS rotulados de 70 e 80, respectivamente, exibiram valores experimentais de 15,1 e 21, configurando as maiores discrepâncias do estudo. Em contrapartida, amostras com FPS rotulados mais baixos apresentaram diferenças proporcionalmente menores.

Esse comportamento é coerente com o observado em diversos estudos que utilizam métodos *in vitro* para a estimativa do FPS, conforme descrito por OSTERWALDER et al. (2024), especialmente quando os resultados são comparados aos ensaios *in vivo*. Uma das principais explicações para essa discrepância reside nas limitações inerentes ao método de MANSUR, uma vez que a equação considera apenas os valores de absorbância na faixa de 290 a 320 nm (UVB), ponderados pelos fatores de eficiência eritematogênica e intensidade solar. Dessa forma, a contribuição da radiação UVA (320–400 nm), que também influencia o FPS, não é contemplada no cálculo.

Além disso, filtros físicos, como dióxido de titânio e óxido de zinco, amplamente utilizados em formulações de protetores solares, atuam predominantemente por reflexão e espalhamento da radiação UV, mecanismos que não são adequadamente quantificados por leituras espectrofotométricas em solução. Isso pode resultar em uma subestimação do valor real do FPS (PEREIRA; PEREIRA, 2022). As amostras que apresentaram maior discrepância (D e E) continham filtros físicos em sua composição declarada, reforçando a tendência de subestimação do método para esse tipo de formulação.

De acordo com OSTERWALDER et al. (2024), outro fator relevante para a subestimação do FPS em métodos *in vitro* refere-se às diferenças entre os substratos utilizados nos ensaios. Enquanto os métodos *in vitro* utilizam superfícies artificiais, como placas de polimetilmetacrilato (PMMA), os métodos *in vivo* baseiam-se na aplicação padronizada de 2 mg/cm² do produto sobre a pele humana. Formulações de alta densidade, especialmente aquelas ricas em filtros minerais, podem formar filmes mais finos quando aplicadas sobre substratos rígidos, em comparação com a aplicação sobre a pele humana, que apresenta microrrelevo e capacidade de absorção. Consequentemente, a quantidade efetiva de filtros disponíveis para absorção da radiação UV pode ser reduzida, levando a valores inferiores de FPS.

Outro aspecto relevante está relacionado à solubilização incompleta dos filtros solares químicos no solvente alcoólico empregado, conforme relatado por MORAES; ARAÚJO JÚNIOR; MOITA (2019). A presença de partículas dispersas ou a formação de suspensões turvas pode comprometer a eficiência da extração dos filtros solares, resultando em leituras de absorbância inferiores às esperadas. Assim, mesmo quando as absorbâncias medidas ultrapassam valores elevados, o somatório ponderado pode resultar em FPS inferiores aos rotulados, evidenciando a sensibilidade do método à preparação das amostras e à qualidade da dissolução.

Adicionalmente, deve-se destacar que os valores de FPS informados nos rótulos comerciais são obtidos a partir de ensaios *in vivo* padronizados por agências reguladoras, realizados em voluntários humanos, os quais consideram múltiplos fatores que extrapolam a simples absorção da radiação UVB (PISSAVINI et al., 2018). Esses ensaios avaliam a interação do produto com a pele, incluindo processos biológicos complexos,



como resposta inflamatória, formação de filme protetor, resistência à água e ao suor, penetração cutânea e uniformidade de aplicação, variáveis que não são reproduzidas em métodos espectrofotométricos.

Dessa forma, as diferenças observadas entre os resultados *in vitro* e os valores declarados nos rótulos são esperadas e não configuram erro metodológico, mas refletem limitações intrínsecas do modelo experimental utilizado. A tendência de maiores discrepâncias em produtos com FPS elevado reforça que formulações mais complexas, contendo múltiplos filtros e outros ativos, apresentam um comportamento de fotoproteção que não pode ser integralmente capturado por métodos analíticos simplificados. Assim, os resultados obtidos reforçam a compreensão da equação de MANSUR como uma ferramenta estimativa e comparativa, adequada para fins acadêmicos e laboratoriais de triagem, mas não como substituta dos métodos regulamentados para a determinação oficial do FPS.

4. Conclusão

O estudo demonstrou que, embora todas as amostras analisadas tenham atendido ao FPS mínimo de 6 exigido pela ANVISA, os valores de FPS obtidos *in vitro* pela equação de Mansur foram inferiores aos declarados nos rótulos comerciais, com discrepâncias mais acentuadas em produtos de FPS elevado. Esse resultado é compatível com a literatura e reflete limitações inerentes ao método, como a consideração exclusiva da faixa UVB, a subestimação da contribuição de filtros físicos e a ausência de fatores biológicos presentes nos ensaios *in vivo*. Assim, a espectrofotometria UV-Vis associada à equação de Mansur mostra-se adequada como ferramenta estimativa e comparativa para fins acadêmicos e laboratoriais, mas não como substituta dos métodos regulamentados, reforçando a necessidade de interpretação crítica dos valores de FPS e do uso complementar de diferentes abordagens analíticas na avaliação da eficácia fotoprotetora.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Manual de regularização de protetor solar**. Brasília, DF: ANVISA, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/cosmeticos/manuais-e-guias/manual-de-protetor-solar.pdf/view>. Acesso em: 19 out. 2025.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 629, de 10 de março de 2022**. Dispõe sobre os requisitos técnicos para a regularização de protetores solares. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, 11 mar. 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-629-de-10-de-marco-de-2022-386099957>. Acesso em: 23 nov. 2025.
- BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012**. Aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/conselho-nacional-de-saude/pt-br/atos-normativos/resolucoes/2012/resolucao-no-466.pdf/view>. Acesso em: 12 out. 2025.
- CONSELHO FEDERAL DE FARMÁCIA. **16 de 20 protetores solares testados na Austrália não entregam o FPS prometido**. Brasília, 15 set. 2025. Disponível em: <https://site.cff.org.br/noticia/Noticias-gerais/15/09/2025/16-de-20-protetores-solares-testados-na-australia-nao-entregam-o-fps-prometido>. Acesso em: 27 nov. 2025.



- COSTA, Matheus Matos; FARIAS, Ana Paula Andrade; OLIVEIRA, César Augusto Batasini. **A importância dos fotoprotetores na minimização de danos à pele causados pela radiação solar.** *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 7, p. 101855–101867, 2021.
- CASTRO, Graziella Souza Gomes de; SANT'ANNA, Wellington Crepaldi; DA SILVA, Cristiane Vieira Alcântara; DA SILVA, Aline Ribeiro Fausto; FILONI, Eduardo. **A importância do ultravioleta no vitiligo e na psoríase: uma revisão sistemática.** *Lifestyle Journal*, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 69–76, 2020.
- DIAS, Marianne; SANTOS, Thayná; MENDONÇA, Eduardo. **Uso de fotoprotetores como prevenção do fotoenvelhecimento e do câncer de pele.** *Repositório Institucional*, [S. l.], v. 1, n. 1, 2023.
- DUTRA, Elizângela Abreu; COSTA E OLIVEIRA, Daniella Almança Gonçalves; KEDOR-HACKMANN, Erika Rosa Maria; SANTORO, Maria Inês Rocha Miritello. **Determination of sun protection factor (SPF) of sunscreens by ultraviolet spectrophotometry.** *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, v. 40, p. 381–385, 2004.
- GRANATO, Adrielle Pereira; ARAUJO LIMA, Caroline Silva de; DE OLIVEIRA, Márcia Farsura. **Discussões recentes sobre a importância do filtro solar na prevenção do câncer de pele: revisão integrativa.** *Brazilian Journal of Health Review*, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 8436–8447, 2023.
- LINI, Fernanda Janini Mota. **Avaliação do potencial fotoprotetor e antioxidante de formulações nanotecnológicas contendo antioxidantes naturais e componentes fotoprotetores: uma revisão integrativa.** 2024.
- MANSUR, João de Souza; BREDER, Mário Nei Rodrigues; MANSUR, Maria Cristina D'Ascensão; AZULAY, Rubem David. **Determinação do fator de proteção solar por espectrofotometria.** *Anais Brasileiros de Dermatologia*, p. 121–124, 1986.
- MERIN, K. A.; SHAJI, Merin; KAMESWARAN, R. **A review on sun exposure and skin diseases.** *Indian Journal of Dermatology*, [S. l.], v. 67, n. 5, p. 625, set./out. 2022.
- MORAES, R. R.; ARAÚJO JÚNIOR, E. A.; MOITA, G. C. **Avaliação do fator de proteção solar (FPS) de protetores solares comerciais por espectrofotometria.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 46., 2019. *Anais [...]*. [S. l.]: Associação Brasileira de Química, 2019. Disponível em: <https://www.abq.org.br/cbq/2006/trabalhos2006/13/65-IC-861-714-13-T1.htm>. Acesso em: 27 nov. 2024.
- NIERADKO-IWANICKA, Barbara; WYSOKIŃSKA, Klaudia. **Chemical and physical UV filters.** *Polish Journal of Public Health*, v. 132, p. 48–51, 2022.
- OSTERWALDER, Uli; HUBALD, Jean-Claude; DAVID, Eva Perroux; MORAINÉ, Thibault; BOSCH, Jeroen Van Den. **Sun-protection factor of zinc-oxide sunscreens: SPF in vitro too low compared to SPF in vivo — a brief review.** *Photochemical & Photobiological Sciences*, [S. l.], v. 23, n. 10, p. 1999–2009, 2024.
- PEREIRA, Elissandra Silva; PEREIRA, Fabiana de Oliveira. **Estudo comparativo sobre a eficácia de filtros solares químicos e físicos em formulações infantis.** *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 8, n. 6, p. 43776–43787, 2022.
- PISSAVINI, Marc et al. **Validation of an in vitro sun protection factor (SPF) method in blinded ring-testing.** *International Journal of Cosmetic Science*, [S. l.], v. 40, n. 3, p. 263–268, 2018.
- SCHALKA, Sergio; REIS, Vitor Manoel Silva. **Fator de proteção solar: significado e controvérsias.** *Anais Brasileiros de Dermatologia*, v. 86, n. 3, p. 507–515, 2011.
- SOUSA, Antônia Kelly Martins; DA SILVA, Janádia Paula Castro; LOURENÇO, Jayane Vieira; FERNANDES, Felipe Pereira. **Avaliação do fator de proteção solar (FPS) de**



fotoprotetores através da técnica de espectrofotometria UV/Vis. *Journal of Applied Pharmaceutical Sciences*, [S. l.], v. 6, p. 114–117, 2019.