

SAÚDE E AMBIENTE

V.9 • N.3 • 2024 - Fluxo Contínuo

ISSN Digital: 2316-3798

ISSN Impresso: 2316-3313

DOI: 10.17564/2316-3798.2024v9n3p495-508



DELINEAMENTO EXPERIMENTAL DE FOTOPROTETOR FÍSICO (TiO₂), OBTIDO PELO MÉTODO DE EMULSIFICAÇÃO ESPONTÂNEA, COM ASPECTO TRANSPARENTE À PELE

EXPERIMENTAL DESIGN OF PHYSICAL PHOTOPROTECTOR (TiO₂), OBTAINED BY THE SPONTANEOUS EMULSIFICATION METHOD, WITH A TRANSPARENT APPEARANCE TO THE SKIN

DISEÑO EXPERIMENTAL DE FOTOPROTECTOR FÍSICO (TiO₂), OBTENIDO POR EL METODO DE EMULSIFICACIÓN ESPONTÁNEA, CON APARIENCIA TRANSPARENTE EN LA PIEL

Maria Catarina Ternouski¹

Marcos Vinicius Soares Martins²

Hilana Rickli Fiuza Martins³

Daniel Brustolin Ludwig⁴

Barbara Mendes Paz Chao⁵

Luciana Erzinger Alves de Camargo⁶

RESUMO

Os efeitos da radiação ultravioleta (UVR) na pele, são influenciados pela intensidade da fonte, tempo de exposição, comprimento de onda da UVR e pigmentação da pele. A radiação solar que atinge a superfície terrestre, dividem-se em radiação ultravioleta A (UVA) e ultravioleta B (UVB). Essas radiações são fundamentais para a produção de pré-vitamina D3, importante na absorção de cálcio, força muscular e sistema imunológico. A exposição solar, apesar de necessária, pode levar a danos potenciais como eritema e queimaduras solares, ocasionada pela radiação UVB (290-320nm) e fotoenvelhecimento causado pela ação da radiação UVA (320-400nm). A longo prazo a exposição excessiva aos raios solares possuem a propriedade de aumentar o risco do desenvolvimento de câncer de pele, reconhecido como agente cancerígeno pela *International Agency for Research on Cancer* (IARC). Os tumores malignos de pele, melanoma, carcinoma basocelular e espinocelular, são associados principalmente à exposição à radiação UV, principalmente em horários em que a radiação solar é mais intensa. Os casos de melanoma aumentaram significativamente de 1975 a 2016, indicando a importância da prevenção a exposição solar excessiva, por protetores solares. Protetores solares são ferramentas fundamentais para evitar danos causados pela radiação UV. De acordo com a sua formulação há dois tipos de protetores solares, os denominados químicos e os físicos. Os protetores ditos químicos, apresentam em sua composição, compostos aromáticos conjugados com carbonila, capazes de absorver os raios UV transformando essa energia em calor. Os filtros físicos são compostos de moléculas que refletem ou dispersam a radiação. Os bloqueadores químicos têm sido associados a preocupações ambientais e de saúde, incluindo toxicidade para os

corais e suspeitas de desregulação endócrina e carcinogenicidade. Os filtros físicos, embora menos tóxicos, são menos procurados, pois apresentam o desconforto de assumir coloração branca ao espalhamento na pele. O objetivo do presente estudo foi, elaborar um delineamento experimental para a obtenção de formulações contendo filtros físicos, pelo método de emulsão espontânea. Caracterizar as partículas quanto ao diâmetro médio e probabilidade de agregação por meio do índice de polidispersão, analisar se a formulação confere proteção solar pelo método espectrofotométrico e avaliar a transparência da formulação quando aplicada à pele. Foram obtidas pelo método de emulsificação espontânea seis formulações (F1, F2, F3, F4, F5 e F6) de protetor solar físico usando dióxido de titânio micronizado, apresentando-se a F4 como a formulação mais estável. A caracterização da amostra F4 mostrou um diâmetro médio de partícula de $273 \pm 4,89\text{nm}$ e índice de polidispersão $0,25 \pm 0,12$, demonstrando homogeneidade na formulação e capacidade reduzida de agregação. A avaliação do fator de proteção solar (FPS) in vitro da F4 revelou valor de FPS - 28, considerado elevado para reflexão da radiação UV, atribuído à presença de partículas inorgânicas refletivas e à menor concentração de dióxido de titânio. Além disso, a formulação F4, se apresentou transparente, quando aplicada na pele.

PALAVRAS-CHAVE

Radiação UV. Fotoprotetor Físico. Química Verde. Cancer de Pele. Inovação Tecnológica.

ABSTRACT

The effects of ultraviolet radiation (UVR) on the skin are influenced by the intensity of the source, exposure time, UVR wavelength and skin pigmentation. The solar radiation that reaches the Earth's surface is divided into ultra violet A (UVA) and ultraviolet B (UVB) radiation. These radiations are essential for the production of pre-vitamin D3, important for calcium absorption, muscle strength and the immune system. Sun exposure, although necessary, can lead to potential damage such as erythema and sunburn, caused by UVB radiation (290-320nm) and photoaging caused by the action of UVA radiation (320-400nm). In the long term, excessive exposure to sunlight can increase the risk of developing skin cancer, recognized as a carcinogen by the International Agency for Research on Cancer (IARC). Malignant skin tumors, melanoma, basal cell and squamous cell carcinoma, are mainly associated with exposure to UV radiation, especially at times when solar radiation is more intense. Melanoma cases increased significantly from 1975 to 2016, indicating the importance of preventing excessive sun exposure with sunscreens. Sunscreens are fundamental tools to prevent damage caused by UV radiation. According to their formulation, there are two types of sunscreens, those called chemical and physical. The so-called chemical protectors have in their composition aromatic compounds conjugated with carbonyl, capable of absorbing UV rays transforming this energy into heat. Physical filters are composed of molecules that reflect or scatter radiation. Chemical blockers have

been linked to environmental and health concerns, including toxicity to corals and suspected endocrine disruption and carcinogenicity. Physical filters, although less toxic, are less popular, as they present the discomfort of taking on a white color when spread on the skin. The objective of the present study was to develop an experimental design to obtain formulations containing physical filters, using the spontaneous emulsion method. Characterize the particles in terms of average diameter and probability of aggregation using the polydispersity index, analyze whether the formulation provides sun protection using the spectrophotometric method and evaluate the transparency of the formulation when applied to the skin. Six formulations (F1, F2, F3, F4, F5 and F6) of physical sunscreen using micronized titanium dioxide were obtained by the spontaneous emulsification method, with F4 being the most stable formulation. The characterization of sample F4 showed an average particle diameter of $273 \pm 4.89\text{nm}$ and polydispersity index 0.25 ± 0.12 , demonstrating homogeneity in the formulation and reduced aggregation capacity. The evaluation of the in vitro sun protection factor (SPF) of F4 revealed a value of FPS - 28, considered high for reflecting UV radiation, attributed to the presence of reflective inorganic particles and the lower concentration of titanium dioxide. Furthermore, formulation F4 was transparent when applied to the skin.

KEYWORDS

UV Radiation; Physical Photoprotector; green chemistry; skin cancer; technologic innovation.

RESUMEN

Los efectos de la radiación ultravioleta (RUV) en la piel están influenciados por la intensidad de la fuente, el tiempo de exposición, la longitud de onda de la RUV y la pigmentación de la piel. La radiación solar que llega a la superficie terrestre se divide en radiación ultravioleta A (UVA) y ultravioleta B (UVB). Estas radiaciones son esenciales para la producción de previtamina D3, importante para la absorción de calcio, la fuerza muscular y el sistema inmunológico. La exposición solar, aunque necesaria, puede provocar daños potenciales como eritema y quemaduras solares, provocados por la radiación UVB (290-320 nm) y fotoenvejecimiento provocado por la acción de la radiación UVA (320-400 nm). A largo plazo, una exposición excesiva a la luz solar puede aumentar el riesgo de desarrollar cáncer de piel, reconocido como carcinógeno por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC). Los tumores malignos de piel, melanoma, carcinoma de células basales y de células escamosas, se asocian principalmente con la exposición a la radiación ultravioleta, especialmente en los momentos en que la radiación solar es más intensa. Los casos de melanoma aumentaron significativamente entre 1975 y 2016, lo que indica la importancia de prevenir la exposición excesiva al sol con protectores solares. Los protectores solares son herramientas fundamentales para prevenir los daños causados por la radiación UV. Según su formulación, existen dos tipos de protectores so-

lares, los llamados químicos y físicos. Los llamados protectores químicos tienen en su composición compuestos aromáticos conjugados con carbonilo, capaces de absorber los rayos UV transformando esta energía en calor. Los filtros físicos están compuestos de moléculas que reflejan o dispersan la radiación. Los bloqueadores químicos se han relacionado con preocupaciones ambientales y de salud, incluida la toxicidad para los corales y la sospecha de alteración endocrina y carcinogenicidad. Los filtros físicos, aunque menos tóxicos, son menos populares, ya que presentan la molestia de adquirir un color blanco al extenderse sobre la piel. El objetivo del presente estudio fue desarrollar un diseño experimental para la obtención de formulaciones que contengan filtros físicos, utilizando el método de emulsión espontánea. Caracterizar las partículas en términos de diámetro promedio y probabilidad de agregación mediante el índice de polidispersidad, analizar si la formulación brinda protección solar mediante el método espectrofotométrico y evaluar la transparencia de la formulación cuando se aplica sobre la piel. Se obtuvieron seis formulaciones (F1, F2, F3, F4, F5 y F6) de protector solar físico utilizando dióxido de titanio micronizado mediante el método de emulsificación espontánea, siendo F4 la formulación más estable. La caracterización de la muestra F4 mostró un diámetro promedio de partícula de $273 \pm 4.89\text{nm}$ y un índice de polidispersidad de 0.25 ± 0.12 , demostrando homogeneidad en la formulación y reducida capacidad de agregación. La evaluación del factor de protección solar (SPF) in vitro de F4 reveló un valor de FPS - 28, considerado alto por reflejar la radiación UV, atribuido a la presencia de partículas inorgánicas reflectantes y a la menor concentración de dióxido de titanio. Además, la formulación F4 era transparente cuando se aplicaba sobre la piel.

PALABRAS CLAVE

Radiación UV; fotoprotector físico; química verde; cáncer de piel; innovación tecnológica.

1 INTRODUÇÃO

Os efeitos da radiação ultravioleta (UVR) na pele podem ser bastante variados. Dependem em grande parte da intensidade da fonte, do tempo de duração da exposição, do comprimento de onda UVR e do nível de pigmentação da pele (LEITER *et al.*, 2019; BENNETT; Khachemoune, 2022; HENDERSON *et al.*, 2022).

A radiação ultravioleta solar é dividida em três categorias, dependendo no comprimento de onda, incluindo UVA (400-315 nm), UVB (315-280 nm) e UVC (280-100 nm) (BATTISTIN *et al.*, 2020). A radiação UVC é totalmente reduzida e dispersa por meio do ciclo ozônio-oxigênio. A radiação UVA restante e parte da UVB atingem a superfície terrestre (SHETTY *et al.*, 2023). A exposição à luz solar é de vital importância na conversão do 7-desidrocolesterol em pré-vitamina D3 na pele humana, importante para o metabolismo do cálcio, força muscular e sistema imunológico (SCHALKA; REIS, 2011; ALDAHAN *et al.*, 2015; ALFREDSSON *et al.*, 2020; TUCHAYI *et al.*, 2023).

As consequências à exposição da pele humana às radiações solares resultam em, eritema, queimadura solar quando a radiação é UVB (SALMINEN *et al.*, 2022). Em contrapartida a exposição a UVA resulta em fotoenvelhecimento da pele (SHETTY *et al.*, 2023). Essa distinção não é absoluta, pois tanto UVA como UVB têm sido implicados na causa do câncer de pele. A UVR solar, é reconhecida como um agente cancerígeno do Grupo 1 pela Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) (BENNETT; KHACHEMOUNE, 2022).

Os tumores malignos de pele, estão entre os tumores sólidos mais frequentes em populações brancas, raros nas populações africanas e asiáticas. As principais formas são o melanoma, originado de células pigmentares da pele e carcinoma basocelular e carcinoma espinocelular, originado de queratinócitos (DINARDO; DOWNS, 2018; LEITER, *et al.*, 2019; LI *et al.*, 2019; AHMED *et al.*, 2020; PEREZ *et al.*, 2022).

O principal agente ambiental envolvido no desenvolvimento de 90-95% dos cânceres de pele, tem sido descrito como a exposição a radiação UV (JULIAN *et al.*, 2023). Diante do exposto, pode-se inferir que, os casos de câncer de pele podem ser evitados, tanto quanto possível, alterando o comportamento e evitando a exposição aos raios UV (RIGEL; CARUCCI, 2000; PILARSKI *et al.*, 2016; PEREZ *et al.*, 2022; TUCHAYI *et al.*, 2023).

O Departamento de Epidemiologia da American Cancer Society e a Pesquisa em Vigilância, relataram que para o período de 1975-2019, os casos de melanoma cresceu mais de dez vezes e o número de mortes duplicaram entre os anos de 1975 a 2016 (LEITER, *et al.*, 2019; LI *et al.*, 2019; AHMED *et al.*, 2020).

Como alternativa para evitar a radiação UV, a qual se apresenta danosa, temos como ferramenta importante a aplicação de protetores solares (JULIAN *et al.*, 2023). Seu uso remonta da antiguidade, em que a cultura egípcia ao dar valor a pele mais clara estimulou o uso de ingredientes como farelo de arroz, jasmim e tremoço para evitar os efeitos bronzeadores de o sol (ALDAHAN *et al.*, 2015; SCHNEIDER; LIM, 2019; MA; YOO, 2021).

Ao longo dos anos, várias formas, loção, creme, spray ou sólido (bastão) e formulações de protetores solares tem sido produzidos (MCDONALD *et al.*, 2023). Os protetores solares são projetados para serem aplicados topicamente na pele para absorver ou refletir UVR e assim fornecer algum grau de proteção a pele do usuário contra danos causados pelo sol (MCDONALD *et al.*, 2023).

Dividem-se os protetores solares em dois tipos, de acordo com os ingredientes ativos que usam como, bloqueadores físicos ou absorventes químicos (RIGEL; CARUCCI, 2000; TUCHAYI *et al.*, 2023). Os bloqueadores químicos, contêm compostos como, avobenzona, octinoxato e oxibenzona, que absorvem energia da UVR incidente e libera-as como fótons de energia mais baixa (calor) quando a molécula retorna ao seu estado relaxado (MCDONALD, 2023). Os protetores químicos são invisíveis na pele e, portanto, considerado esteticamente elegantes (SCHNEIDER; LIM, 2019; LI *et al.*, 2019; AHMED *et al.*, 2020; EKSTEIN; HYLWA, 2023).

Vários trabalhos tem descrito a toxicidade dos bloqueadores químicos (EKSTEIN; HYLWA, 2023; MCDONALD, 2023). Diante disso apresentam-se como agentes tóxicos pessoais e ambientais, causando entre seus diversos efeitos, toxicidade ambiental para corais e ambiente aquático. Para os seres humanos, podem causar alergias e/ou (foto) alergias, além de ser suspeito de apresentar uma

atividade desreguladora endócrina e potencial cancerígeno (SCHNEIDER; LIM, 2019; AHMED *et al.*, 2020; EKSTEIN; HYLWA, 2023).

Os bloqueadores físicos, contêm partículas minerais, normalmente titânio, dióxido de carbono (TiO₂) ou óxido de zinco (ZnO), que refletem ou dispersam a UVR incidente para evitar que atinja a pele (HE *et al.*, 2021). Eles são quimicamente inertes e fotoestáveis. Infelizmente, o grau de proteção depende sobre o montante aplicado e a dispersão da luz visível dá um tom branco a pele que é considerada pouco estética (RIGEL; CARUCCI, 2000; LI *et al.*, 2019; SHETTY *et al.*, 2023).

Diante disso, considera-se o desenvolvimento de protetores solares eficazes e seguros, que apresentem amplo espectro, sendo capaz de fornecer proteção contra os comprimentos de onda das radiações UVA e UVB, sendo eficaz na prevenção ou redução dos efeitos adversos da exposição solar, incluindo eritema, envelhecimento da pele e câncer. Portanto, o objetivo do presente estudo é o delineamento de formulações contendo filtro físico, pelo método de emulsão espontânea, seguida da análise de caracterização da formulação que se apresentar mais estável, a fim de analisar, diâmetro médio, índice de polidispersão, fator de proteção solar e com aparência transparente ao espalhar na pele.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o delineamento e preparo da formulação foi utilizado dióxido de titânio micronizado (Êxodo Científica®) como filtro físico, óleo de macadâmia (Eco Care®), para fase oleosa, álcool cetosteárilico (Êxodo Científica®) como tensoativo de fase oleosa, silicone (Êxodo Científica®), como agente co-tensoativo de fase oleosa, Tween 20 (Êxodo Científica®) e Tween 80 (Êxodo Científica®) como tensoativos de fase oleosa, vitamina E (Êxodo Científica®) como antioxidante e glicerina (Êxodo Científica®) como tensoativo de fase aquosa.

2.1 DELINEAMENTO DA FORMULAÇÃO

Foi elaborado um delineamento experimental para a obtenção de fotoprotetor inorgânico pelo método de emulsificação espontânea descrito por Bouchemal *et al.* (2004). O delineamento foi obtido pela variação dos diversos componentes da formulação, como tensoativos, co-tensoativos da fase oleosa, partícula refletora e antioxidantes, de acordo com o que se encontra no Quadro 1. Foram elaboradas 6 protótipos de formulação a fim de obter uma formulação que apresentasse as características desejadas e delimitadas nos objetivos desse estudo.

Tanto os constituintes da fase aquosa, quanto os constituintes da fase oleosa foram aquecidos e mantidos a temperatura de 75 °C em chapa de aquecimento e agitação Fisaton®. A fase oleosa, foi vertida sobre a fase aquosa na velocidade de 1 gota/min, com auxílio de um equipo gravitacional macrogotas da marca BD®, à fase aquosa, sob manutenção da temperatura do sistema a 75°C sob agitação magnética até a completa formação da emulsão.

Quadro 1 – Delineamento experimental para nanofotoprotetor físico

Componente	Função	Quantidade %					
		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Fase oleosa							
Óleo de Macadâmia	Óleo	5	10	15	10	10	10
Álcool Ceto Estearílico	Tensoativo de fase oleosa	X	20	X	X	X	X
Silicone	Agente co-tensoativo	5	10	10	X	5	5
Tween 20	Tensoativo de fase oleosa	20	X	X	20	20	X
Tween 80	Tensoativo de fase oleosa	X	X	5	X	X	20
Vitamina E	Antioxidante/ reparador da pele	5	5	5	0,1	0,1	0,1
Fase aquosa		F1	F2	F3	F4	F5	F6
Etanol 99%	Solubilizante do TiO ₂	10	10	10	10	10	10
Dióxido de Titânio Micronizado	Partícula refletiva	0,5	0,5	5	2	2	2
Glicerina	Tensoativo de fase aquosa	10	10	10	10	10	10
Água	Veículo	qsp	qsp	qsp	qsp	qsp	qsp

Fonte: Elaborado pelos autores.

O sistema foi elaborado sob agitação magnética (5rpm), em chapa de aquecimento Fisaton®. Após a formação das emulsões, as dispersões coloidais resultantes foram mantidas sob agitação máxima (20rpm) por 24horas, sem aquecimento.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DAS NANOEMULSÕES

O tamanho médio e o índice de polidispersão a das nanoemulsões foram determinados por espectroscopia de correlação fotônica utilizando um Dynamic Light Scattering - Brookhaven 90 Plus®. As medidas foram realizadas a 25 °C após diluição de 1:10 das amostras em água ultrapura (Merck Millipore®). Cada análise teve duração de 120s e foi obtida um ângulo de detecção de 173° (WEI *et al.*, 2014).

2.3 MEDIDA DO FPS

Segundo Mansur *et al.* (1986), os testes para quantificação e determinação do FPS podem ser realizados *in vitro* com o auxílio de um espectrofotômetro. Na metodologia utilizada, os protetores solares foram diluídos em álcool na concentração de 0,2µ/ml, depois foram colocados no equipamento para realização da leitura. Para a determinação do FPS, foi utilizada a Equação a seguir (BENNETT; KHACHEMOUNE, 2022):

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

Onde:

FC = fator de correção (= 10);

EE(λ) = efeito eritematogênico da radiação solar em cada comprimento de onda (λ);

I(λ) = intensidade da radiação solar em cada comprimento de onda (λ);

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 OBTENÇÃO E PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

A partir do delineamento citado conforme o item 2.1, algumas formulações se destacaram como melhores no quesito: transparência na pele e propriedade fotoprotetora. A formulação denominada de F2 que continha álcool cetostearílico como tensoativo de fase oleosa, foi descartada pois sua consistência se apresentou extremamente líquida.

As formulações F3 e F6 foram descartadas por apresentarem características físicas com aparência cerosa, endurecida, com aspecto mais característico de creme do que emulsão, e ao espalhamento sob a pele apresentaram aspecto esbranquiçado, opaco e pálido.

A formulação F5 apresentou-se mais espessa durante o processo e se apresentou instável, separando fases após 24 horas de agitação.

As formulações que mais se destacaram foram as fórmulas F1 e F4 apresentaram-se estáveis termodinamicamente, sem a separação de fases, e transparentes ao passar sob a pele, adequadas para a continuidade das análises, portanto a discussão a seguir será dos resultados obtidos apenas nas formulações F1 e F4, por serem as que se mantiveram estáveis e não foram descartadas.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA COMO NANOEMULSÃO

O método de obtenção das NE pela técnica de emulsificação espontânea, consiste no preparo de uma fase orgânica composta de óleo, tensoativo lipofílico e um solvente orgânico miscível em água. A fase aquosa é formada por água e um co-tensoativo hidrofílico. A fase orgânica é, então, adicionada na fase aquosa sob agitação magnética. Utilizando esta técnica, uma emulsão submétrica óleo em água (O/A) é formada instantaneamente com a rápida difusão do solvente orgânico na fase externa aquosa. A agitação magnética foi mantida durante 24 horas para permitir que o sistema atinja o equilíbrio (BOUCHEMAL *et al.*, 2004).

As nanoemulsões mostraram-se com uma coloração leitosa, mostrando-se características de NE, que podem ser leitosas ou mesmo translúcidas. O diâmetro médio das partículas obtidas pelo processo de nanoemulsão de TiO₂ (Tabela 2) obtidas, analisado por DLS foi de 392 ± 5,14 nm, para a F1

e $273 \pm 4,89$ nm para a F4, considerado um diâmetro adequado para a manutenção da capacidade reflectiva da partícula de TiO_2 . O índice de polidispersão das partículas obtidas cujas formulações apresentaram maior eficiência, sendo elas, F1 e F4, foi de $0,27 \pm 0,02$, e $0,25 \pm 0,12$, respectivamente. apresentando-se dentro dos valores desejados os quais variam entre 0,1 e 0,3 (PATRAVALE et al., 2004). Esse valor indica estreita distribuição no diâmetro das partículas, embora o perfil de distribuição das partículas apresente característica bimodal.

Arianto e Cindy (2019) obtiveram resultado semelhante na formulação de fotoprotetores nanoemulsionados de óleo de girassol, obtendo-se formulações com diâmetro médio de 124,47 - 571,95nm, com variação de tensoativo de fase oleosa (Tween 80).

3.3 CONFIRMAÇÃO DO FATOR DE PROTEÇÃO SOLAR (FPS) *IN VITRO* DAS FORMULAÇÕES

Em relação à determinação da atividade fotoprotetora, o método *in vitro* de análise espectrofotométricas de soluções diluídas, adaptado de Mansur *et al.* (1986), apresenta-se como uma alternativa para os métodos *in vivo* por ser rápido, eficaz, de baixo custo e apresentar uma boa correlação com métodos *in vivo*. Este método é utilizado para avaliar o FPS de formulações em desenvolvimento, bem como no controle de qualidade lote a lote de cosméticos antissolares (LI *et al.*, 2019; BENNETT; KHACHEMOUNE, 2022), justificando dessa forma a opção por esse método. Outro método para determinação de fator de proteção solar, poderia se a espectroscopia fotoacústica (MASCARELLO *et al.*, 2019).

No entanto, ainda se trata de um ensaio novo, que necessito de maiores correlações por ainda se apresentar muito variável. A opção pelo teste espectrofotométrico mais antigo se deu por conta de ser um método bem utilizado e descrito na literatura, e por apresentar vantagens econômicas por meio de ganho de tempo no desenvolvimento e também menor custo em relação aos testes *in vivo* exigidos pelas agências reguladoras. Os valores obtidos de FPS calculado à partir da Equação 1 são apresentados na Tabela 2.

O valor FPS obtido no presente trabalho foi maior que o encontrado no trabalho de Arianto e Cindy (2019), sendo que esses encontraram que o FPS de todas as nanoemulsões preparadas foi superior à da emulsão. Justifica-se o elevado valor de FPS no presente trabalho, uma vez que há a presença de partícula inorgânica reflectiva, além disso, a preparação da nanoemulsão apresenta glóbulo menor que a emulsão, então eles absorvem mais luz ultravioleta que resulta em valores mais elevados de FPS.

Tabela 2 – Valor de FPS calculado pelo método espectrofotométrico em varredura 290-320 nm (região de absorção dos raios UV) das amostras de protetores solares em nanoemulsão com variação da concentração de TiO₂

FORMULAÇÃO	% TiO ₂	FPS	Diâmetro médio (nm)	PDI
F1	0,5	19	392 ± 5,14	0,27 ± 0,02
F2	0,5	7	Descartada/ aspecto líquido	
F3	5	26	Descartada/ aspecto ceroso/ aspecto esbranquiçado	
F4	2	28	273 ± 4,89	0,25 ± 0,12
F5	2	-	376 ± 6,82	0,28 ± 0,21
F6	0,5	28	Descartada/ aspecto ceroso/ aspecto esbranquiçado	

Fonte: Dados da pesquisa.

Em outro estudo de Arianto *et al.* (2019), o valor de FPS encontrado foi semelhante ao obtido no presente trabalho, e o tamanho da partícula obtida foi menor. No entanto, há variações na fase oleosa e a inclusão de moléculas orgânicas de proteção solar.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante o presente estudo, observou-se que foi possível desenvolver um filtro solar físico, isento de produtos orgânicos instáveis e com potencial afessor para a saúde e meio ambiente. Espectrofotometricamente a proteção solar carregada pela formulação F4, foi elevada (28), sem contudo, deixar a pele com o aspecto opaco e pálido, que é um dos maiores problemas associados a protetores solares reflectivos, também denominados físicos, conforme citado anteriormente. Além de ficar transparente na pele, a quantidade de TiO₂ é menor que as concentrações usadas em protetores solares convencionais, proporcionando maior aceitabilidade das indústrias, decorrente da quantidade de matéria prima utilizada na formulação. Sendo assim, a presente nanoemulsão, demonstrou aspectos promissores, além do esperado. Podendo ser um estímulo para exploração cosmética na área dos foto protetores.

REFERENCIAS

Ahmed, B. *et al.* Malignant melanoma: skin cancer-diagnosis, prevention, and treatment. **Crit Rev Eukaryot Gene Expr**, v. 30, n. 4, p. 291-297, 2020.

Aldahan, A. S. *et al.* The history of sunscreen. **JAMA Dermatol.** v. 151, n. 12, p. 1316-1316, 2015.

ALFREDSSON, L.A.B.K. *et al.* Insufficient Sun exposure has become a real public health problem. **Int J Environ Res Public Health**, v. 13, n. 17, 2020.

ARIANTO, A.; CINDY, C. Preparation and evaluation of sunflower oil nanoemulsion as a sunscreen. **Open Access Maced J Med Sci.**, v. 7, n. 22, p. 3757-3761, 2019.

Arianto, A. *et al.* Preparation and evaluation of sunscreen nanoemulsions with synergistic efficacy on SPF by combination of soybean oil, avobenzone, and octyl methoxycinnamate. **Open Access Maced J Med Sci.**, v. 7, n. 17, p. 2751-2756, 2019.

Battistin, M. *et al.* A new approach to UV protection by direct surface functionalization of TiO₂ with the antioxidant polyphenol dihydroxyphenyl benzimidazole carboxylic acid. **Nanomaterials**, v. 10, n. 2, e231, 2020.

Bennett, S. L.; Khachemoune, A. *et al.* Dispelling myths about sunscreen. **J Dermatolog Treat**, v. 33, n. 2, p. 666-670, 2022.

Bouchemal, K. *et al.* Nano-emulsion formulation using spontaneous emulsification: solvent, oil and surfactant optimization. **Int J Pharm**, v. 6, n. 280, p. 241-251, 2004.

DiNardo, J.C.; DOWNS, C.A. Dermatological and environmental toxicological impact of the sunscreen ingredient oxybenzone/benzophenone-3. **J Cosmet Dermatol**, v. 17, n. 1, p. 15-19, 2018.

EKSTEIN, S. F.; HYLWA, S. Sunscreens: a review of UV filters and their allergic potential. **Dermatitis**, v. 34, n. 3, p. 176-190, 2023.

HE, H. *et al.* Natural components in sunscreens: Topical formulations with sun protection factor (SPF). **Biomed Pharmacother**, v. 134, e111161, 2021.

Henderson, S. I. *et al.* Effectiveness, compliance and application of sunscreen for solar ultraviolet radiation protection in Australia. **Public Health Res Pract**, v. 32, n. 1, 2022.

JULIAN, A. K. *et al.* Sun protection behavior: health impact, prevalence, correlates and interventions. **Psychol Health**, v. 38, n. 6, p. 701-725, 2023.

Leiter, U. *et al.* Epidemiology of skin cancer: update 2019. **Adv Exp Med Biol**, v. 1268, p. 123-139, 2020.

LI, H. *et al.* Sunscreen application, safety, and sun protection: the evidence. **J Cutan Med Surg.** v. 23, p. 4, p. 357-369, 2019.

MA, Y; YOO, J. History of sunscreen: an updated view. **J Cosmet Dermatol.**, v. 20, n. 4, p. 1044-1049, 2021.

MANSUR, J. S. *et al.* Determinação do fator de proteção solar por espectrofotometria. **An Bras Dermatol**, v. 61, n. 167, p. 121-124, 1986.

McDonald, K. A. *et al.* Review on photoprotection: a clinician's guide to the ingredients, characteristics, adverse effects, and disease-specific benefits of chemical and physical sunscreen compounds. **Arch Dermatol Res**, v. 315, n. 4, p. 735-749, 2023.

MASCARELLO, A.F. *et al.* Análise de formulação, FPS e espectro fotoacústico de protetores solares de diferentes fabricantes. **Rev Eletr Farm**, v. 16, n. E, p. 1-5, 2019. 21ref.v16.50596

PATRAVALE, V. B. Nanosuspensions: a promising drug delivery strategy. **J Pharm Pharmacol**, v. 56, n. 7, p. 827-840, 2004.

PEREZ, M. *et al.* Skin cancer: primary, secondary, and tertiary prevention. Part I. **J Am Acad Dermatol**, v. 87, n. 2, p. 255-268, 2022.

Pilarski, R. *et al.* *BAP1* Tumor Predisposition Syndrome Oct 13 2016 [updated 2022 Mar 24]. In: ADAM, M. P. *et al.* (ed.). **Gene Reviews**[®] [Internet]. Seattle (WA): University of Washington. 1993-2024. 2016

Rigel, D.S.; Carucci, J.A. Malignant melanoma: prevention, early detection, and treatment in the 21st century. **CA Cancer J Clin.**, v. 50, n. 4, p. 215-236, 2000.

SALMINEN, A. *et al.* Photoaging: UV radiation-induced inflammation and immunosuppression accelerate the aging process in the skin. **Inflamm Res**, v. 71, n. 7-8, p. 817-831, 2022.

SCHALKA, S.; REIS, V.M.S. Sun protection factor: meaning and controversies. **An Bras Dermatol**, v. 86, n. 3, p. 507-515, 2011

Schneider, S. L.; LIM, H.W. Review of environmental effects of oxybenzone and other sunscreen active ingredients. **J Am Acad Dermatol**, v. 80, n. 1, p. 266-271, 2019. DOI: 10.1016/j.jaad.2018.06.033.

SHETTY, N.; SCHALKA, S.; LIM, H. W.; MOHAMMAD, T. F. The effects of UV filters on health and the environment. **Photochem Photobiol Sci**, v. 22, n. 10, p. 2463-2471, 2023. DOI: 10.1007/s43630-023-00446-w.

Tuchayi, S.M. Sunscreens: misconceptions and misinformation. **J Invest Dermatol**, v. 143, n. 8, p. 1406-1411, 2023.

WEI, Y. *et al.* Sustained release and enhanced bioavailability, of injectable scutellarin-loaded bovine serum albumine nanoparticles. **Int J Pharmac**, v. 476, p. 142-148, 2014.

Recebido em: 8 de Fevereiro de 2024

Avaliado em: 3 de Março de 2024

Aceito em: 9 de Junho de 2024



A autenticidade desse artigo pode ser conferida no site <https://periodicos.set.edu.br>

1 Farmacêutica. Centro Universitário Guairacá, UniGuairacá, Guarapuava, PR, Brasil. E-mail: mkternouski@gmail.com

2 Graduado em Educação Física, Mestre em Educação Física. Centro Universitário Guairacá, UniGuairacá, Guarapuava, PR, Brasil. E-mail: marc_edfisica@yahoo.com.br

3 Fisioterapeuta, Doutora em Educação Física. Centro Universitário Guairacá, UniGuairacá, Guarapuava, PR, Brasil. E-mail: hilana_@hotmail.com

4 Farmacêutico, Doutor em Química. Centro Universitário Guairacá, UniGuairacá, Guarapuava, PR, Brasil. E-mail: daniel.ludwig@uniguairaca.edu.br

5 Farmacêutica, Doutora em Desenvolvimento Comunitário. Departamento de Farmácia, Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (Unicentro) - Campus Cedeteg, Guarapuava, PR, Brasil. E-mail: bmpaz@unicentro.br

6 Graduada em Farmácia e Bioquímica, Doutora em Química. Centro Universitário Guairacá, UniGuairacá, Guarapuava, PR, Brasil. E-mail: luciana@uniguairaca.edu.br

Copyright (c) 2024 Revista Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente



Este trabalho está licenciado sob uma licença Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

