

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
ENGENHARIA DE MATERIAIS**

Joneuso Tércio Cavalcanti da Costa

**PREPARAÇÃO DE PROTETORES SOLARES COM ARGILA: ANÁLISE DA
EFICÁCIA *IN VITRO* DA PROPRIEDADE FOTOPROTETORA**

Campina Grande - PB

2015

Joneuso Tércio Cavalcanti da Costa

**PREPARAÇÃO DE PROTETORES SOLARES COM ARGILA: ANÁLISE DA
EFICÁCIA *IN VITRO* DA PROPRIEDADE FOTOPROTETORA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais como requisito parcial à obtenção do título de **Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais**.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Suédina Maria de Lima Silva

Campina Grande - PB

2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

C837p Costa, Joneuso Tércio Cavalcanti da.
Preparação de protetores solares com argila: análise da
eficácia *in vitro* da propriedade fotoprotetora / Joneuso Tércio
Cavalcanti da Costa. – Campina Grande, 2015.
83 f. : il. Color.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais)
– Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e
Tecnologia, 2015.

"Orientação: Prof^a. Dr^a. Suédina Maria de Lima Silva".
Referências.

1. Protetores Solares. 2. Silicatos em Camadas. 3. Fator de
Proteção Solar (FPS). 4. Avaliação *In Vitro*. 5. Espectrofotometria.
I. Silva, Suédina Maria de Lima. II. Título.

CDU 62:614.898(043)

VITAE DO CANDIDATO

FORMAÇÃO ACADÊMICA

- Graduação em Letras Pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Guarabira, 1980.
- Graduação em Fisioterapia pela Universidade Regional do Nordeste, 1983.
- Graduação em Medicina pela Universidade Federal da Paraíba, 1992.
- Especialização em Medicina do Trabalho pela Universidade Estácio de Sá, 2005.

ATUAÇÃO PROFISSIONAL

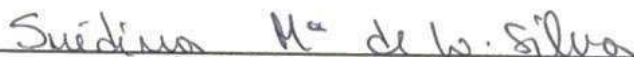
- Professor da Disciplina de Medicina Forense da Universidade Estadual da Paraíba, Curso de Direito.
- Médico Concursado da Prefeitura Municipal de Guarabira.
- Médico e diretor clínico da Fisioclin- Clínica de Fisioterapia e Medicina Física.
- Médico do Trabalho da Guaraves - Guarabira Aves Ltda.

Joneuso Tércio Cavalcanti da Costa

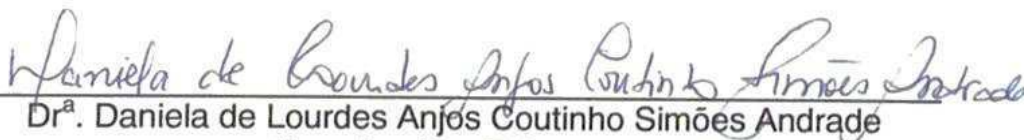
**PREPARAÇÃO DE PROTETORES SOLARES COM ARGILA: ANÁLISE DA
EFICÁCIA *IN VITRO* DA PROPRIEDADE FOTOPROTETORA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais como requisito parcial à obtenção do título de **Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais**.

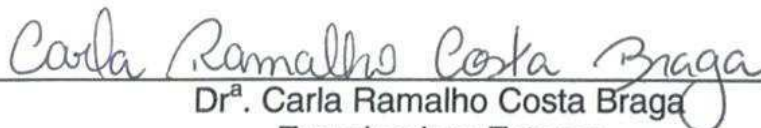
Aprovado em: 27/08/2015



Dr^a. Suédina Maria de Lima Silva
Orientadora
PPG-CEMat/UAEM/UFCG



Dr^a. Daniela de Lourdes Anjos Coutinho Simões Andrade
Examinadora Externa
UFCG



Dr^a. Carla Ramalho Costa Braga
Examinadora Externa
UFCG

*Com muito amor e profunda gratidão a Deus, Criador do Universo, pela força e coragem ao longo dessa caminhada. Sem o apoio Divino nada seria, nada poderia, nada aconteceria, pois foi Ele quem me conferiu espírito realizador. À minha amada esposa Almaisa, pela ajuda incansável em todos os momentos das nossas vidas. **DEDICO.***

AGRADECIMENTOS

À UFCG - Universidade Federal de Campina Grande - especialmente à Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais, que através do professor e cientista de materiais o Dr. Marcus Vinícius Lia Fook, abriu as portas do conhecimento para que médicos tivessem a oportunidade de conhecer a importância dos biomateriais no desenvolvimento tecnológico e aplicabilidade humana. Muito obrigado.

À Professora Dra. Suédina Maria de Lima Silva, pela orientação, pelo conhecimento científico que possui e, sobretudo pela solicitude, adjetivo incomensurável, marca irrefutável de sua personalidade. Muito obrigado.

Aos funcionários anônimos dos laboratórios da UFCG e aos pesquisadores que sempre atenderam nossas solicitações em dispor os equipamentos para testes. Em nome deles agradeço à Rafaela Rezende, aluna da graduação de Engenharia de Materiais. Muito obrigado.

Às farmácias de manipulação, que manipularam e forneceram as formulações dos protetores solares, na pessoa da farmacêutica Dra. Gislaine Gomes de Almeida. Muito Obrigado.

Às professoras componentes da Banca, pela orientação e correção do trabalho monográfico, nas pessoas das professoras Dra. Daniela de Lourdes A.C.S. Andrade e Dra. Carla Ramalho Costa Braga. Muito obrigado.

RESUMO

As radiações não ionizantes (UV-A; UV-B e UV-C) do espectro eletromagnético do sol causam doenças aos seres humanos e precisam ser evitadas. O uso adequado do protetor solar minimiza tal risco. Atualmente, a tendência é introduzir materiais naturais, orgânicos ou inorgânicos, na composição dos protetores solares (fotoprotetores), no afã de neutralizar possíveis efeitos colaterais dos materiais sintéticos. Estudos mostraram que argilas (silicatos em camadas) incorporadas aos protetores solares podem bloquear radiação ultravioleta no comprimento de onda entre 250 a 400 nm dependendo da composição da argila. Acompanhando essa linha norteadora é que se baseou a elaboração deste trabalho onde duas argilas foram empregadas na preparação de fotoprotetores e aferida a eficácia em laboratório da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) através da avaliação *in vitro* por espectrofotometria. As argilas testadas foram a montmorilonita sódica comercial (Cloisite® Na⁺) e a bentonítica Argel 35. As formulações foram preparadas em três farmácias de manipulação, em três cidades diferentes, Guarabira, João Pessoa e Campina Grande, no Estado da Paraíba. O método escolhido para avaliação do Fator de Proteção Solar (FPS) foi o método *in vitro* desenvolvido por Mansur em virtude da ótima correlação com método *in vivo*, além de apresentar outras vantagens a exemplo do baixo custo e o de se evitar exposição do ser humano a experimentos que possam causar danos à saúde. Antes de avaliar o FPS das formulações preparadas com as argilas foi feita a avaliação do FPS de protetores solares comerciais e foi confirmado que o método *in vitro* utilizado foi adequado na determinação do FPS de protetores solares. A introdução de argilas na composição dos protetores solares, como materiais naturais, em substituição ao material sintético TiO₂ foi eficaz, especialmente para a argila bentonita Argel. A legitimidade em se estudar o efeito fotoprotetor dos materiais argilosos na composição dos protetores solares é justificada por grande relevância social, posto que são de baixo custo, e ainda por serem encontradas com facilidade na natureza

Palavras-chave: Protetores solares. Silicatos em Camadas. Fator de proteção solar (FPS). Avaliação *in vitro*. Espectrofotometria.

ABSTRACT

Non-ionizing radiation (UV-A, UV-B and UV-C) of the sun's electromagnetic spectrum cause diseases to human and must be avoided. The proper use of sunscreen minimizes this problem. Currently, the trend is to introduce natural materials, organic or inorganic, in the composition of sunscreens, in order to neutralize possible side effects of synthetic materials. Studies have shown that clays (layered silicates) incorporated in sunscreens can block ultraviolet radiation in 250 to 400 nm wavelength range depending on the clay composition. Following this guideline, in this work, two clays were used in the preparation of sunscreen and its effectiveness was determined at Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) laboratory through in vitro evaluation by spectrophotometry. The clays tested were Cloisite® Na⁺ sodium montmorillonite and Argel 35 bentonite. The formulations were prepared in pharmacies in three different cities, Guarabira, Joao Pessoa and Campina Grande, in Paraíba state. The method chosen to evaluate the Sun Protection Factor (SPF) was in vitro method, developed by Mansur, due to the excellent correlation with in vivo method. Besides, there are other advantages like low cost and less damage to health since the volunteer is not exposed to the experiments. Before the evaluation of SPF of prepared formulations with the clay, the SPF of commercial sunscreens was determined and it was confirmed that the in vitro method was proper to define sunscreen SPF. The introduction of clay in the sunscreens composition, as natural materials, replacing TiO₂ synthetic material was effective, especially for Argel bentonite clay. The legitimacy of studying the photoprotective effect of clay materials in the composition of sunscreens is justified by great social relevance, since they are inexpensive and found easily in nature.

Keywords: Sunscreens. Layered silicates. Sun protection factor (SPF). In vitro evaluation. Spectrophotometry.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1	Radiação Eletromagnética.....	13
2.1.1	Radiação Solar.....	14
2.1.2	Radiação Ultravioleta (UV).....	14
2.2	Protetores Solares	15
2.2.1	Veículos.....	15
2.2.2	Filtros.....	16
2.2.2.1	Filtros Orgânicos.....	17
2.2.2.2	Filtros Inorgânicos.....	20
2.2.2.3	Filtros de Origem Natural.....	23
2.3	Sistemas Naturais de Proteção à Radiação UV	26
2.4	Eficácia e Segurança de Fotoprotetores	28
2.4.1	Determinação do Fator de Proteção Solar (FPS).....	29
2.4.1.1	Método <i>In Vivo</i>	30
2.4.1.2	Método <i>In Vitro</i>	30
2.5	Protetor Solar e Saúde do Trabalhador.....	31
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
3.1	Materiais.....	36
3.2	Metodologia	38
3.2.1	Preparação das Formulações dos Protetores Solares	38
3.2.2	Determinação do Fator de Proteção Solar (FPS) <i>in vitro</i>	38
3.2.3	Preparação da Solução.....	39
3.2.4	Análise no Espectrofotômetro	40
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
5	CONCLUSÕES.....	60
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62

INTRODUÇÃO

É do domínio científico que a radiação não ionizante ultravioleta do espectro eletromagnético contida nos raios solares é deletéria para a saúde humana, podendo causar desde eritema, estresse oxidativo, inflamação, imunossupressão, xerodermia e envelhecimento precoce da pele até o temível melanoma, tipo agressivo de câncer de pele com mutação genética do DNA. Esta radiação possui comprimento de onda que varia entre 400 a 100nm. Evidências mostram que o uso adequado do protetor solar (fotoprotetor) reduz o risco de doenças de pele ocasionadas pela radiação ultravioleta (Hoang-Minh *et al.*, 2010).

Mesmo existindo ondas ultravioleta longas UVA (400-320nm); médias UVB (320-280nm) e curtas UVC (280 a 100nm), as mais estudadas em virtude da ação sobre a saúde humana são as primeiras, UVA e UVB, pois a terceira UVC tem seu efeito anulado na atmosfera pela camada de ozônio. A radiação UVA em geral causa envelhecimento da pele, eritema e queimadura (Bissett *et al.*, 1989). Já a radiação UVB, a mais temida, pode provocar alterações no DNA humano e consequentemente câncer de pele (Diffey, 2002).

Não é verdade que as radiações solares sejam apenas danosas à vida em nosso planeta. Elas são necessárias à síntese de matéria orgânica para os vegetais na fotossíntese, essenciais para a saúde e bem estar dos seres humanos, além de imprescindíveis para a manutenção da vida na terra (Flor *et al.*, 2007). Paradoxalmente, a exposição solar pode trazer efeitos nocivos para o homem, a exemplo do câncer de pele, considerado o tipo que mais cresce dentre todos no Brasil, segundo dados do INCA (Instituto Nacional do Câncer) (Munhoz *et al.*, 2012).

Por todo o exposto urge o entendimento da importância do uso dos protetores solares na redução dos efeitos danosos à saúde humana advindos da exposição aos raios ultravioleta do sol (El-Boury *et al.*, 2007; Said *et al.*, 2007).

Mas o que são e como atuam os protetores solares? São materiais empregados com a intenção maior de evitar ou reduzir os efeitos deletérios da radiação ultravioleta sobre a saúde humana (Balogh *et al.*, 2011). Para que sejam eficazes precisam atuar na faixa da radiação UVA e UVB (de 400 a 280 nm), absorvendo, refletindo ou dispersando energia da radiação do sol (Schalka e Dos Reis, 2011).

A maioria dos protetores solares comerciais possuem em sua composição os filtros químicos, ou orgânicos, e os físicos, ou inorgânicos. Os orgânicos são os compostos aromáticos com grupos carboxílicos. Os inorgânicos apresentam em sua composição os óxidos metálicos, geralmente dióxido de titânio e/ou o óxido de zinco. Os filtros inorgânicos são preferíveis em relação aos orgânicos, sobretudo para uso em crianças e para pessoas susceptíveis a doenças alérgicas, por serem mais fotoestáveis e não causarem alergias. No afã de aumentar o efeito de fotoproteção, os protetores solares modernos possuem combinação de filtros químicos e físicos (Masson, P e Scotti, L, 2003b).

No sentido de se alcançar formulações de fotoprotetores de amplo espectro, que promovam fotoproteção UVA e UVB, além de minimizar seus efeitos prejudiciais à saúde humana, novos estudos estão sendo realizados (Balogh, et al., 2011). Nesta evolução, ao longo do tempo, pesquisas têm sido conduzidas visando substituir os materiais sintéticos incorporados aos protetores solares por materiais naturais, a exemplo das argilas, em vários tipos de produtos cosméticos e farmacêuticos. Um dos componentes a serem substituídos seria o TiO_2 por seu possível efeito fotocatalítico (Carretero, 2002). Inicialmente considerou-se que as argilas serviam apenas como agentes carreadores (Hoyo *et al.*, 1998; Vicente e Rives, 2001). Contudo, Hoang-Minh *et al.* (2010) mostraram que a argila esmectita (mica) além do mineral rico em argila caulinita (caulim), incorporados em cremes para protetores solares, bloquearam a radiação ultravioleta (UV) na faixa de comprimento de onda entre 400 a 250 nm e que a quantidade de ferro presente nos minerais influenciou as propriedades de proteção-UV; quanto maior a quantidade de ferro menor o nível de transmissão UV. Entretanto, em face da forte coloração, as argilas ferrosas são inadequadas para a produção comercial de protetores solares, necessitando de maiores estudos que possam corrigir tal limitação (Hoang-Minh et al., 2010). Por tal razão, outras argilas, ou misturas de argilas, devem ser testadas com vista às suas aplicações como agentes de proteção UV.

Com o intuito de se evitar efeitos que possam trazer danos à saúde humana, hodiernamente há uma tendência de se substituírem materiais sintéticos por materiais naturais nos produtos cosméticos e terapêuticos (Carretero, 2002). Acompanhando essa linha norteadora é que se baseia a elaboração deste trabalho que introduz 02 (dois) tipos de argilas na composição de fotoprotetores produzidos

em farmácia de manipulação e aferidos quanto ao seu potencial de neutralizar a radiação não ionizante ultravioleta em laboratório da UFCG (Universidade Federal de Campina Grande) através da avaliação *in vitro* pela equação de MANSUR (Mansur, *et al.*, 1986a). Pelo seu discutível efeito fotocatalítico, o TiO_2 utilizado largamente como filtro físico, na composição dos fotoprotetores, seria um dos componentes a serem substituídos (Hoang-Minh *et al.*, 2010).

Ainda são escassos os trabalhos científicos publicados que estudam a utilização de materiais argilosos na composição dos fotoprotetores. Por esta razão é importante exortar quanto à necessidade de que outros estudos possam advir neste sentido, pois a substituição de materiais sintéticos por materiais naturais além de uma tendência moderna e universal se reveste de grande relevância social uma vez que os materiais argilosos são naturais, de baixo custo e são encontrados com facilidade na natureza.

Com base no exposto, o objetivo deste trabalho foi introduzir argilas na composição de protetores solares, confeccionados em farmácia de manipulação, na tentativa de substituir o dióxido de titânio TiO_2 , filtro físico comumente empregado nas formulações de protetores solares, material sintético, por materiais naturais e avaliar os resultados de possível fotoproteção UVA/UVB através do método *in vitro* espectrofotométrico (por dissolução).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Radiação Eletromagnética

O espectro eletromagnético é constituído pelo conjunto de todas as fontes eletromagnéticas de todos os comprimentos de onda tais como radiação solar, ondas de rádio, raios infravermelhos, luz visível, luz ultravioleta, raios x, raios gama e raios cósmicos (Coelho, 2005).

Graças à camada de ozônio, não são todas as radiações do espectro eletromagnético solar que atingem a terra. Das que atingem nosso planeta há gradações em percentuais. A radiação ultravioleta com 5%, a luz visível com 45% e os raios infravermelho, em forma de calor com 50% são as formas de energia que conseguem atingir a superfície terrestre. O restante dessa radiação é bloqueada pela camada de ozônio (Teixeira, 2012a). A Figura 1 mostra um espectro eletromagnético que vai das ondas de rádio até os raios gama.

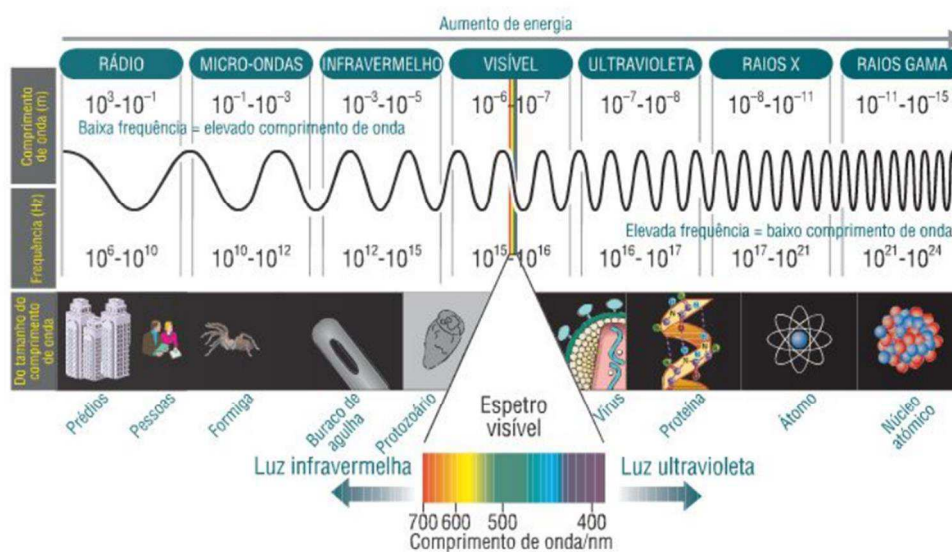


Figura 1 - Espectro eletromagnético (De Lima, 2013).

1.1.1 Radiação Solar

A radiação solar é abrangente e se constitui desde as ondas de rádio, que são longas, até os raios cósmicos de ondas curtas. A luz infravermelha vai de 1700 a 800 nm, que transmite calor à pele; a luz visível de 800 a 400 nm que permite distinguir as cores do espectro solar; e a radiação Ultravioleta de 400 a 100 nm (De Araújo e De Souza, 2008a).

Contudo, se considerarmos a capacidade de ionização atômica, distinguem-se as radiações em dois grandes grupos: radiação ionizante e a radiação não ionizante (Purim e Leite, 2010). As radiações ionizantes são constituídas pelos raios cósmicos, os raios gama e os raios x. Tais radiações são incompatíveis com a vida em nosso Planeta devido à potência e ação extremamente deletérias à saúde humana. Já no que concerne à radiação não ionizante há três regiões que são a luz visível a ultravioleta e a região do infravermelho (Chorilli *et al.*, 2007).

1.1.2 Radiação Ultravioleta (UV)

A radiação ultravioleta pode ser dividida, para fins de compreensão, em UVA (de 400 a 320 nm), UVB (de 320 a 280 nm) e UVC (de 280 a 100 nm). No espectro solar o comprimento de onda é inversamente proporcional à energia que emite. Assim, a radiação UVC tem, entre as radiações ultravioleta, o menor comprimento de onda e a maior energia irradiada. Por esta razão seria a mais lesiva se não fosse a camada de ozônio que ainda funciona como barreira natural protetora, absorvendo a maior parte de sua radiação. Ainda considerando a capacidade de energia que emite, tem-se a radiação UVB, que é a maior responsável pelas ações deletérias à saúde humana, inclusive podendo provocar desde eritema (vermelhidão) (Figura 2) até o temido câncer de pele. As radiações UVA têm um maior comprimento de onda em relação à UVB e por isso mesmo uma menor energia. Apresentam 600 a 1000 vezes menor possibilidade de formar eritema na pele. Ainda assim não são inócuas uma vez que podem contribuir direta e indiretamente com o envelhecimento precoce da pele e até predispor ao surgimento do câncer de pele (De Araújo e De Souza, 2008a).



Figura 2 - Imagem que mostra o eritema solar - a formação do eritema cutâneo (Teixeira, 2012a).

1.2 Protetores Solares

Os protetores solares (fotoprotetores) incluem em sua composição dois componentes básicos: os veículos, que podem ser na forma de loções, géis, emulsões e aerossóis e os filtros, que podem ser orgânicos (químicos) ou inorgânicos (físicos). Os protetores solares têm a função de proteger a pele da radiação ultravioleta, além de converter sua energia em uma energia que não seja prejudicial à pele (De Araújo e De Souza, 2008b). Inicialmente os protetores solares foram desenvolvidos para proteger a pele contra queimaduras solares, o que corresponde à proteção aos efeitos causados pela radiação UVB, tornando-os ineficientes quanto a proteção à radiação UVA. Com o acréscimo no número de informações a respeito da radiação UVA, notou-se que a pele necessitaria de proteção em toda a faixa UVA/UVB. Portanto, um protetor solar eficiente deve proteger a pele dos danos causados por ambas as radiações (Flor *et al.*, 2007).

1.2.1 Veículos

Conforme descrito anteriormente, os veículos empregados nas formulações de protetores solares podem ser na forma de loções, géis, emulsões e aerossóis. As loções são compostas basicamente de água e álcool (hidro alcoólicas), têm como principal característica o ótimo espalhamento na pele devido a rápida evaporação do solvente. Entretanto, devido à presença do álcool etílico, seu uso gera alguns

questionamentos como o efeito insalubre deste sobre a pele e os baixos níveis de proteção obtidos em fotoprotetores que o usam como veículo (Flor *et al.*, 2007).

Os géis podem ser do tipo hidrogeles, geles hidroalcoolicos, oleogeles e gel-creme, são obtidos através de um espessante hidrofílico e apresentam uma grande aceitabilidade cosmética. De acordo com a literatura (Flor *et al.*, 2007), os hidrogeles e os geles hidroalcoólicos apresentam uma fácil aplicação, além disso, deixam sobre a pele um filme seco e transparente. Por outro lado, os oleogeles formam um filme espesso na pele o que confere uma boa resistência à água. Já o gel-creme contém um baixo conteúdo oleoso e uma elevada percentagem de fase aquosa, tornando-o apropriado para pessoas com pele oleosa e com acne recorrente.

As emulsões são o tipo de veículo que confere maior proteção. Aquelas do tipo água/óleo (A/O) apresentam apenas o componente apolar, ou seja, filtros solares lipofílicos que tornam o produto mais oleoso, fazendo com que estes permaneçam mais tempo sobre a pele, porém podem trazer desconforto para o usuário devido a essa oleosidade. Já as emulsões óleo/água (O/A) possibilitam a adição de filtros hidrofílicos que atuam de forma sinérgica com os filtros lipofílicos, tornando esse tipo de emulsão a mais usada nos últimos anos (Milesi e Guterres, 2002).

Os aerossóis têm tido um elevado crescimento em sua utilização nos últimos anos. Isso é devido à adição de filtros inorgânicos micronizados e de filtros orgânicos em sistemas de vesículas com a utilização da nanotecnologia. No entanto, uma limitação no uso deste tipo de veículo é o fato da aplicação do protetor solar não ocorrer de maneira uniforme o que pode comprometer a proteção do indivíduo (Flor *et al.*, 2007).

1.2.2 Filtros

Antes, a classificação dos filtros solares, quanto aos seus agentes, se dava como químicos e físicos. Atualmente fala-se em filtros orgânicos ou químicos e inorgânicos ou físicos (Kullavanijaya e Lim, 2005). De forma geral os agentes químicos absorvem enquanto os físicos refletem e dispersam a radiação. Contudo, há compostos orgânicos que também refletem energia (Flor *et al.*, 2007). Assim, os filtros solares são moléculas ou complexos moleculares que podem atuar

absorvendo, refletindo ou dispersando a radiação ultravioleta. Segundo definição do Instituto Nacional do Câncer (INCA), os filtros solares são preparações de uso tópico que minimizam os efeitos deletérios causados pela radiação ultravioleta (Ribeiro, 2004; Balogh *et al.*, 2011).

1.2.2.1 Filtros Orgânicos

Os filtros orgânicos ou químicos apresentam uma estrutura com compostos aromáticos conjugados com grupos carboxílicos (Figura 3a). Estes compostos aromáticos absorvem a radiação UV, que possui uma alta energia, entra em um estado de ressonância e ao voltar a sua forma original libera a energia absorvida em uma energia com menor comprimento de onda, ou seja, menos energética. Os anéis aromáticos (benzênicos) são os mais usuais e contem pelo menos dois grupos substituintes, sendo um doador e outro receptor de elétrons, que se encontram nas posições *orto* ou *para* do anel aromático, conforme mostrado na Figura 3b (Da Silva Cabral *et al.*, 2011b; Do Nascimento *et al.*, 2013).

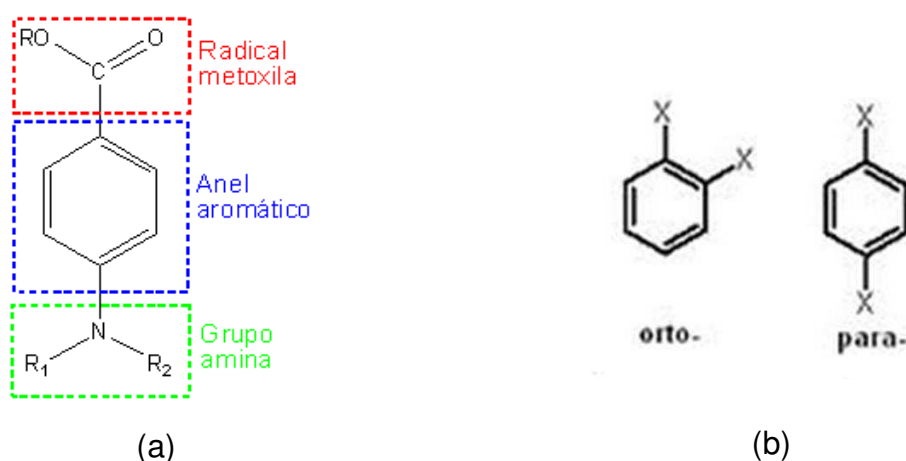
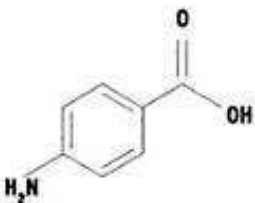
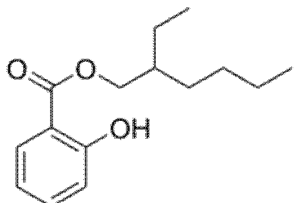
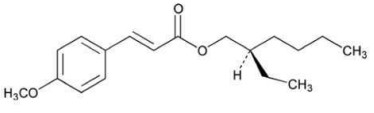


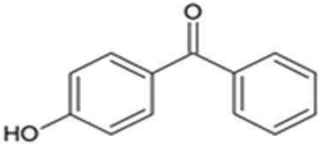
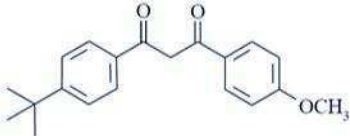
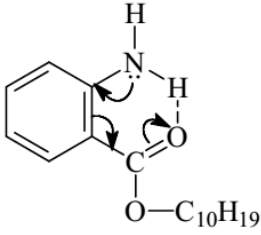
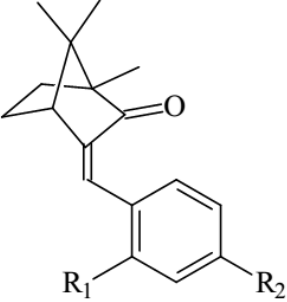
Figura 3 - Representação esquemática de uma molécula de filtro solar orgânico (a) e das posições *orto* e *para* do anel aromático (b) (Duarte, 2015).

Os compostos químicos usados como filtros orgânicos nas formulações de protetores solares são: derivados do ácido paraminobenzóico (PABA), Salicilatos, Cinamatos, Benzofenonas, Dibenzoilmetano, Antranilatos e Derivados da Canfôra. O ácido 2-fenilbenzimidazol -5- sulfônico e os extrato vegetais que são também usados como filtros orgânicos em formulações de protetores solares (Ribeiro *et al.*, 2004;

Flor et al., 2007; Balogh et al., 2011). O Quadro 1 mostra a estrutura química e algumas características dos principais filtros orgânicos empregados nas formulações de protetores solares.

Quadro 1 - estrutura química e algumas características dos principais filtros orgânicos empregados nas formulações de protetores solares.

Estrutura Química	Principais Características	Referência
 <p>Ácido paraminobenzóico (PABA)</p>	<p>Foram os principais filtros utilizados nas décadas de 50 e 60. Absorvem a radiação UV na faixa de 280 a 320 nm e tem sua absorção máxima em 296 nm. Este tipo de ácido absorve ativamente a radiação UVB, mas absorve pouca ou nenhuma radiação UVA. Apresenta como desvantagem: facilidade de oxidação e de causar manchas nos tecidos, além de induzir a eczema de contato ou fotocontato e não poder ser usado por pacientes com reações alérgicas a drogas ou com fotossensibilidade.</p>	<p>Da Silva Cabral <i>et al.</i> (2011a)</p>
 <p>Octil salicilato</p>	<p>Foram os primeiros utilizados em protetores solares. Apresentam absorção máxima em 300 nm. São muito estáveis, não interagindo com os solventes. Assim como o PABA, absorvem efetivamente o UVB, e absorvem pouco ou nenhuma radiação UVA.</p>	<p>Da Silva Cabral <i>et al.</i> (2011a)</p>
 <p>Octinoxato</p>	<p>São os mais utilizados em fotoprotetores, apresentando uma boa absorção UVB. Sua utilização data da década de 50 na substituição do PABA. Um dos principais representantes dessa classe são o octinoxato. Estes apresentam pico de absorção no comprimento de onda de 311 nm e é</p>	<p>Ribeiro (2004) Kullavanijaya e Lim (2005)</p>

	considerado um forte absorvedor de UVB, o que o torna muito utilizado atualmente.	
 <p>Benzofenona</p>	Os derivados de benzofenona absorvem a energia com elevados comprimentos de onda, nesse caso acima de 320 nm	Ribeiro (2004)
 <p>Avobenzona</p>	O principal filtro da classe do dibenzoilmetano é o avobenzona, denominado (butilmetoxidibenzoilmetano). Sendo também o mais utilizado no mundo, sua adição às formulações de protetores solares é essencial para que haja uma proteção de amplo espectro.	Reis (2014)
 <p>Antranilato</p>	São considerados fracos quando se trata da proteção UVB, porém absorvem bem na faixa do UVA-II, por isso são menos utilizados que as benzofenonas	Rai e Srinivas (2007)
 <p>Derivados da cânfora</p>	Os derivados de cânfora absorvem a radiação em comprimentos de onda de 290 a 300 nm. Apresentam uma estrutura bicíclica e sua elevada capacidade de absorção se deve a deslocalização eletrônica da ressonância.	Ribeiro (2004)

Os filtros químicos podem ser protetores de UVB, protetores de UVA e de largo espectro, abrangendo radiações tanto UVA quanto UVB. Quanto ao mecanismo de ação desses filtros, alguns deles dissipam a energia absorvida na forma de calor e retornam para o estado inicial, sendo capazes de absorver novamente a radiação UV, por isso são considerados fotoestáveis. Enquanto isso, alguns filtros se degradam após a absorção dos raios UV e não são capazes de absorver a radiação UV novamente, logo são considerados fotoinstáveis. Existem também filtros que reagem com algumas moléculas como, proteínas da pele, oxigênio e lipídios, produzindo deste modo, espécies reativas com efeitos indesejados, sendo assim são chamados de fotorreativos (Chintaginjala *et al.*, 2012).

O mecanismo de ação dos filtros solares orgânicos consiste na transição eletrônica do orbital molecular não ligante n ou do orbital ligante (σ) em seus estados estáveis. Isto é, há uma transição do orbital ocupado de maior energia (HOMO), para o estado excitado (σ^*) do orbital desocupado de menor energia (LUMO). Enquanto o elétron do orbital antiligante retorna ao estado fundamental, (σ^*) n ou (σ^*) (σ) acontece a liberação de energia em quantidade menor sob a forma de ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda acima de 400nm (Figura 13). A diferença de energia entre os estados fundamental e excitado é exatamente igual à radiação UV absorvida (Lautenschlager *et al.*, 2007; Duarte, 2015).

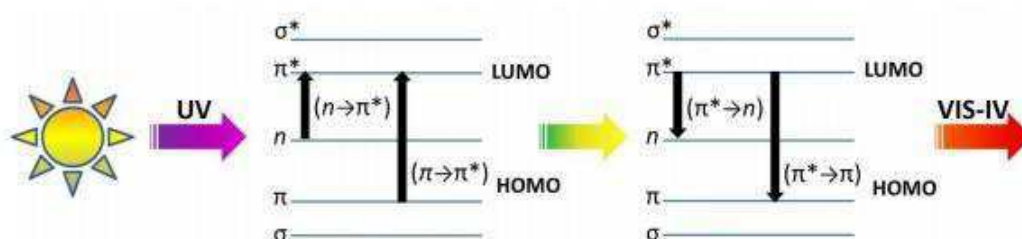


Figura 4 - Transição eletrônica das radiações UV e conversão em VIS e IV pelos fotoprotetores (Do Nascimento *et al.*, 2013).

1.2.2.2 Filtros Inorgânicos

Os filtros inorgânicos ou físicos constituem as barreiras físicas às radiações e são, geralmente, óxidos metálicos. Os principais são o dióxido de titânio (TiO_2) e o

óxido de zinco (ZnO). O TiO_2 possui três estruturas cristalinas: rutilo, anatase e brookita. Sua forma original é opaca, porém quando se encontra na forma micronizada apresenta-se transparente à luz visível, mas suas propriedades de espalhamento e reflexão de raios UV são mantidas, fazendo com que este seja bastante utilizado em protetores solares. O TiO_2 micronizado tem um índice de refração igual a 2,6 e oferece proteção contra o UVB e UVA-II, mas quando se trata de fotoproteção na região do UVA-I não se apresenta. O ZnO, assim como o TiO_2 , também é opaco e tem grande poder de reflexão da luz, fazendo com que este seja utilizado como protetor solar. Apesar do ZnO ser um filtro UV de largo espectro, atua sobretudo no espectro do UVA e não apresenta a mesma segurança do TiO_2 (Flor *et al.*, 2007; Palm e O'donoghue, 2007; Silva *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2010). Além do TiO_2 e do ZnO, outros componentes empregados também como filtros físicos para formulações de protetores solares são: subcarbonato de bismuto, subgalato de bismuto, subsalicilato de bismuto, estearato de magnésio e talco (Anvisa, 2006).

Os filtros físicos atuam refletindo e dispersando radiação em um amplo espectro de luz que inclui a luz visível, a radiação ultravioleta e o infravermelho (Sambandan e Ratner, 2011). Representam a forma mais segura e efetiva para a proteção da pele, devido ao baixo potencial de irritação que esses filtros apresentam, sendo desse modo recomendado no preparo de protetores solares para pessoas com pele sensível e para crianças.

Fatores como índice de refração, comprimento de onda da radiação incidente e tamanho de partículas, são determinantes para a eficiência da proteção solar como também na aparência estética do produto (Flor *et al.*, 2007). Dentre esses três fatores, o principal é o tamanho de partículas, pois afeta no espalhamento ou na absorção tanto da radiação UV quanto da visível. Quando as partículas absorvem ou espalham a radiação visível (macropartículas) há uma tendência para a formação de uma película branca, o que torna o aspecto estético do produto indesejável. Por isso, pesquisas têm sido desenvolvidas visando o aprimoramento de métodos que resultem na redução no tamanho dessas partículas para que estas não espalhem nem absorvam a radiação visível, mas absorvam e espalhem a radiação UV (De Lima, 2013).

O cuidado na preparação de formulações quando o tamanho das partículas de filtros inorgânicos é muito pequeno, se deve a tendência que estas partículas têm

de se aglomerar, fazendo com que percam propriedades dispersivas, diminuindo o fator de proteção solar. Para que a aglomeração de partículas diminua, acrescenta-se dimeticona ou sílica, que funcionam como um revestimento fazendo com que as moléculas dos filtros solares sejam estabilizadas criando assim uma suspensão estável (Gontijo *et al.*, 2009). Além disso, a redução do tamanho das partículas de TiO_2 e ZnO fez afluir questões relacionadas à biossegurança, no sentido de poderem ocasionar maior absorção na pele e consequentes danos à saúde humana. Contudo, tais questões foram elucidadas com experimentos em animais, no homem e *in vitro* onde não houve maior absorção das novas nano partículas, de tamanho reduzido, em comparação com o nível de absorção das partículas de tamanho original. Essas partículas reduzidas permaneceram em nível de camada córnea da pele (Silva *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2010).

O mecanismo de ação de um filtro solar inorgânico (filtro físico), será explicado tomando como exemplo o TiO_2 , conforme mostrado por Hoang-Minh (2006) que consiste no seguinte: o TiO_2 está ligado por valência eletrônica através do Ti^{4+} e O^{2-} (Figura 5). Na transferência da ligação iônica, o Ti doa todos os elétrons 3d e 4s para a banda 2p do oxigênio. Dessa maneira teremos a banda 2p do oxigênio totalmente cheia enquanto que a banda superposta 3d-4s do Ti totalmente vazia, tornando-o um isolante. Já as estruturas cristalinas anatase e rutilo do TiO_2 são consideradas materiais semicondutores, isso pode ser explicado por desvios na estequiometria ideal que podem produzir buracos na banda 2p do oxigênio, ou elétrons de condução da banda 3d do Ti, convertendo-o em um semicondutor extrínseco. As energias do *gap* das formas anatase e rutilo são aproximadamente 3,23 eV e 3,06 eV, respectivamente, o que corresponde ao comprimento de onda de cerca de 390 nm e 405 nm. Os comprimentos de onda na faixa de 280-400 nm do espectro eletromagnético, tem energia suficiente para promover a propriedade semicondutora do TiO_2 , absorvendo os fótons resultante dos elétrons da banda de valência empurrando-os para dentro da banda de condução (Hoang-Minh, 2006).

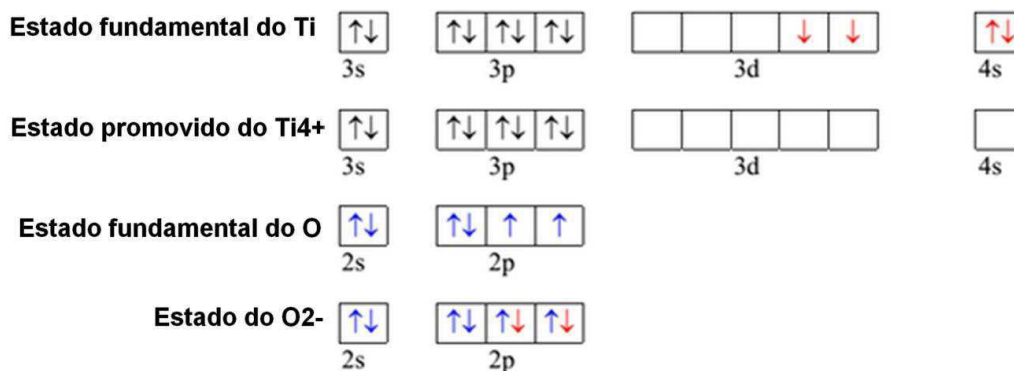


Figura 5 - Configuração eletrônica do orbital mais externo de Ti e O e seus estados iônicos (Hoang-Minh, 2006).

1.2.2.3 Filtros de Origem Natural

Os óleos, a exemplo do óleo de amendoim, de coco, de gergelim e de algodão são exemplos de filtros químicos de origem natural. Eles absorvem apenas uma pequena parte da radiação ultravioleta UVB de 320 nm a 290 nm. Apesar dessa baixa absorção, os filtros químicos naturais vêm ganhando espaço no desenvolvimento de pesquisas em virtude das possíveis reações fotossensibilizantes dos fotoprotetores sintéticos. Já se sabe que alguns fitoterápicos tais como *Mentha piperita*, *Matricaria camomila*, *Salvia* e *Hamamelis virginiana* apresentam faculdades de absorção de radiação ultravioleta, podendo atuar na composição de protetores solares (Souza *et al.*, 2005).

Ainda na linha orientadora de substituição de componentes sintéticos por materiais naturais, no afã de se reduzir os efeitos fotossensibilizantes dos protetores solares, há estudos promissores que introduzem argilas como componentes naturais. Inicialmente considerou-se que as argilas serviam apenas como agentes carreadores (Hoyo *et al.*, 1998; Vicente e Rives, 2001). Contudo, nos últimos anos pesquisas têm sido conduzidas visando substituir os materiais sintéticos incorporados aos protetores solares por materiais naturais, a exemplo das argilas, em vários tipos de produtos cosméticos e farmacêuticos. Um dos componentes a serem substituídos, nos protetores solares, seria o dióxido de titânio (TiO₂) por seu possível efeito fotocatalítico (Carretero, 2002). Efeitos esses descritos no trabalho de Hoang-Minh (2006) originariamente intitulado 'Characterization of Clays and Clay Minerals for Industrial Applications: Substitution non-Natural Additives by Clays in UV

Protection, onde cita Hidaka e colaboradores (1997) que demonstraram ocorrer sérios danos ao DNA e ao RNA *in vitro*, quando o TiO₂ é exposto à radiação solar. Ainda, citado no estudo de Hoang-Minh (2006), Dunford e colaboradores (1997) comprovaram quebra do DNA e chegaram à conclusão de que as nanopartículas do TiO₂ poderiam ultrapassar a barreira da pele e ganhar a circulação sistêmica.

Como mencionado acima, argilas são utilizadas em muitos campos industriais, incluindo aplicações em produtos farmacêuticos e cosméticos. Elas são utilizadas na área de saúde porque, além de serem naturais, as argilas possuem elevada área superficial, alta capacidade de absorção, inércia química e toxicidade baixa ou nula. No entanto, ainda há limitação na aplicação farmacêutica e cosmética de tal tipo de material. Quase toda a aplicação das argilas no campo farmacêutico é como excipiente, visando melhorar as características organolépticas, como sabor, aroma, cor e propriedades físico-químicas, tais como viscosidade; pouco têm sido usadas como substância ativa. Com relação ao uso de argilas em formulações de protetor solar e sua possível função na proteção UV, existem poucas informações (Vicente e Rives, 2001; Hoang-Minh, 2006; Hoang-Minh *et al.*, 2010; Hoang-Minh *et al.*, 2011) o que motivou a condução deste estudo.

As argilas são silicatos em camadas constituídas de uma grande proporção do argilomineral montmorilonita (geralmente > 80%), podendo conter outros argilominerais tais como beidelita, saponita, nontronita e hectorita e minerais não argilosos como quartzo, feldspato caulinita e diferentes cátions; sendo suas características funcionais derivadas de seu maior constituinte (montmorilonita). Sua cor varia de branco a amarelo, de verde oliva a marrom ou azul, dependendo da presença de cátions coloridos, sejam eles estruturais e ou trocáveis, tais como Fe³⁺, Fe²⁺, Cr³⁺, Ni²⁺. A presença de impurezas como matéria orgânica e minerais associados, também podem colorir as bentonitas (Utracki, 2004; Coelho *et al.*, 2007).

A estrutura básica destas argilas consiste de duas folhas tetraédricas (T) envolvendo uma folha central octaédrica (O), unidas entre si por oxigênios comuns às folhas para formar uma camada, conforme representação esquemática apresentada na Figura 6. A espessura da camada é de aproximadamente 0,96 nm e sua dimensão lateral pode variar de 30 nm até vários micrometros. São estruturalmente derivadas da pirofilita [Si₈Al₄O₂₀(OH)₄], ou do talco [Si₈Mg₆O₂₀(OH)₄]

por substituições principalmente nas folhas octaédricas (O), onde Al^{3+} pode ser substituído por Mg^{2+} , Fe^{2+} , Cr^{2+} ou Li^+ . Nas posições tetraédricas pode haver substituição isomórfica em percentagem moderada, cerca de 15%, do Si^{4+} por Al^{3+} . Estas substituições isomórficas, no retículo do mineral, geram cargas negativas, e as camadas ficam eletricamente desequilibradas com uma deficiência de aproximadamente 0,66 cargas positivas por célula unitária. Esta deficiência é equilibrada principalmente por cátions hidratados denominados cátions alcalinos e alcalinos terrosos denominados cátions trocáveis, como por exemplo sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), que são fixados reversivelmente nos espaços entre as camadas (espaços interlamelares - galerias) (80%) e nas superfícies laterais das camadas (20%) mantendo assim o equilíbrio elétrico (De Souza Santos e Santos, 1992; Utracki, 2004).

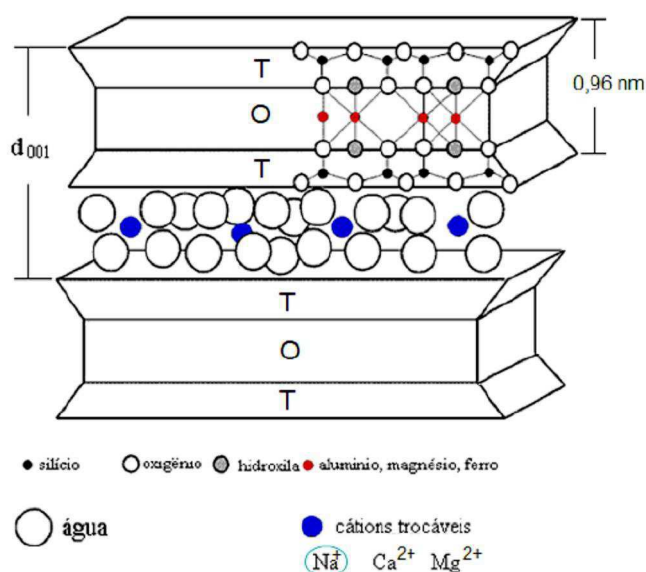


Figura 6 - Representação esquemática da estrutura da montmorilonita (Silva *et al.*, 2012).

As argilas montmorilonita e bentonita apresentam área superficial específica de 750 a 800 m^2/g , sendo o valor teórico de 834 m^2/g ; capacidade de troca de cátions (CTC) de 80 a 120 meq/100g e espaçamento basal de 1,0 a 1,4 nm para as argilas nas formas anidra e hidratada, respectivamente. Estas propriedades são importantes em se tratando do uso das mesmas em formulações de protetores solares. Por exemplo, a elevada área superficial das argilas pode cobrir eficazmente a pele humana e quando usadas em protetores solares podem resultar na proteção

UV. Outro fator importante é o tipo e o teor dos constituintes, principalmente óxido de ferro e óxido de titânio, presentes nas argilas; eles são os principais responsáveis pela capacidade de absorção UV destes materiais (Hoang-Minh, 2006).

A utilização de argilas para formulações de protetores solares pode ser promissora porque, além de ser um produto natural, as argilas têm elevada área superficial, elevada capacidade de absorção, inércia química, toxicidade baixa ou nula e baixo custo. De acordo com as informações dos fornecedores o dióxido de titânio (TiO₂) custa R\$ 397/Kg e as argilas (montmorilonitas e bentonitas) custam de R\$ 0,35/Kg a R\$ 50/Kg.

1.3 Sistemas Naturais de Proteção à Radiação UV

Dentre os mitos que precisam ser derrubados há os que dizem que apenas pessoas de pele clara sofrem os resultados nocivos do sol. Na verdade, o que pode variar, em decorrência do fototipo de pele, são as gradações desses, uma vez que todas as pessoas, independentemente da cor da *cútis* estão sujeitas aos efeitos da radiação ultravioleta solar (Chorilli *et al.*, 2009).

Existem mecanismos orgânicos naturais de defesa que nos protegem da radiação solar. Dentre eles, citam-se: aumento da espessura e modificação da estrutura da camada córnea da pele com a hiperplasia e hiperqueratinização epidérmica; além de maior ou menor quantidade de melanina na pele. A melanina tem função precípua de absorção dos raios ultravioleta e luz visível, transformando a radiação ultravioleta que seria absorvida sob forma de energia química em energia de infravermelho calorífica (Kullavanijaya e Lim, 2005).

A cor da pele, que representa um fator natural de proteção, é determinada pela maior ou menor presença de cromóforos, sobretudo a melanina que imprime à pele uma tonalidade amarelada e acastanhada, e a hemoglobina que determina tonalidade azulada e avermelhada. Esse entendimento é importante, pois a determinação do fototipo induz que se promova uma fotoproteção natural mais adequada a cada tipo de pele (Purim e Leite, 2010).

Segundo a classificação de Fitzpatrick, existem 06 tipos de pele. A Figura 7 relatada no trabalho de Leonardo Barbosa de Paula intitulado `Determinação *in vitro* do Fator de Proteção Solar de Preparações Cosméticas Usando Dispositivos

Fotoquímicos Nanoestruturados, apresenta as variáveis: tipo de pele, queimaduras, bronzeamento e tempo de exposição natural.



Fototipo	I	II	III	IV	V	VI
Pele	Branca	Branca	Branca	Morena	Morena	Negra
Queimaduras	Intensas	Facilmente	Moderadas	Pouco	Raramente	Nunca
Bronzeado	Nunca	Difícilmente	Leve	Fácil	Fácil e intenso	Intenso
Tempo de proteção natural	5-10min	10-20min	20-30min	~ 45min	~ 60min	~ 90min

Figura 7 - Classificação de Fitzpatrick - Tipos de pele, queimaduras, bronzeamento e tipos de proteção natural (Paula, 2010).

A Tabela 1 mostra o Fator de Proteção Solar mínimo e máximo recomendado para cada tipo de pele levando-se em conta a fotossensibilidade à radiação UVA e histórico de queimadura e bronzeamento provocados pela radiação solar (Ribeiro, 2004).

Importante ainda ressaltar que existem medidas externas que podem atenuar os efeitos da radiação solar. Dentre elas podemos citar o uso de vestuário adequado tais como chapéus de abas largas, mangas compridas, uso de óculos e roupas com proteção UV. Procurar sombras nos dias ensolaradas também constitui medida que reduz a incidência da radiação sobre a pele. Ressalte-se também que o uso do protetor solar de forma correta, se constitui num dos mecanismos externos mais eficazes na proteção contra os efeitos danosos dos raios solares (Kullavanijaya e Lim, 2005; Wang *et al.*, 2010).

Tabela 1 - Fator de Proteção Solar mínimo e máximo recomendado para cada tipo de pele (Ribeiro, 2004)..

Tipo de Pele	Fotosensibilidade à radiação UVA	Histórico de queimadura solar e bronzeamento	FPS recomendado	
			Mínimo	Máximo
I	Extremamente sensível	Sempre queima facilmente, nunca bronzeia.	20	30 ou 30 +
II	Muito sensível	Sempre queima facilmente, bronzeia minimamente.	12	< 20
III	Sensível	Sempre queima facilmente, bronzeia gradativamente.	8	< 12
IV	Moderadamente Sensível	Queima minimamente, sempre bronzeia bem.	4	< 8
V	Pouco Sensível	Raramente queima, bronzeia intensamente.	2	< 4
VI	Não Sensível	Nunca queima, pele profundamente pigmentada.	SR	SR

SR: Sem recomendação

1.4 Eficácia e Segurança de Fotoprotetores

Algumas características devem ser apresentadas pelos protetores solares para que sejam considerados seguros e eficazes; são elas: absorver a radiação na faixa entre 290-400 nm, ser atóxico, não irritante, não ser sensibilizante ou mutagênico, possuir estabilidade, ter baixa hidrossolubilidade, ser não volátil, ter uma solubilidade apropriada, não ser absorvido pela pele, não apresentar alteração na cor, não manchar a pele nem as roupas, ser incolor, ser compatível com a formulação e com o material de acondicionamento para que o produto final tenha estabilidade, boa aceitação cosmética, segurança, eficácia e baixo preço (Flor *et al.*, 2007).

A eficácia de um protetor solar é determinada pelo grau de proteção contra o eritema ou a queimadura solar. Portanto, para avaliar o grau de fotoproteção

existente em um protetor solar e se ter certeza da eficácia oferecida, urge que se façam mensurações, seja por meio de métodos *in vivo* ou *in vitro*. Estes métodos medem a capacidade de absorver, refletir e espalhar 95% das radiações que incidem sobre a pele, que determina o grau de proteção existente no protetor solar (Martelli *et al.*, 2013).

1.4.1 Determinação do Fator de Proteção Solar (FPS)

A determinação do Fator de Proteção Solar (FPS) avalia a capacidade que os filtros solares têm em absorver a radiação UVB do espectro eletromagnético, pois esta é cerca de 1000 vezes mais prejudicial à pele, ou seja, mais eritematosa que a radiação UVA. Conforme definição da Agência Regulatória Norte-Americana- FDA, o Fator de Proteção Solar é a razão numérica entre a Dose Mínima Eritematosa(DME) da pele protegida por determinado protetor solar, aplicado na quantidade de 2mg/cm², e a Dose Mínima Eritematosa(DME) da pele não protegida, conforme mostra a Equação 1 (Palm e O'donoghue, 2007; Schalka e Dos Reis, 2011). Este fator (FPS) se trata de um número inteiro, geralmente varia entre 2 e 60, que indica a quantidade de vezes, em unidade de tempo, que o indivíduo poderá ficar em exposição ao sol, usando um produto fotoprotetor, sem que apresente o eritema solar, tendo como referência a Dose Mínima Eritematosa individual DME (Anvisa, 2002; Ribeiro, 2004).

$$FPS = \frac{\textit{Tempo de aparecimento da DME na pele protegida}}{\textit{Tempo de aparecimento da DME na pele desprotegida}} \quad (1)$$

Uma vez determinado o FPS é possível mensurar também, por meio da Equação 2, a porcentagem de radiação UV bloqueada. Assim, um produto que tem um FPS 15 bloqueia 93,3% da radiação UV, enquanto que um produto com um FPS 30 bloqueia 96,7%; uma diferença de apenas 3,4%. Portanto, valores muito altos de FPS como, 40, 50 ou até mesmo 60, tornam-se desnecessários já que a diferença da porcentagem de radiação UV bloqueada entre esses fotoprotetores é bastante pequena e insignificante biologicamente falando (Morganti *et al.*, 2001).

$$UV \text{ bloqueada}(\%) = 1 - \left(\frac{1}{FPS} \right) \times 100 \quad (2)$$

1.4.1.1 Método *In Vivo*

Para determinação do FPS de formulações de protetores solares (fotoprotetores) por meio do método *in vivo*, são utilizados 20 indivíduos sadios, sendo homens e mulheres com a sensibilidade mediana a radiação UV. O protetor solar é aplicado em uma parte das costas do indivíduo, numa área de 0,3 m x 0,3 m, em uma quantidade de 2 mg/cm². Uma parte das costas do indivíduo também é deixada descoberta, separada por uma fita de 1 cm de largura, sendo chamada de superfície de teste. Durante aproximadamente 20 minutos, as áreas são irradiadas com um simulador solar que emite um espectro de emissão contínuo entre 290-400 nm. De 16 a 24 horas após a exposição a essa radiação UV, um avaliador treinado faz uma observação visual das reações na pele. A dose mínima eritematosa (DME) é medida pela quantidade de energia por unidade de área (J/cm²) necessária para causar um eritema mínimo. Com isso, o FPS do produto pode ser calculado usando a Equação 1 e faz-se uma média aritmética dos FPS obtidos para cada indivíduo (Janousek, 1996).

1.4.1.2 Método *In Vitro*

Outra forma de se avaliar a eficácia de ação de um protetor solar é através do teste *in vitro*. Normalmente, dois métodos espectrofotométricos são empregados: o método proposto por (Diffey e Farr, 1991) que consiste na medição da transmissão ótica através de um filme fino do protetor solar aplicado sobre um substrato teste artificial (geralmente uma placa de quartzo, com uma fenda de capacidade de 2 mg/cm²) e o proposto por Mansur que mede a absorbância de uma solução do protetor solar, em forma de emulsão diluída em um solvente apropriado, em vários comprimentos de onda (290, 295, 300, 305, 310, 315 e 320 nm). Os dados de absorbância lidos são aplicados na equação de Mansur para determinação do FPS (Mansur, Joao De Souza *et al.*, 1986).

Embora o teste *in vivo* seja considerado mais preciso, o teste *in vitro* apresenta ótima correlação de resultados com o primeiro. Ainda, como vantagens do método *in vitro* pode-se relacionar o baixo custo e questões de biossegurança, pois não se expõe o ser humano a experimentos que podem levar a toxicidade e outros malefícios. Dentre os inconvenientes do método *in vitro* relaciona-se aquele em que não são reproduzidas possíveis interações entre os ingredientes do produto testado além de possíveis reações entre o produto testado e a pele humana (Masson e Scotti, 2003).

1.5 Protetor Solar e Saúde do Trabalhador

Embora sejam indiscutíveis os benefícios que os protetores solares trazem à saúde dos trabalhadores, sobretudo para os que executam tarefas a céu aberto, expostos às ações nocivas da radiação UV, esses ainda não são considerados equipamentos de proteção individual (EPI) no Brasil. Para que um produto seja considerado EPI é necessário que possua o Certificado de Aprovação (CA), emitido pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE).

Essa questão gera uma contradição quanto à NR-06 (Norma Regulamentadora número 06), em seu artigo 6.3 quando afirma 'A empresa é obrigada a fornecer aos empregados, gratuitamente, EPI adequado ao risco em perfeito estado de conservação e funcionamento, nas seguintes circunstâncias: Sempre que as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção.

- a- Enquanto medidas de segurança estiverem sendo implantadas.
- b- Para atender situações de emergências.

Ora, se a melhor proteção contra a radiação solar para trabalhadores que executam suas tarefas ao ar livre como exemplos: carteiros, agentes comunitários de saúde e de endemias, trabalhadores rurais dentre outros, é conhecidamente o protetor solar, por que o mesmo ainda não é considerado EPI? A resposta se dá em função de que a ANVISA concede autorização para o Ministério da Saúde e como quem determina se esse produto deve ser considerado um EPI é o Ministério do Trabalho com emissão do CA, os protetores solares aguardam regulamentação.

Contudo, para sanar o problema, foi criado o item 6.4.1, da NR-06, que oferece nova opção para que um novo produto não contemplado como sendo um EPI, seja

considerado como tal desde que seja avaliado por uma Comissão Tripartite formada com representantes dos trabalhadores, dos empregadores e do governo.

Havendo necessidade do uso de um produto ainda não considerado EPI, porém reconhecidamente importante na prevenção de doença ocupacional, a exemplo do protetor solar, este pode ser fornecido com autorização do SESMT (Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho).

O que não é concebível é o empregador deixar de fornecer o protetor solar aos trabalhadores expostos à radiação não ionizante dos raios ultravioleta somente porque esse importante produto ainda não é considerado EPI pelo MTE.

Guardando estreita relação com a NR-06, que trata de EPIs, está a NR-15 que expõe questões relacionadas às atividades e operações insalubres. O artigo 189 da CLT - Consolidação das Leis Trabalhistas - considera insalubres as tarefas que por sua natureza, métodos ou condições de trabalho possam expor trabalhadores a agentes nocivos à saúde e que se encontrem acima dos limites de tolerância estabelecidos. Já o artigo 192 da CLT assegura a que o trabalhador receba um adicional de insalubridade que varia entre 10, 20 e 40 por cento do salário mínimo. Isso vem acarretando verdadeiras batalhas nos tribunais entre trabalhadores e empregadores no sentido do reconhecimento de tais direitos. Para que se conceda o adicional de insalubridade há que metodologias complementares possam ser empregadas. Para avaliação das condições ambientais as normas são estabelecidas pela FUNDACENTRO (Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho), que constitui uma rede de laboratórios em segurança, higiene e saúde no trabalho e de uma das mais completas bibliotecas especializadas, além de profissionais formados em várias áreas, muitos deles pós-graduados no Brasil e exterior. São engenheiros, químicos, físicos, médicos, agrônomos, psicólogos, sociólogos e educadores, que dão apoio ao Ministério do Trabalho e Emprego. Entretanto, quando se trata de questões normativas internacionais recorre-se à NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) e à OSHA (Occupational Safety and Health Administration) (De Araújo, 2008).

Entretanto, avanços foram verificados inclusive nos tribunais da Justiça do Trabalho. Em nossa experiência pessoal como perito nomeado para elucidação de lides trabalhistas, recebemos a incumbência de atuar em processos em várias cidades paraibanas, onde citamos como exemplo as cidades de Alagoa Grande,

Araçagi, Marí e Guarabira. Sentenças foram prolatadas por magistrados, corroborando com nossa alegação em conclusões periciais em que existia a condição de Insalubridade dos trabalhadores expostos à radiação solar ultravioleta. E como é do domínio científico, a radiação não ionizante pode afetar a saúde dos trabalhadores expostos a tal risco, podendo produzir desde eritema ao câncer de pele. Observe-se como exemplo parte de uma das mais bem fundamentadas sentenças do competente Juiz presidente da Vara do Trabalho de Guarabira `ATA DE JULGAMENTO DA RECLAMAÇÃO Nº 0130212-09.2014.5.13.0010_, em 08 de Junho de 2015. Nesta ação o Reclamante Rui Ribeiro Mendes, carteiro, acionou a empresa Reclamada Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos (Ver parte da sentença no Anexo I). Importante observar na defesa da Reclamada que embora não haja obrigação legal em fornecer o protetor solar, a insalubridade existe: `Reconhece que, embora haja, no desempenho do labor ora referido, via de regra, exposição ao sol, a ECT oferece proteção física e química aos raios solares, seja por meio do uso de chapéus, roupas de manga longa, protetor solar etc. _.

`Sobre o fornecimento do protetor solar, destaca que mesmo não havendo obrigação legal, haja vista que o protetor não é considerado EPI à luz das Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho, a reclamada fornece gratuitamente aos carteiros, como liberalidade, filtro solar com FPS 25, superior ao mínimo exigido pela Sociedade Brasileira de Dermatologia _.

Ainda sobre a brilhante sentença proferida pelo Magistrado da Justiça do Trabalho, Dr. Antonio Cavalcante da Costa Neto, tendo como uma das bases do seu entendimento a perícia que realizei; ver o trecho seguinte:

`Para aferição da alegada insalubridade, foi realizada perícia judicial que assim concluiu:

"Embora difícil caracterização por instrumentos de medida - IBUTG - que mede calor em ambientes internos, onde não há tantas variáveis, a atividade do Reclamante pode ser considerada INSALUBRE em grau Médio".

Observe-se ainda o que afirmara o Juiz do Trabalho em oportuna sentença:

Para chegar a essa conclusão, o perito utilizou-se de literatura médica acerca da matéria, trazendo dados, entre outras fontes, que podem ser colhidos no site do Instituto Nacional de

Câncer (INCA) - José Alencar Gomes da Silva, http://www1.inca.gov.br/conteudo_view.asp?ID=21, acerca da exposição excessiva a radiação solar como causadora de doenças como câncer de pele. Respondeu também a quesitos da parte reclamante, referindo-se à NR-15, sobre limites de tolerância para exposição ao calor e a forma de sua mensuração. Ressaltou que é preciso considerar que "a Paraíba se encontra no ponto mais Oriental das Américas. Aqui o sol nasce mais cedo. Portanto, quando se fala que a exposição perigosa aos raios solares se inicia a partir das 10h da manhã,, em nosso Estado leia-se 9h da manhã."

Apesar disso, explicou o perito que "mesmo havendo exposição deletéria à saúde, a NR 15 trata de exposição ao calor em ambientes internos em virtude da dificuldade de se mensurar com exatidão os índices através de IBUTG. Mesmo assim, todos os trabalhadores que exercem atividades a céu aberto estão sim expostos à radiação UVA/UVB (insalubridade grau médio), sendo o agente causador da insalubridade a radiação não ionizante UVA/UVB, apesar das inúmeras variáveis que impedem a mensuração por IBUTG no caso de trabalho a céu aberto _.

E depois de fundamentar toda a excepcional peça jurídica, citando vários artigos científicos nacionais e internacionais que poderá, inclusive, servir de paradigma para outras decisões por todo o Brasil, o Dr. Antônio Cavalcante da Costa Neto, que além de Magistrado é escritor de ilibada competência, dá o desfecho final:

Por essas razões, defiro o pedido de pagamento de adicional de insalubridade em grau médio (20% do salário mínimo), no período não atingido pela prescrição (a partir de 04.04.2009) até o último dia em que exerceu suas atividades como carteiro (01.09.2013), uma vez que não se pode falar em insalubridade quando cessa a atividade insalubre _ Conclui o magistrado.

O Juiz se baseou na primazia da realidade _ quando mesmo não existindo supedâneo legal, a sentença se justifica pela realidade dos fatos. Isso mostra ainda o reconhecimento da insalubridade no ambiente onde trabalhadores estão expostos à radiação solar, além da imperiosa necessidade do fornecimento do protetor solar, como EPI (Equipamento de Proteção Individual) por parte do empregador. Além disso, esse reconhecimento por parte da Justiça do Trabalho legitima a necessidade

de continuidade de trabalhos científicos voltados a que se produzam novos protetores solares que sejam acessíveis e confeccionados com materiais naturais, a exemplo deste trabalho científico.

MATERIAIS E MÉTODOS

1.6 Materiais

Amostras de protetores solares de marca comercial de farmácias do comércio da cidade de Campina Grande/Paraíba (Tabela 2) e amostras manipuladas de farmácias das cidades de Guarabira, João Pessoa e Campina Grande - Paraíba (Tabela 3) foram empregadas neste estudo, visando determinar o Fator de Proteção Solar (FPS) *in vitro*, por espectrofotometria usando o método proposto por Mansur *et.al.* (1986b).

Tabela 2 - Protetores solares de marca comercial adquiridos em farmácias do comércio de Campina Grande/PB.

Tipo de empresa	Forma farmacêutica	Nome do produto	Apresentação	FPS rotulado
Indústria	Loção	L'Oréal		30
Indústria	Loção	Sundown		30
Indústria	Gel Creme	La Roche-Posay		50

Tabela 3 - Protetores solares manipulados adquiridos em farmácias das cidades de Guarabira/PB, João Pessoa/PB e Campina Grande/PB.

Tipo de empresa	Forma farmacêutica	Nome do produto	FPS rotulado
Farmácia de manipulação (Guarabira)	Gel	Natrosol	30
Farmácia de manipulação (João Pessoa)	Emulsão	Natrosol A	30
Farmácia de manipulação (João Pessoa)	Emulsão	Natrosol B	20
Farmácia de manipulação (Campina Grande)	Gel Creme	BB Cream	40
Farmácia de manipulação (Campina Grande)	Gel Creme	BB Cream Extra Seco	40
Farmácia de manipulação (Campina Grande)	Emulsão	Emulsão	60
Farmácia de manipulação (Campina Grande)	Loção	Loção hidratante	15

A argila bentonítica Argel (ARG) e montmorilonita sódica comercial Cloisite[®] Na⁺ (MMT), fornecidas, respectivamente, pela Bentonit União Nordeste (BUN) - Campina Grande/PB/Brasil e pela Buntech, São Paulo/SP/Brasil, sob a forma de pó (tamanho médio de partículas $\leq 0,074$ mm), foram utilizadas na preparação dos protetores solares manipulados para verificar se estas argilas têm a capacidade de bloquear a radiação ultravioleta (UV) na faixa de comprimento de onda entre 250 nm a 400 nm e atuar como filtros inorgânicos para protetores solares. Estas argilas (ARG e MMT) substituirão parcialmente e totalmente o filtro inorgânico-dióxido de titânio (TiO₂) nos protetores solares manipulados que apresentarem o FPS *in vitro* determinado, por espectrofotometria, usando o método proposto por Mansur próximo ao FPS rotulado.

As informações sobre as principais propriedades das argilas (ARG e MMT), como capacidade de troca de cátions (CTC), distância interplanar basal (d_{001}) e composição química estão apresentadas no Anexo II.

1.7 Metodologia

1.7.1 Preparação das Formulações dos Protetores Solares

Todas as amostras dos protetores solares contendo argilas (ARG e MMT), substituindo total ou parcialmente o filtro físico (TiO_2) foram preparadas por 03 (três) farmácias de manipulação das cidades de Guarabira, João Pessoa e Campina Grande. Os veículos e os filtros químicos de todas as amostras foram mantidos. O método utilizado foi espectrofotometria por dissolução proposto por Mansur.

1.7.2 Determinação do Fator de Proteção Solar (FPS) *in vitro*

Para a determinação do FPS de cada amostra de protetor solar, foi utilizado o método *in vitro* espectrofotométrico (por dissolução) desenvolvido por Mansur (Mansur *et al.*, 1986). Para tanto, mediu-se a absorvância de uma solução (preparada conforme próxima seção 1.7.3.) dos protetores solares, feita em triplicata, nos comprimentos de onda variando de 290 nm a 320 nm, de 5 em 5 nm (290, 295, 300, 305, 310, 315 e 320 nm) para depois calcular o FPS correspondente através da Equação 3 e utilizando os valores da Tabela 4.

$$FPS = FC \times \sum_{290}^{320} EE(\lambda) \times I(\lambda) \times Abs(\lambda) \quad (3)$$

Onde:

FC = fator de correção (igual a 10), determinado por dois filtros solares de FPS conhecidos e de tal forma que um creme contendo 8% de homossalato (líquido solúvel em óleo, absorvente UVB) desse um FPS igual a 4; $EE(\lambda)$ = efeito eritematogenico da radiação de comprimento de onda λ ;

$I(\lambda)$ = intensidade da luz solar no comprimento de onda λ ;

Abs (ϵ) = leitura espectrofotométrica da absorvância da solução do protetor solar no comprimento de onda λ .

O método desenvolvido por Mansur *et. al.* (1986b) utilizou os valores de $EE(\lambda).l(\lambda)$ já calculados por Sayre *et. al.* (1979) conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Valores empregados na determinação do FPS por espectrofotometria (Mansur *et al.*, 1986a).

Comprimento de onda (nm)	EE × l
290	0,0150
295	0,0817
300	0,2874
305	0,3278
310	0,1864
315	0,839
320	0,0180
	1,0000

1.7.3 Preparação da Solução

As soluções de cada protetor solar foram preparadas da seguinte maneira: foram pesadas 0,5000 g da amostra de protetor em um becker de 50 mL, logo após foram acrescentados 30 mL de etanol ao referido becker, que foi colocado em uma placa com agitação magnética durante 2 minutos, à temperatura ambiente, para que a amostra do protetor solar fosse dissolvida no etanol. Passado esse tempo, a solução foi transferida para um balão volumétrico de 100 mL, em seguida foram acrescentados 70 mL de etanol para completar o volume do balão e posteriormente, a solução foi homogeneizada manualmente. Após homogeneização, uma alíquota de 1,0 mL da solução foi retirada e transferida para um balão volumétrico de 25 mL, cujo volume foi completado com etanol e, feita nova homogeneização manualmente. Desta solução, cuja concentração final é de 0,2 mg/mL, que é a concentração padronizada para o cálculo do FPS conforme Mansur *et.al.* (1986b), foram retiradas alíquotas de 1 mL para posterior análise espectrofotométrica.

1.7.4 Análise no Espectrofotômetro

As absorvâncias das soluções das amostras dos protetores solares foram medidas, em triplicata, no espectrofotômetro UV/Vis Spectrometer PerkinElmer LAMBDA 35, usando uma cubeta de quartzo de 1 cm. O etanol P.A. foi utilizado como líquido de referência (branco) e os espectros foram registrados entre 200 a 400 nm. O FPS médio foi calculado usando a equação de Mansur (Equação 3) empregando os valores de $EE(\cong).I(\cong)$ mostrados na Tabela 4.

Conforme descrito anteriormente, o método *in vivo* é a maneira mais eficaz de avaliar um produto fotoprotetor. Porém Mansur *et. al.* (1986b) apresentam resultados onde o método *in vitro* oferece uma boa correlação com os métodos *in vivo*. A metodologia para determinação do FPS *in vitro* apresenta vantagens como, ser mais rápida, mais barata, e não utilizar voluntários humanos para realização do teste. Contudo apresenta algumas desvantagens como encontrar um substrato adequado que tenha uma boa afinidade com os produtos e que simule as características de absorção, ter transparência suficiente à radiação UVB, entre outras (Masson e Scotti, 2003). No entanto, a metodologia *in vitro* pode ser usada para testes de comparação e orientação. Nesse caso pode-se ter uma previsão do FPS do produto antes de serem utilizados em voluntários humanos, com isso os riscos de queimaduras, que estes indivíduos estão expostos ao realizarem o teste, são reduzidos Mansur *et. al.* (1986b).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fator de proteção solar (FPS) é uma medida quantitativa da eficácia de uma formulação de protetor solar e pode ser feita por meio de teste *in vivo* e *in vitro*. Nesta pesquisa foi feita por meio de teste *in vitro*, por espectrofotometria usando o método de Mansur. Os resultados dos testes feitos em amostras de protetores solares (comerciais e manipulados) provenientes de farmácias do comércio da cidade de Campina Grande/PB (protetores comerciais) e de três cidades diferentes do estado da Paraíba: Guarabira, João Pessoa e Campina Grande (protetores manipulados), estão apresentados nas Figuras de 8 a 17 e Tabelas 5 e 6.

As curvas de absorvância versus comprimento de onda dos protetores solares comerciais testados (L'Oréal, Sundown e La Roche-Possay) estão mostradas nas Figuras 8, 9 e 10.

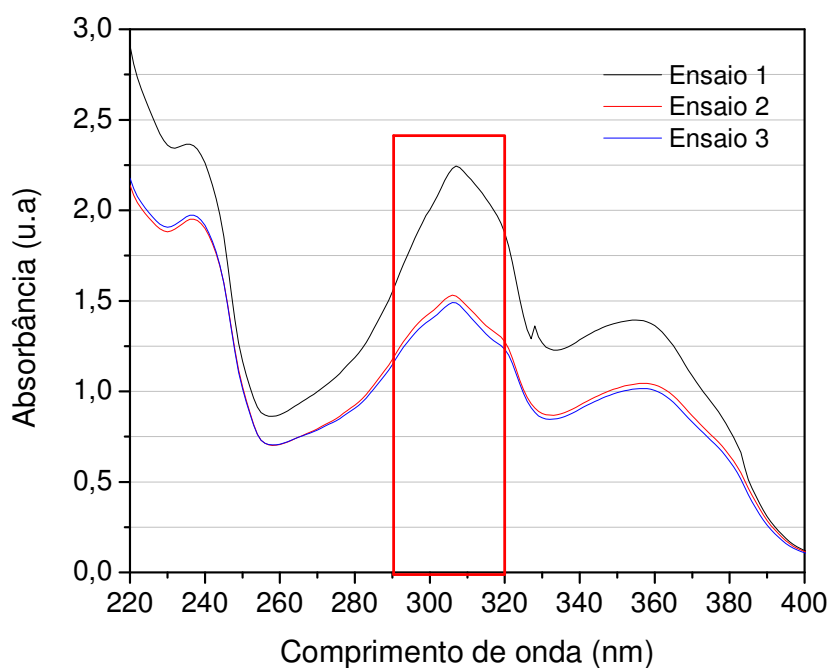


Figura 8 - Curvas de absorvância do protetor solar L'oréal.

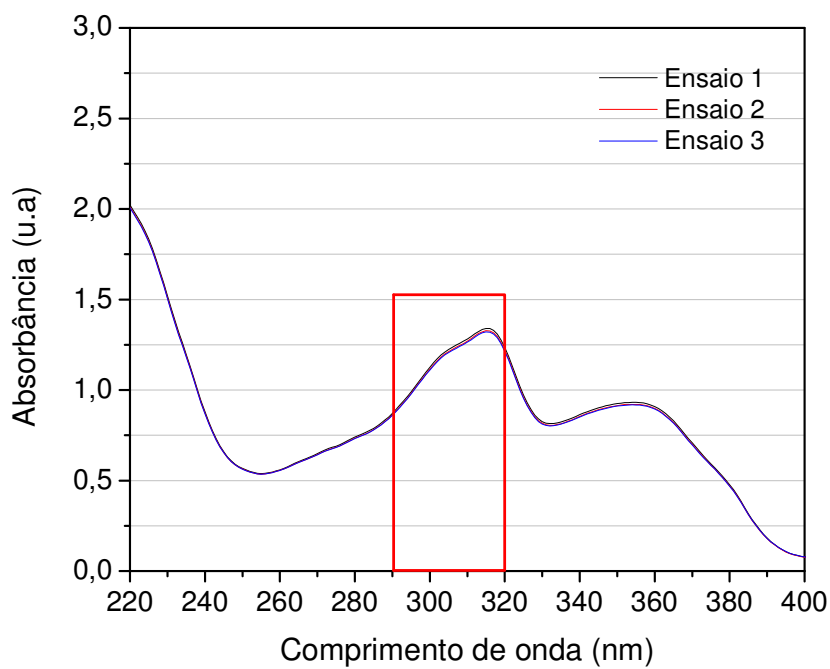


Figura 9 - Curvas de absorvância do protetor solar Sundown.

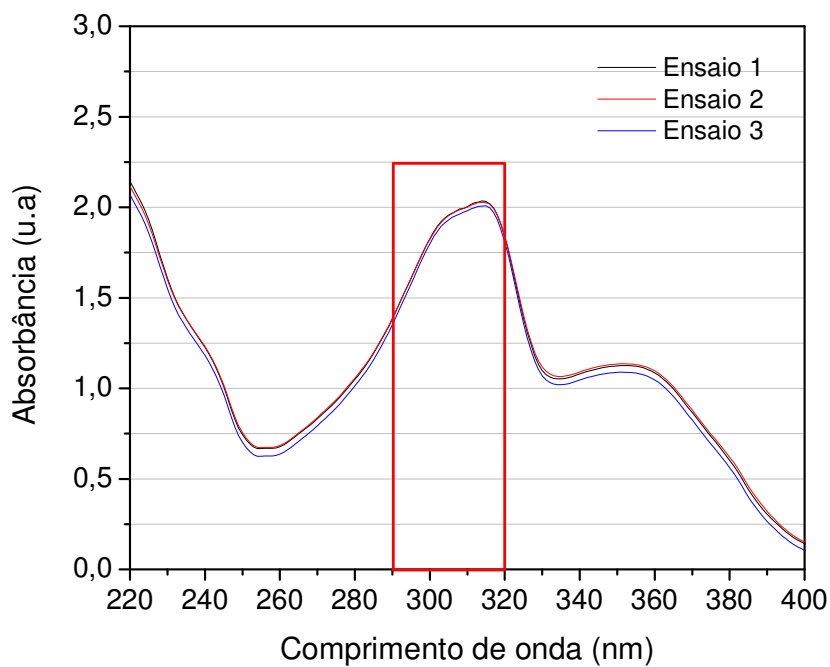


Figura 10 - Curvas de absorvância do protetor solar La Roche-Posay.

Observa-se que as mesmas se encontram sobrepostas, confirmando a boa reprodutibilidade dos testes feitos em triplicata. Observa-se também que os três protetores testados, apresentaram um valor de absorção máxima entre 290 nm e 320 nm, conforme indicado nas referidas figuras por uma faixa vermelha, confirmando a eficácia destes protetores solares, pois segundo Teixeira (2012b) um protetor solar é dito eficiente quando apresenta uma absorção máxima dentro da faixa de comprimento de onda da radiação UVB (entre 290 nm e 320 nm). Com relação à intensidade do pico de absorção, o protetor solar da La Roche-Posay foi o que apresentou maior intensidade, seguido do da L'oréal e do da Sundown, cujos valores de absorbância foram de aproximadamente 1,9; 1,5 e 1,3, respectivamente. Desta forma os valores do FPS, apresentados na Tabela 5, seguiram esta ordem, o que era esperado visto que quanto maior a capacidade de absorção da radiação maior eficácia do protetor solar. Outra ressalva importante é que os três protetores testados, também apresentaram pico de absorção na região do UVA. Essa faixa está relacionada a proteção à radiação UVA-I e um pouco a UVA-II, pois a radiação UVA-I compreende comprimentos de onda na faixa de 400-340 nm e a UVA-II de 340-320 nm (Khury e Borges, 2011).

De acordo com a Tabela 5, observa-se que não houve, praticamente, nenhuma diferença entre o FPS rotulado e o determinado experimentalmente (FPS obtido) neste trabalho, para o protetor solar da marca comercial L'Oréal. Isto indica que o procedimento utilizado é satisfatório na avaliação da eficácia de protetores solares. Por outro lado, os protetores solares das marcas comerciais Sundown e La Roche-Posay apresentaram valores de FPS obtidos inferiores aos rotulados. Existem diversos fatores que podem causar essas diferenças entre o valor do FPS obtido e o rotulado no produto, dentre eles estão, o uso de diferentes solventes nos quais os filtros solares foram diluídos, a combinação e a concentração dos filtros solares, o tipo de emulsão, os efeitos e interações entre os componentes do veículo, tais como ésteres, emolientes e agentes emulsionantes usados na formulação, entre outros fatores (Dutra *et al.*, 2004). Além disso, conforme afirmado por Pissavini *et al.* (2003), protetores solares com valores de FPS elevados são mais difíceis de medir e que o alto valor do FPS normalmente leva a uma maior incerteza não só nos testes *in vitro* como também nos testes *in vivo*, mas a explicação para isto não é clara. É possível também que a diferença entre o FPS rotulado e o determinado

experimentalmente esteja relacionada a quantidades incorretas dos filtros solares empregados na preparação dos fotoprotetores.

Tabela 5 - Fator de proteção solar (FPS), determinado por espectrofotometria, de protetores solares de marca comercial adquiridos em farmácias do comércio de Campina Grande/PB.

Tipo de empresa	Forma farmacêutica	Nome do produto	Apresentação	FPS rotulado	FPS obtido
Indústria	Loção	L'Oréal		30	26 ± 3
Indústria	Loção	Sundown		30	22 ± 0
Indústria	Gel Creme	La Roche-Posay		50	33 ± 0

O protetor solar da marca L'Oréal tem uma classe especial de filtros orgânicos que possui dupla ação em função de suas características físicas, agindo tanto via absorção quanto através da reflexão dos raios UV, e contém um composto patenteado conhecido comercialmente como Meroxyl XL (Do Nascimento *et al.*, 2013) cuja absorção máxima é de aproximadamente 303 nm, o que corrobora o resultado obtido neste estudo cuja absorção máxima foi cerca de 306 nm (Figura 8).

O protetor solar da marca comercial Sundown, conforme informações contidas na embalagem do produto contém uma combinação de filtros físicos e

químicos e garante uma proteção UVA/UVB balanceada, ou seja, protege contra os raios UVA e UVB.

O protetor solar da marca comercial La Roche-Posay, da mesma forma que o da marca L'Oréal, também apresenta o filtro Meroxyl XL em sua composição cuja absorção máximo é de aproximadamente 303 nm, o que corrobora o resultado obtido neste estudo cuja absorção máxima foi cerca de 309,91 nm (Figura 10).

Uma vez comprovado que o método usado neste estudo para determinar o FPS de protetores solares comerciais foi satisfatório (preciso e reprodutível), foi feita a preparação de formulações de protetores solares (amostras manipuladas) em uma farmácia de manipulação da cidade de Guarabira/PB. Dentre os protetores solares comercializados pela farmácia de manipulação da cidade de Guarabira selecionou-se o protetor solar com FPS rotulado igual a 30 preparado com Gel Natrosol + 2% TiO_2 + 15% UVA-UVB denominado Natrosol. Este protetor foi usado como base e quatro formulações foram preparadas a partir do mesmo, na referida farmácia: i) duas formulações onde foi adicionado 5% em massa de argila (Cloisite sódica e Argel) ao referido protetor solar (formulações denominadas Natrosol CL1 e Natrosol Arg1) e ii) formulações em que o filtro físico (TiO_2) foi substituído por 5% em massa de argila (Cloisite sódica e Argel) (formulações denominadas Natrosol CL2 e Natrosol Arg2). As curvas de absorbância versus comprimento de onda do protetor solar Natrosol e das quatro formulações preparadas (Natrosol CL1, Natrosol Arg1, Natrosol CL2 e Natrosol Arg2) estão mostradas nas Figuras 11, 12, 13, 14 e 15, respectivamente.

Observa-se que tanto o protetor solar Natrosol, comercializado pela farmácia de manipulação da cidade de Guarabira/PB (Figura 11), quanto as formulações preparadas na referida farmácia (Natrosol CL1, Natrosol Arg1, Natrosol CL2 e Natrosol Arg2), Figuras 12, 13, 14 e 15, não apresentaram picos correspondentes a absorção da radiação UVB (entre 290 nm e 320 nm), indicado nos gráficos por uma faixa vermelha, sugerindo a inutilidade destes protetores solares. Isso foi confirmado pelos valores do FPS apresentados pelas referidas amostras, que foram muito baixos, como pode ser visto na Tabela 6. Além dos valores do FPS terem sido muito baixos, o valor do FPS determinado para o protetor solar Natrosol foi muito inferior ao rotulado e deveria ser próximo já que de acordo com as informações do fornecedor, este protetor contém em sua composição, além de filtro químico, o filtro

físico TiO_2 , em um teor de 2% em massa, que atua refletindo a radiação UV impedindo que a mesma penetre na pele. Uma explicação para esse resultado pode ser a forma de preparação das amostras e/ou a quantidade dos filtros solares empregados na preparação das mesmas.

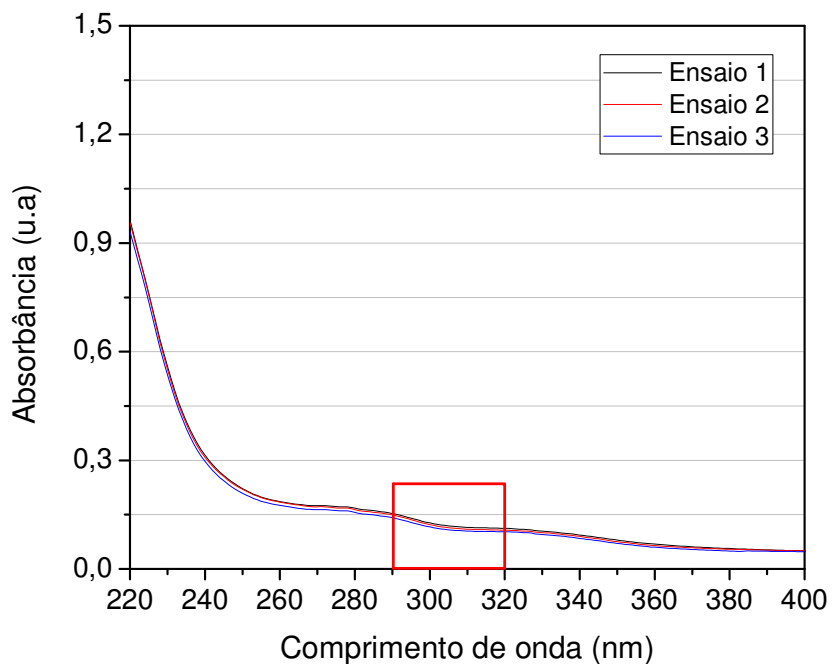


Figura 11 - Curvas de absorbância do protetor solar Natrosol.

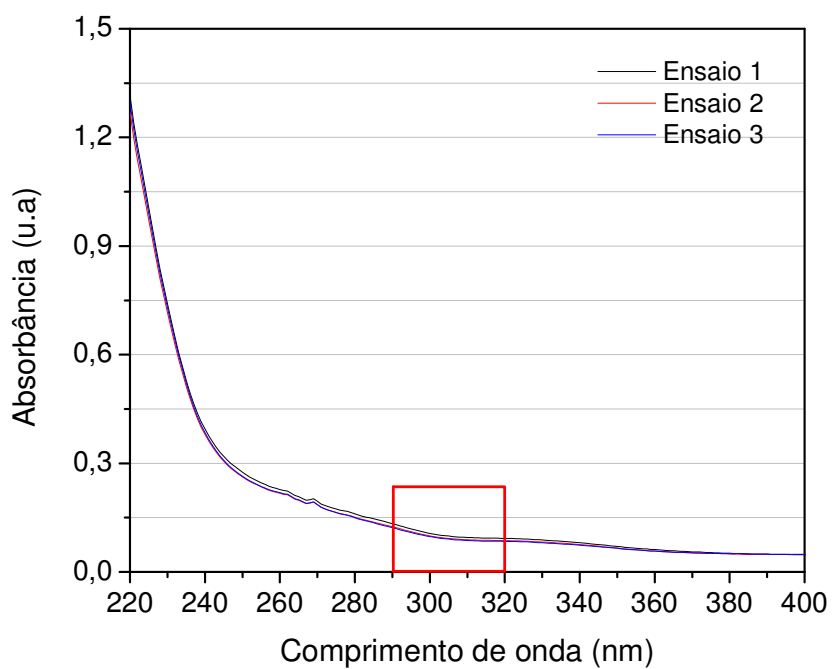


Figura 12 - Curvas de absorbância da formulação Natrosol CL1.

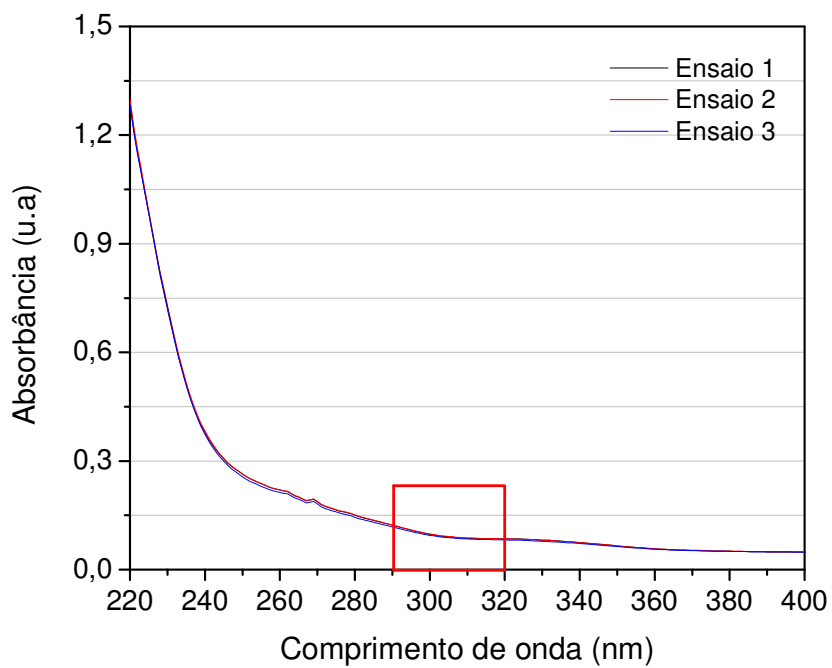


Figura 13 - Curvas de absorbância da formulação Natrosol Arg1.

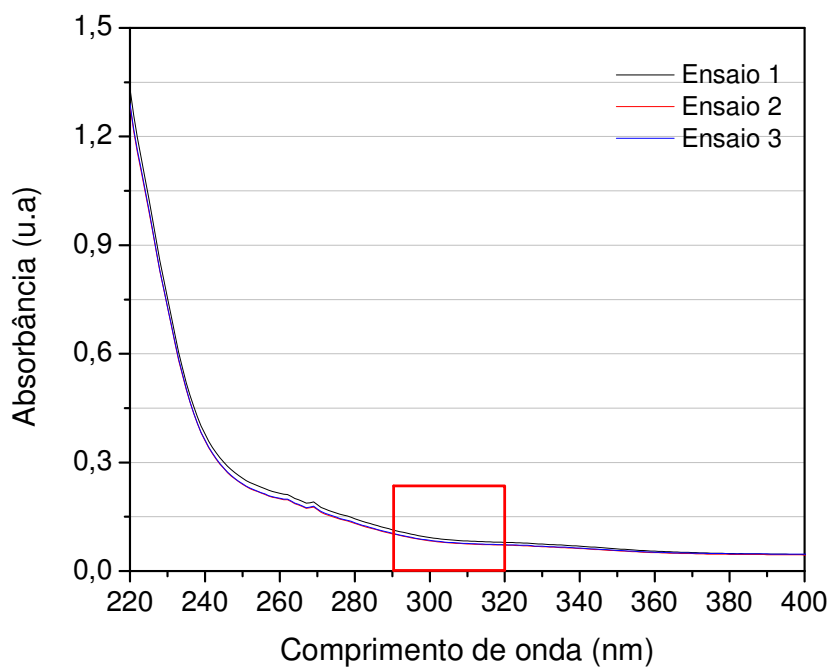


Figura 14 - Curvas de absorvância da formulação Natrosol CL2.

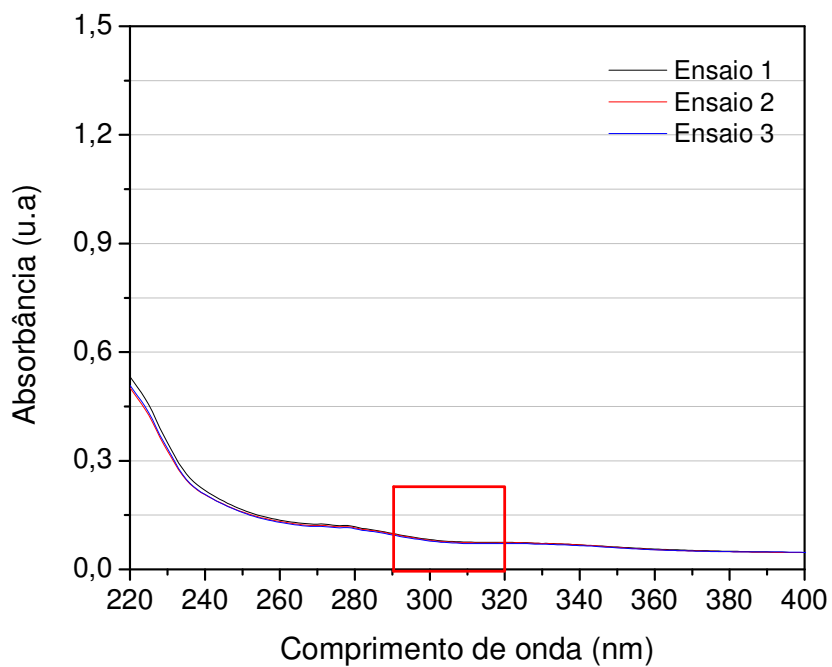


Figura 15 - Curvas de absorvância da formulação Natrosol Arg2.

Com relação à quantidade de radiação UV bloqueada (Tabela 6), observe-se que houve uma discrepância entre o (FPS) rotulado e o obtido.

Tabela 6 - Fator de proteção solar (FPS), determinado por espectrofotometria, e porcentagem de radiação bloqueada de amostras de protetores solares preparadas em farmácia de manipulação da cidade de Guarabira/PB.

Tipo de empresa	Nome do produto	FPS rotulado	FPS obtido	UV bloqueada (%)
	Natrosol	30	3 ± 0	66
Farmácia de manipulação (Guarabira/PB)	Natrosol CL1	-	1,4 ± 0	0
	Natrosol Arg1	-	1,6 ± 0	0
	Natrosol CL2	-	1,3 ± 0	0
	Natrosol Arg2	-	1,5 ± 0	0

Já que o protetor solar comercializado pela farmácia de manipulação da cidade de Guarabira/PB apresentou FPS muito abaixo do rotulado e, conseqüentemente, as quatro formulações preparadas com as argilas montmorilonita sódica comercial e bentonita Argel também apresentaram FPS inferior ao recomendado para uso, dois novos protetores solares a base de Natrosol (Natrosol A e Natrosol B) foram preparados em uma farmácia de manipulação da cidade de João Pessoa/PB; só que ao contrário do preparado na farmácia de Guarabira/PB que era na forma de gel, o preparado na farmácia de manipulação da cidade de João Pessoa/PB foi na forma de emulsão-forma recomendada por Mansur, Joao De Souza *et al.* (1986), sendo o Natrosol A composto de 1,5% de TiO₂ e 10% de UVA-UVB (FPS rotulado igual a 20) e o Natrosol B composto de 2% de TiO₂ e 10% de UVA-UVB (FPS rotulado igual a 30). Estas amostras foram avaliadas espectrofotometricamente e as curvas de absorvância versus comprimento de onda estão mostradas nas Figuras 16 e 17, respectivamente.

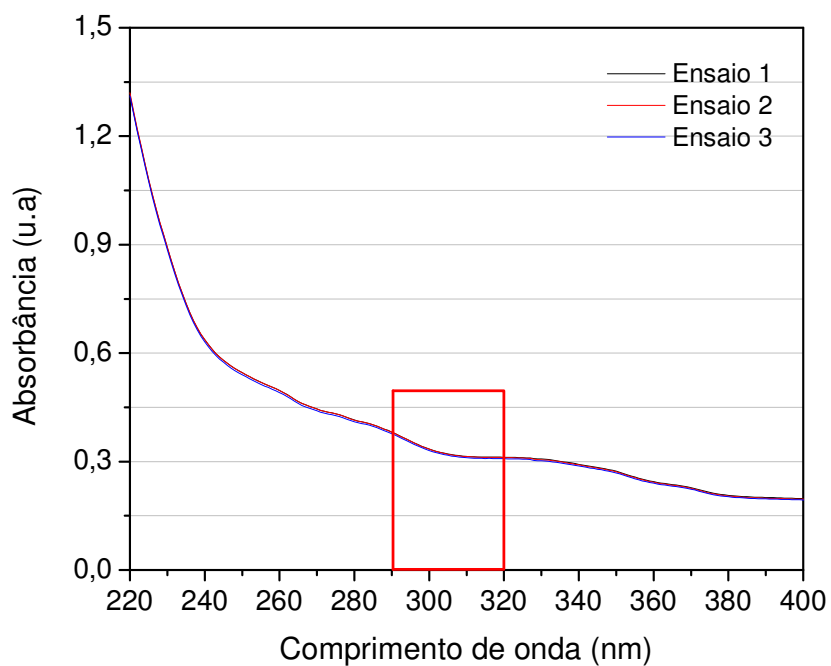


Figura 16 - Curvas de absorvância da formulação Natrosol A.

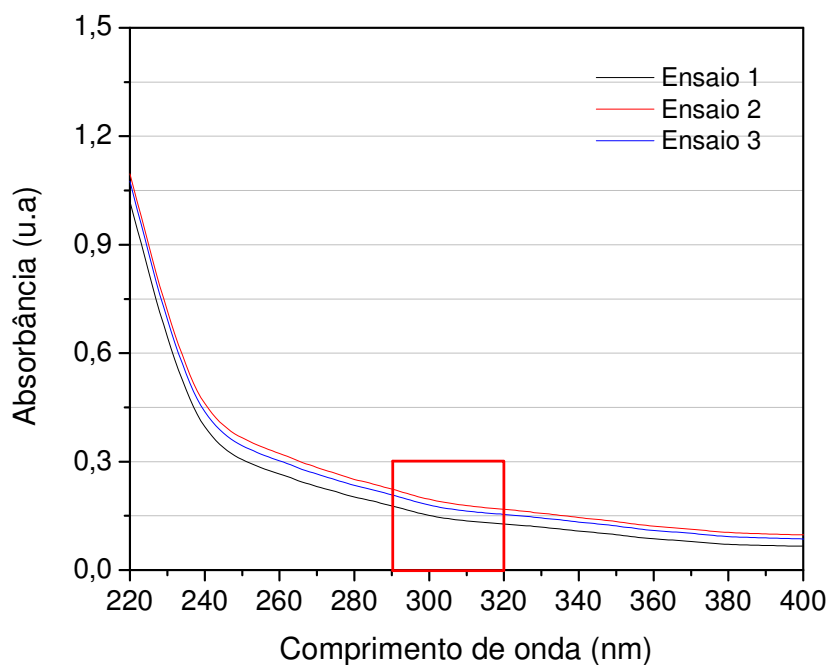


Figura 17 - Curvas de absorvância da formulação Natrosol B.

Os protetores solares preparados na farmácia de manipulação de João Pessoa/PB (Natrosol A e Natrosol B), da mesma forma que o protetor Natrosol preparado na farmácia de manipulação de Guarabira/PB, também não apresentaram picos correspondentes à absorção da radiação UVB (entre 290 nm e 320 nm), sugerindo também a inutilidade destes protetores solares. Isso foi ainda confirmado pelos valores do (FPS) apresentados pelas referidas amostras, que foram muito baixos e muito inferiores aos rotulados, como pode ser visto na Tabela 7, resultando também em uma mínima porcentagem da radiação bloqueada.

Mais uma vez este resultado não era esperado; primeiro porque o método usado neste estudo para determinar o FPS de protetores solares é confiável (preciso e reprodutível) e segundo porque os protetores solares Natrosol A e Natrosol B contêm em sua composição, além de filtro químico, o filtro físico TiO_2 , em teores de 1,5% e 2% em massa, respectivamente, que atua refletindo a radiação UV impedindo que a mesma penetre na pele.

Tabela 7 - Fator de proteção solar (FPS), determinado por espectrofotometria, e porcentagem de radiação bloqueada de amostras de protetores solares preparadas em farmácia de manipulação da cidade de João Pessoa/PB.

Tipo de empresa	Nome do produto	FPS rotulado	FPS obtido	UV bloqueada (%)
Farmácia de manipulação	Natrosol A	20	5 ± 0	80
(João Pessoa/PB)	Natrosol B	30	3 ± 0	66

Visando elucidar estas questões buscou-se uma terceira farmácia de manipulação na cidade de Campina Grande/PB e a referida farmácia fez uma doação de quatro amostras para determinação do FPS por espectrofotometria usando o método de Mansur; foram elas: protetor solar BB Cream (FPS rotulado igual a 40); protetor solar BB Cream Extra Seco (FPS rotulado igual a 40), protetor solar designado de Emulsão (FPS rotulado igual a 60) e uma loção hidratante com proteção UV (FPS rotulado igual a 15). As curvas de absorbância versus comprimento de onda destas amostras estão mostradas nas Figuras 18, 19, 20 e 21.

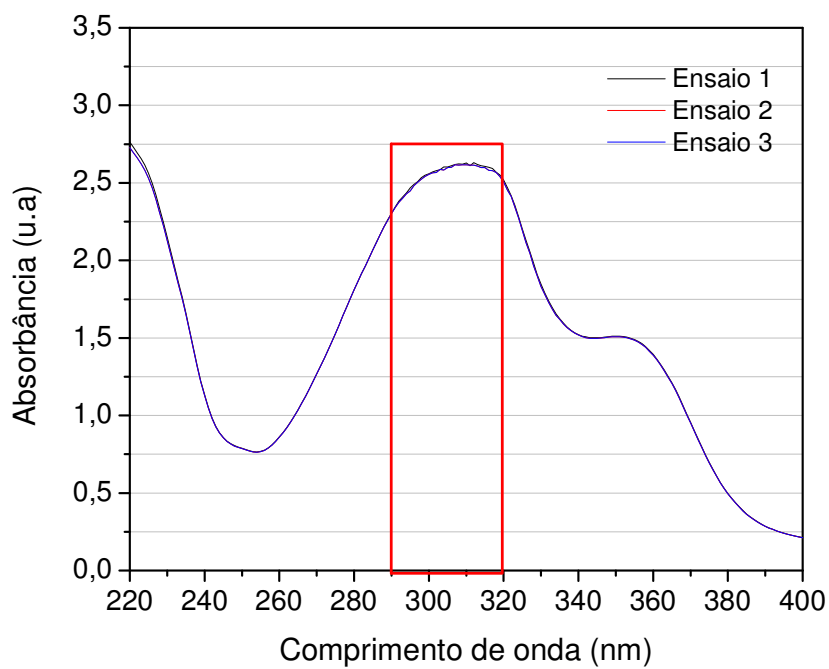


Figura 18 - Curvas de absorvância do protetor solar BB Cream.

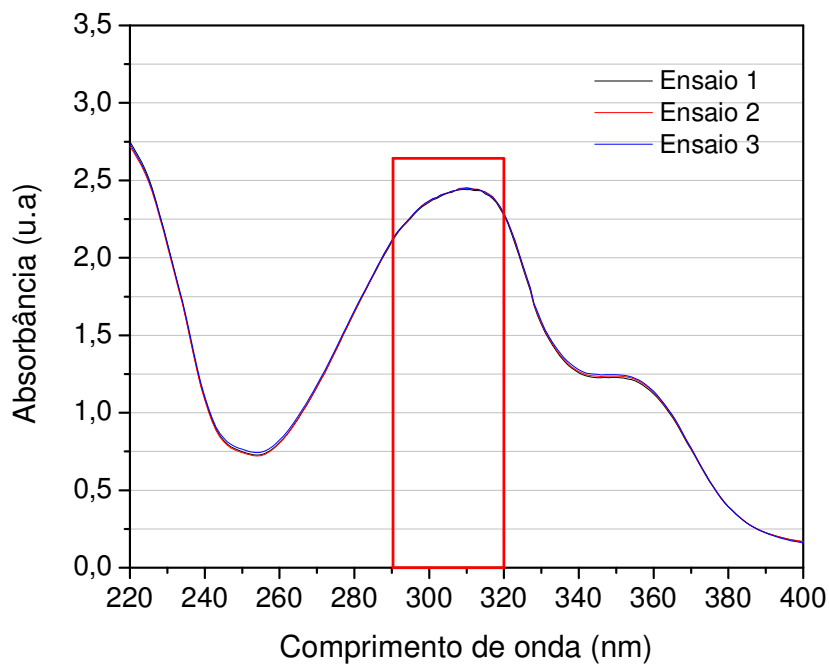


Figura 19 - Curvas de absorbância do protetor solar BB Cream Extra Seco.

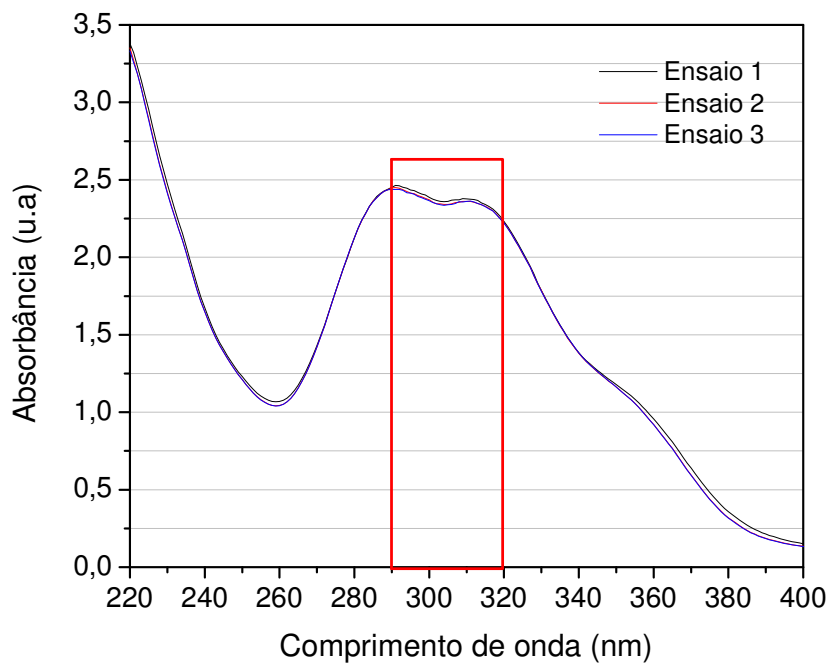


Figura 20 - Curvas de absorbância do protetor solar Emulsão.

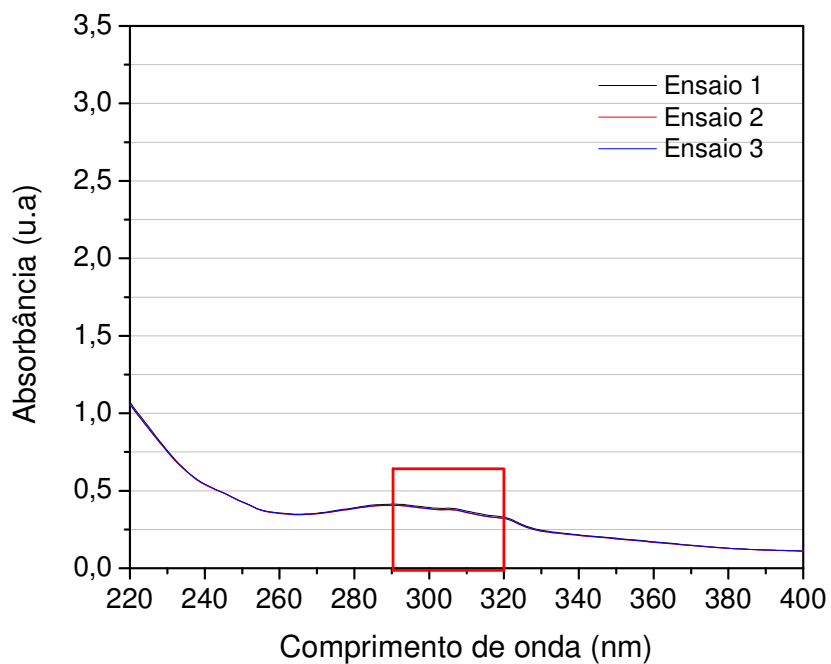


Figura 21 - Curvas de absorbância da loção hidratante.

Observa-se que as curvas de absorção de todas as amostras (Figuras 18-21) se encontram sobrepostas, confirmando a boa reprodutibilidade dos testes feitos em triplicata. Observa-se também que as quatro amostras testadas, apresentaram um valor de absorção máxima entre 290 nm e 320 nm, conforme indicado nas referidas figuras por uma faixa vermelha, confirmando a eficácia tanto dos protetores quanto da loção hidratante que contém protetor UV na sua formulação.

Com relação a intensidade dos picos de absorção, os protetores solares BB Cream (Figura 18) e BB Cream Extra Seco (Figura 19) apresentaram valores muito próximos; a Emulsão apresentou um pico de menor intensidade (Figura 20) e a loção hidratante (Figura 21), conforme esperado, foi o menos intenso. Os valores do FPS seguiram esta mesma ordem e estão mostrados na Tabela 8.

Tabela 8 - Fator de proteção solar (FPS), determinado por espectrofotometria, e porcentagem de radiação bloqueada de amostras de protetores solares preparadas em farmácia de manipulação da cidade de Campina Grande/PB.

Tipo de empresa	Nome do produto	FPS rotulado	FPS obtido	UV bloqueada (%)
	BB Cream	40	45 ± 0	97,77
Farmácia de manipulação	BB Cream Extra Seco	40	42 ± 0	97,62
(Campina Grande/PB)	Emulsão	60	41 ± 0	97,56
	Loção hidratante	15	6 ± 0	83,33

Outra observação importante é que os valores dos (FPS) rotulados e determinados experimentalmente (FPS obtidos) para as amostras dos protetores solares BB Cream e BB Cream Extra Seco foram idênticos. Isto confirma a eficácia do procedimento utilizado na determinação do FPS e a qualidade destes produtos preparados em farmácia de manipulação da cidade de Campina Grande/PB.

As amostras Emulsão e loção hidratante apresentaram valores de FPS obtidos inferiores aos rotulados. É possível que estas duas amostras apresentem concentrações de filtros solares (físicos e químicos) inferiores as necessárias para atingir o FPS rotulado.

Os protetores solares BB Cream (Figura 18) e BB Cream Extra Seco (Figura 19), também apresentaram pico de absorção na região do UVA, essa faixa está relacionada principalmente com a proteção à radiação UVA-I já que a radiação UVA-I compreende comprimentos de onda na faixa de 400-340 nm e a UVA-II de 340-320 nm (Khury e Borges, 2011). Isto não foi observado para a Emulsão e para a loção hidratante.

A partir dos valores do (FPS) determinados experimentalmente para as quatro amostras provenientes da farmácia de manipulação da cidade de Campina Grande, foi calculada a quantidade de radiação bloqueada por cada amostra (Tabela 8). Observa-se que a quantidade de radiação bloqueada pelos protetores BB Cream e BB Cream Extra Seco e pelo protetor denominado Emulsão foi praticamente a mesma e em torno de 98%; confirmando a eficácia destes produtos como protetores da radiação UV. Por outro lado, a loção hidratante bloqueou apenas 83% da radiação.

Uma vez comprovada a eficácia dos protetores solares provenientes da farmácia de manipulação da cidade de Campina Grande/PB, selecionou-se o protetor solar com FPS rotulado igual a 40, denominado BB Cream, e este protetor foi usado como base onde foi feita a substituição parcial e total do filtro físico (TiO_2) pelas argilas Cloisite sódica e Argel. Para a substituição parcial, 1% em massa de cada argila foi incorporada ao protetor e foi mantido 1% de TiO_2 e os protetores preparados foram denominados BB Cream CL1 e BB Cream Arg1. Para substituição total, 2% em massa das argilas foram incorporados ao protetor, os quais foram denominados BB Cream CL2 e BB Cream Arg2. As curvas de absorbância versus comprimento de onda dos protetores preparadas com as argilas (BB Cream CL1, BB Cream Arg1, BB Cream CL2 e BB Cream Arg2) estão mostradas nas Figuras 22, 23, 24 e 25.

Observa-se que as curvas de absorção dos protetores solares preparados com substituição parcial do filtro físico TiO_2 (Figuras 22 e 23) não se encontram totalmente sobrepostas. Por outro lado, as curvas dos protetores solares preparados com substituição total do filtro físico TiO_2 (Figuras 24 e 25) estão totalmente sobrepostas, confirmando a boa reprodutibilidade dos testes feitos em triplicata e a qualidade destas amostras. Observa-se também que as quatro amostras testadas, apresentaram um valor de absorção máxima entre 290 nm e 320 nm, conforme

indicado nas referidas figuras por uma faixa vermelha, confirmando a eficácia das quatro formulações preparadas com as argilas. Entretanto, de acordo com os dados do FPS e da porcentagem de radiação UV bloqueada (Tabela 9) fica evidenciado que a argila com maior capacidade para absorção da radiação UV foi a bentonita Argel (codificada como Arg). Quando esta argila foi usada na substituição parcial e total do filtro físico TiO_2 , os valores dos FPS obtidos foram 45 e 43, respectivamente, e a porcentagem de bloqueio da radiação UV foi de aproximadamente 98% para as duas amostras.

A substituição parcial e total do filtro físico TiO_2 pela argila Cloisite sódica (CL) resultou em valores de FPS de 39 e 37, respectivamente, e a porcentagem de bloqueio da radiação UV foi de aproximadamente 97% para as amostras com substituição parcial e total do TiO_2 (Tabela 9).

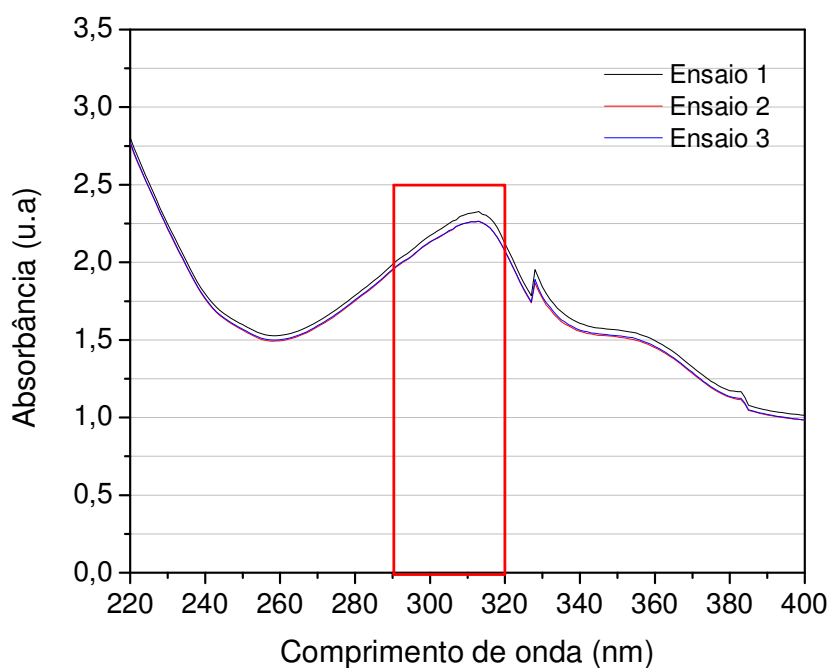


Figura 22 - Curvas de absorbância do protetor solar BB Cream CL1.

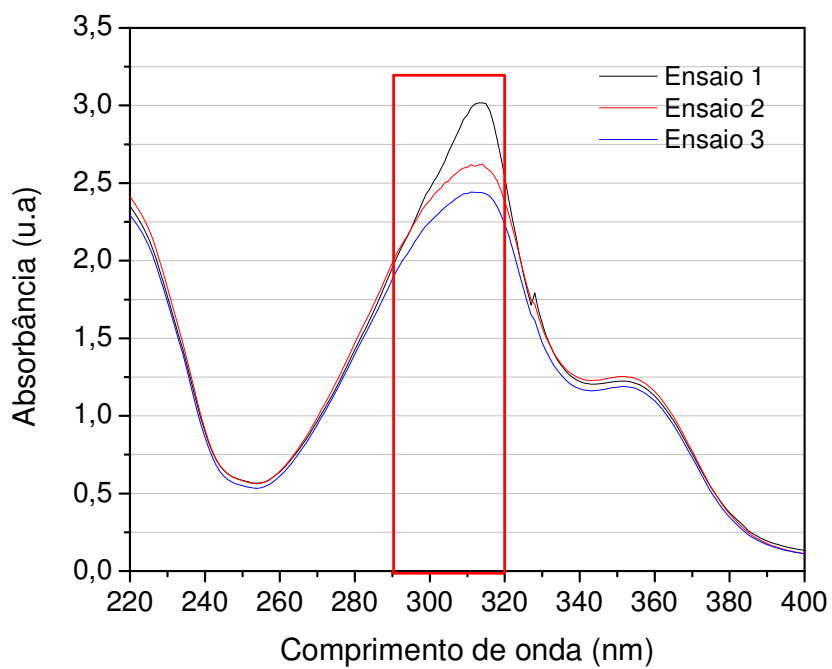


Figura 23 - Curvas de absorvância do protetor solar BB Cream Arg1.

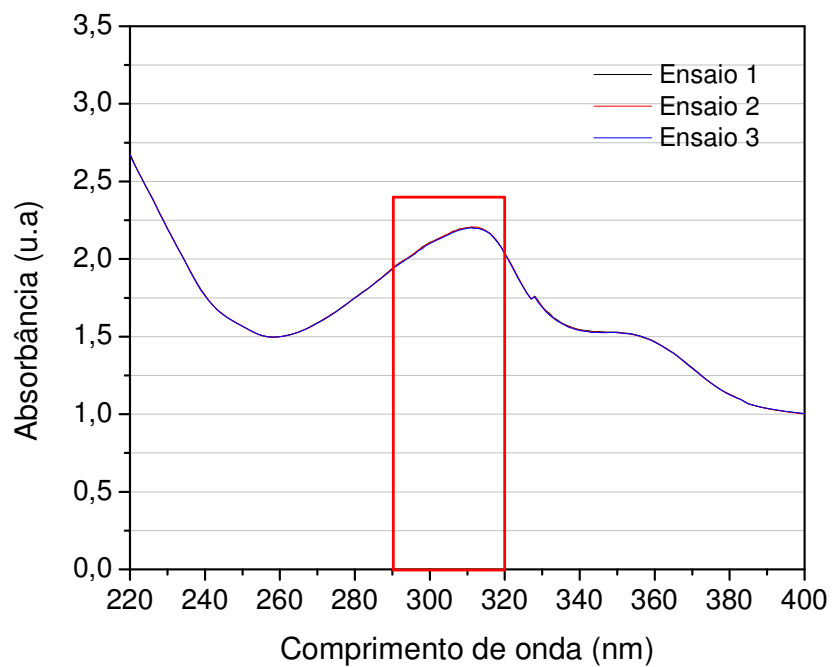


Figura 24 - Curvas de absorvância do protetor solar BB Cream CL2.

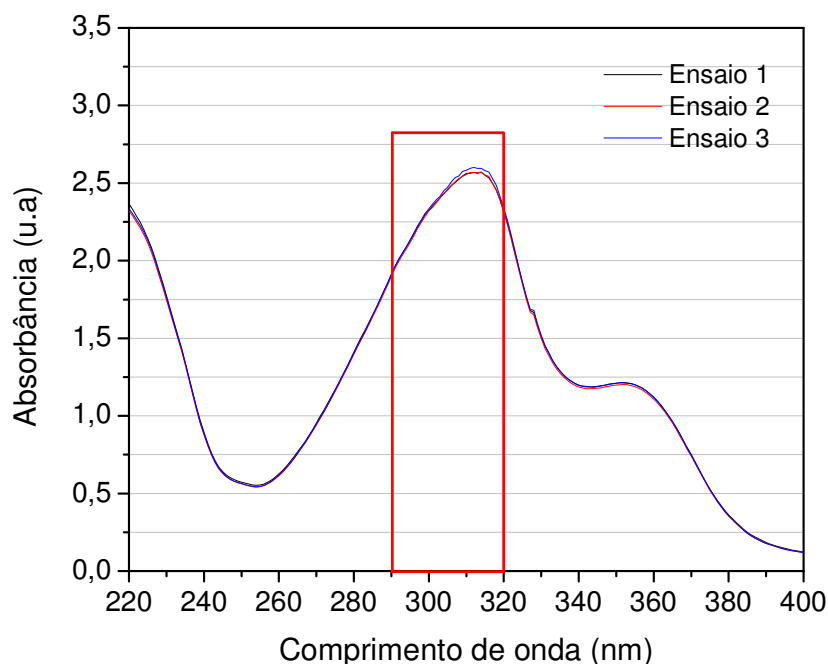


Figura 25 - Curvas de absorvância do protetor solar BB Cream Arg2.

Tabela 9 - Fator de proteção solar (FPS), determinado por espectrofotometria, e porcentagem de radiação bloqueada de amostras de protetores solares preparadas em farmácia de manipulação da cidade de Campina Grande/PB com as argilas CL e Arg.

Tipo de empresa	Nome do produto	FPS obtido	UV bloqueada (%)
Farmácia de manipulação (Campina Grande/PB)	BB Cream CL1	39 ± 0	97,43
	BB Cream Arg1	45 ± 0	97,77
	BB Cream CL2	37 ± 0	97,29
	BB Cream Arg2	43 ± 0	97,67

Hoang-Minh *et al.* (2010) estudando a capacidade de proteção UV de algumas argilas em relação a quantidade de Fe_2O_3 presente na composição das mesmas encontraram que quanto maior o teor de Fe_2O_3 na argila, maior a capacidade de proteção a radiação UV, mas devido à sua cor não é bem adequado para a produção de cremes de proteção solar. Neste estudo, foi observado resultado semelhante, pois a argila que apresentou maior capacidade de proteção UV foi a bentonita Argel que contém uma quantidade de Fe_2O_3 (12,73%) maior do que a apresentada pela montmorilonita sódica (10,44%), conforme Anexo II. Acredita-se

que além da maior quantidade de Fe_2O_3 , a maior quantidade de dióxido de titânio (TiO_2) presente na Argel (1,77%), comparada com a quantidade presente na montmorilonita sódica (0,74%), tenha sido também responsável pela maior proteção UV desta argila.

Com base nestes resultados pode-se dizer que a bentonita Argel tem grande potencial como agente de proteção UV natural em protetores solares, mantendo os mesmos níveis de FPS quando substitui o dióxido de titânio. Além de atuar como um filtro físico, sem alterar a cor do creme protetor (Anexo III), as argilas oferecem muitos benefícios para a saúde humana, devido ao seu poder absorvente, são substâncias capazes de aderir à pele, formando uma película que protege contra agentes físicos ou químicos externos. Além disso, são capazes de absorver secreções da pele. Elas também têm uma ação refrescante, criando uma grande superfície para a sua evaporação, que por sua vez promove uma ação antisséptica suave. São recomendados para processos inflamatórios, tais como furúnculos, acne, úlceras, etc. Elas também são utilizadas em cremes, pós, emulsões, etc, como antitranspirantes e para dar a opacidade a pele, remover o brilho e cobrir manchas (Carretero, 2002) e o mais importante, é natural, abundante, de baixo custo, inerte quimicamente e apresenta toxicidade baixa ou nula para pacientes.

CONCLUSÕES

Todos os esforços envidados na execução deste trabalho justificou-se pela prevenção de doenças provocadas pelas ações deletérias da radiação solar UVA/UVB; pela verificação de que protetores solares podem contribuir com essa expectativa; e pela comprovação de que a introdução de argilas na composição dos protetores solares como materiais naturais em substituição aos materiais sintéticos, foram eficazes.

Ainda com o escopo de ratificar a eficácia e importância do uso das argilas estudadas, Argel e Montimorilonita Sódica, por serem materiais naturais abundantes na natureza, possuírem área superficial elevada, capacidade de absorção UVA/UVB e toxicidade baixa ou nula, há uma qualidade de extrema relevância social: os custos. Verificou-se, através de informações dos fornecedores, que 1kg de TiO_2 custa cerca de R\$ 397,00 enquanto 1kg das argilas referidas custam cerca de R\$ 0,35 a R\$ 50. A procura de protetores que sejam eficazes, porém acessíveis quanto ao custo, poderá favorecer a grandes massas de trabalhadores expostos diariamente à radiação solar, confirmando de forma inexorável, o cunho social deste trabalho.

Outro aspecto de contribuição deste trabalho foi o aspecto legal da necessidade de se considerar o protetor solar como um EPI - Equipamento de Proteção Individual, pois não se justifica o que acontece nas relações trabalhadores x empregadores em nosso País, quando a Lei desconhece a `primazia da realidade` termo utilizado por um Juiz do trabalho, para fundamentar brilhante sentença em favor de quem se obriga a trabalhar diariamente sob os efeitos nocivos da radiação solar.

O método utilizado, o espectrofotométrico UV (por dissolução), demonstrou ser simples e rápido. Empregando reagentes de baixo custo pode ser usado na determinação *in vitro* de valores de FPS em muitas formulações fotoprotetoras. Esta metodologia pode ser útil como um método de controle de qualidade rápido. Ela pode ser usada durante o processo de produção de formulações de protetores solares, no ajuste das formulações, antes de enviá-las para testes *in vivo*. Além disso, foi considerado preciso e reprodutível nas demonstrações experimentais.

Por fim, além de contribuições de aspectos pragmáticos de cunho científico, a exemplo do que foi comprovado com a eficácia das argilas Argel e Montimorilonita

em substituição ao TiO_2 , este trabalho exorta para a imperiosa necessidade de se continuar o estudo do tema. A substituição de materiais sintéticos por materiais naturais, longe de ser um modismo passageiro, é uma tendência universal incontestável ancorada por experimentação e conceitos científicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA. Resolução RDC Nº 237 de 22 de agosto de 2002. **Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry**, 2002. Disponível em: < <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/ea0ebf004aee4a7cb7b3bfa337abae9d/Resolu%C3%A7%C3%A3o+RDC+n%C2%BA+237,+de+22+de+agosto+de+2002.pdf?MOD=AJPERES> >. >.

_____. Lista de filtros ultravioletas permitidos para produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumes. v. RDC nº 47, 16 de Março de 2006. . <http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/14c345804aee4083b759bfa337abae9d/Resolu%C3%A7%C3%A3o+RDC+n%C2%BA+47%2C+de+16+de+mar%C3%A7o+d e+2006.pdf?MOD=AJPERES>

2006. Acesso em: 12 de maio de 2015.

BALOGH, T. S.; VELASCO, M. V. R.; PEDRIALI, C. A.; KANEKO, T. M.; BABY, A. R. Proteção à radiação ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade em fotoproteção. **An Bras Dermatol**, v. 86, n. 4, p. 732-42, 2011.

BISSETT, D. L.; P HANNON, D.; ORR, T. wavelength dependence of histological, physical, and visible changes in chronically uv-irradiated hairless mouse skin*. **Photochemistry and photobiology**, v. 50, n. 6, p. 763-769, 1989. ISSN 1751-1097.

CARRETERO, M. I. Clay minerals and their beneficial effects upon human health. A review. **Applied Clay Science**, v. 21, n. 3, p. 155-163, 2002. ISSN 0169-1317.

CHEN, T.; SOUZA SANTOS, P.; FERREIRA, H.; ZANDONADI, A.; CALIL, S.; CAMPOS, L. Determinação da capacidade de troca de cátions e da área específica de algumas argilas e caulins cerâmicos brasileiros pelo azul de metileno e sua correlação com algumas propriedades tecnológicas. **Cerâmica**, v. 20, n. 79, p. 305-327, 1974.

CHINTAGINJALA, A.; KAMCHARLA, L.; KOLALAPUDI, S. Sunscreens. **Journal of Dr. NTR University of Health Sciences**, v. 1, n. 4, p. 210, 2012. ISSN 2277-8632.

CHORILLI, M.; OTTO, T.; ALVES, M. I. F.; CAVALLINI, M. E.; LEONARDI, G. R. Avaliação do uso de protetores solares pela população rural de Piracicaba - São Paulo - Brasil, através da aplicação de questionário. **Rev. Bras. Farm**, v. 88, n. 4, p. 167-172, 2007.

CHORILLI, M.; UDO, M.; CAVALLINI, M.; LEONARDI, G. Desenvolvimento e estudos preliminares de estabilidade de formulações fotoprotetoras contendo Granlux GAI-45 TS®. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 27, n. 3, p. 237-246, 2009. ISSN 2179-443X.

COELHO, A. C. V.; DE SSANTOS, P.; DE SSANTOS, H. Argilas especiais: argilas quimicamente modificadas-uma revisão. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1282, 2007. ISSN 0100-4042.

COELHO, L. C. D. S. **Protetor solar: desenvolvimento farmacotécnico e avaliação da eficácia e segurança**. 2005. 79f. Dissertação Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas do Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

DA SILVA CABRAL, L. D.; DE OLIVEIRA PEREIRA, S.; PARTATA, A. K. filtros solares e fotoprotetores mais utilizados nas formulações no Brasil. **Revista Científica do ITPAC**, Araguaina, v. 4, 2011a.

_____. Filtros solares e fotoprotetores mais utilizados nas formulações no Brasil. 2011b.

DE ARAÚJO, G. M. **Legislação de segurança e saúde ocupacional: normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego**. GVC, 2008. ISBN 8599331094.

DE ARAÚJO, T.; DE SOUZA, S. Protetores solares e os efeitos da radiação ultravioleta. **Scientia plena**, v. 4, n. 11, 2008a. ISSN 1808-2793.

_____. Protetores solares e os efeitos da radiação ultravioleta. **câncer**, v. 4, p. 5, 2008b.

DE LIMA, J. F. **Nanocompostos a base de cério com aplicações na absorção da radiação ultravioleta**. 2013. Universidade de São Paulo

DE SOUSA SANTOS, P. **Ciência e tecnologia de argilas**. 2. São Paulo-SP: 1989.

DE SOUSA SANTOS, P.; SANTOS, H. S. **Ciência e tecnologia de argilas**. E. Blucher, 1992.

DIFFEY, B.; FARR, P. Sunscreen protection against UVB, UVA and blue light: an in vivo and in vitro comparison. **British journal of dermatology**, v. 124, n. 3, p. 258-263, 1991. ISSN 1365-2133.

DIFFEY, B. L. Sources and measurement of ultraviolet radiation. **Methods**, v. 28, n. 1, p. 4-13, 2002. ISSN 1046-2023.

DO NASCIMENTO, L. F.; DOS SANTOS, E. P.; DE AGUIAR, A. P. Fotoprotetores orgânicos: Pesquisa, Inovação e a Importância da Síntese orgânica. **Revista Virtual de Química**, v. 6, n. 2, p. 190-223, 2013. ISSN 1984-6835.

DUARTE, R. R. D. A. **A Importância do Uso de Protetor Solar e a Determinação do Fator de Proteção Solar (FPS) In Vitro de Amostras Comerciais e Manipuladas**. 2015. (Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)). Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

DUTRA, E. A.; OLIVEIRA, D. A. G. D. C.; KEDOR-HACKMANN, E. R. M.; SANTORO, M. I. R. M. Determination of sun protection factor (SPF) of sunscreens by ultraviolet spectrophotometry. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 40, n. 3, p. 381-385, 2004. ISSN 1516-9332.

EL-BOURY, S.; COUTEAU, C.; BOULANDE, L.; PAPARIS, E.; COIFFARD, L. Effect of the combination of organic and inorganic filters on the Sun Protection Factor (SPF) determined by *in vitro* method. **International journal of pharmaceutics**, v. 340, n. 1, p. 1-5, 2007. ISSN 0378-5173.

FLOR, J.; DAVOLOS, M. R.; CORREA, M. A. Protetores solares. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p. 153, 2007. ISSN 0100-4042.

GONTIJO, G. T.; PUGLIESI, M. C. C.; ARAÚJO, F. M. Fotoproteção. **Surgical & Cosmetic Dermatology**, v. 1, n. 4, p. 186-192, 2009. ISSN 1984-5510.

HOANG-MINH, T. **Characterization of Clays and Clay Minerals for Industrial Applications: Substitution Non-natural Additives by Clays in UV Protection**. 2006. Dissertation (doctor). Faculty of Mathematics and Natural Sciences Ernst-Moritz-Arndt-University Greifswald, Greifswald, Germany.

HOANG-MINH, T.; LE, T.; KASBOHM, J.; GIERÉ, R. UV-protection characteristics of some clays. **Applied Clay Science**, v. 48, n. 3, p. 349-357, 2010. ISSN 0169-1317.

HOANG-MINH, T.; LE, T. L.; KASBOHM, J.; GIERÉ, R. Substituting non-natural agents in UV-protection cream by a mixture of clay with Ganoderma pfeifferi extract. **Applied Clay Science**, v. 53, n. 1, p. 66-72, 2011. ISSN 0169-1317.

HOYO, C. D.; VICENTE, M.; RIVES, V. Application of phenyl salicylate-sepiolite systems as ultraviolet radiation filters. **Clay Minerals**, v. 33, n. 3, p. 467-474, 1998. ISSN 0009-8558.

JANOUSEK, A. Regulatory aspects of sunscreens in Europe. **Sunscreen development, evaluation and regulatory aspects**, p. 215-225, 1996.

KAUFHOLD, S. Comparison of methods for the determination of the layer charge density (LCD) of montmorillonites. **Applied Clay Science**, v. 34, n. 1, p. 14-21, 2006. ISSN 0169-1317.

KHURY, E.; BORGES, E. Protetores solares. **Rev. Brás. Med., São Paulo**, v. 68, n. 4, p. 4-18, 2011.

KULLAVANIJAYA, P.; LIM, H. W. Photoprotection. **Journal of the American Academy of Dermatology**, v. 52, n. 6, p. 937-958, 2005. ISSN 0190-9622.

LAUTENSCHLAGER, S.; WULF, H. C.; PITTELKOW, M. R. Photoprotection. **The Lancet**, v. 370, n. 9586, p. 528-537, 2007. ISSN 0140-6736.

LEITE, I. F.; SOARES, A. P. S.; CARVALHO, L. H.; RAPOSO, C. M.; MALTA, O. M.; SILVA, S. M. Characterization of pristine and purified organobentonites. **Journal of thermal analysis and calorimetry**, v. 100, n. 2, p. 563-569, 2010. ISSN 1388-6150.

MANSUR, J. D. S.; BREDER, M. N. R.; MANSUR, M. C. D. A.; AZULAY, R. D. Correlação entre a determinação do fator de proteção solar em seres humanos e por espectrofotometria. **An. bras. dermatol**, v. 61, n. 4, p. 167-72, 1986a. ISSN 0365-0596.

_____. Determinação do fator de proteção solar por espectrofotometria. **An. Bras. Dermatol**, v. 61, n. 3, p. 121-4, 1986b. ISSN 0365-0596.

MARTELLI, S. M.; PIETRINI, M.; FERNANDES, E. G.; CHIELLINI, E. Poly [(R)-3-hydroxy butyrate] Melt Processing: Strategy for Prevention of Degradation Reactions. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 21, n. 1, p. 39-45, 2013. ISSN 1566-2543.

MASSON, P.; SCOTTI, L. Fotoproteção: um desafio para a cosmetologia. **Cosmet Toilet**, v. 15, n. 4, p. 42-53, 2003.

MASSON, P.; SCOTTI, L. Fotoproteção: um desafio para a cosmetologia. **Cosmetics Cosmetics & Toiletries (edição em português)**, v. 15, p. 42-53, 2003.

MILESI, S. D. S.; GUTERRES, S. S. Fatores determinantes da eficácia de fotoprotetores. Caderno de farmácia. Porto Alegre, RS. Vol. 18, n. 2 (jul./dez. 2002), p. 81-87, 2002. ISSN 0102-6593.

MORGANTI, P.; RUOCCO, E.; WOLF, R.; RUOCCO, V. Percutaneous absorption and delivery systems. **Clinics in dermatology**, v. 19, n. 4, p. 489-501, 2001. ISSN 0738-081X.

MUNHOZ, V. M.; LONNI, A. A. S. G.; MELLO, J. C. P. D.; LOPES, G. C. Avaliação do fator de proteção solar em fotoprotetores acrescidos com extratos da flora brasileira ricos em substâncias fenólicas. **Rev. ciênc. farm. básica apl**, v. 33, n. 2, 2012. ISSN 1808-4532.

PALM, M. D.; O'DONOGHUE, M. N. Update on photoprotection. **Dermatologic Therapy**, v. 20, n. 5, p. 360-376, 2007. ISSN 1529-8019.

PAULA, L. R. D. **Determinação in vitro do fator de proteção solar de preparações cosméticas usando dispositivos fotoquímicos nanoestruturados**. 2010. 124p. Dissertação (Mestre em Química). Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo.

PISSAVINI, M.; FERRERO, L.; ALARD, V.; HEINRICH, U.; TRONNIER, H.; KOCKOTT, D.; LUTZ, D.; TOURNIER, V.; ZAMBONIN, M.; MELONI, M. Determination of the in vitro SPF. **Cosmetics and toiletries**, v. 118, n. 10, p. 63-72, 2003. ISSN 0361-4387.

PURIM, K. S. M.; LEITE, N. Fotoproteção e exercício físico:[revisão]; Photoprotection and physical exercise. **Rev. bras. med. esporte**, v. 16, n. 3, p. 224-229, 2010. ISSN 1517-8692.

RAI, R.; SRINIVAS, C. Photoprotection. **Indian Journal of Dermatology, Venereology, and Leprology**, v. 73, n. 2, p. 73, 2007. ISSN 0378-6323.

REIS, J. S. Planejamento, síntese e avaliação fotoprotetora de novos compostos híbridos derivados do resveratrol, cinamatos e avobenzona planejados como filtros solares. 2014.

RIBEIRO, R. P. **Desenvolvimento e validação da metodologia de análise do teor de filtros solares e determinação do FPS *in vitro* em formulações fotoprotetoras comerciais**. 2004. Tese de mestrado, Centro de Ciências farmacêuticas, UFRJ

RIBEIRO, R. P.; SANTOS, V. M.; MEDEIROS, E.; SILVA, V.; VOLPATO, N. M.; GARCIA, S. Avaliação do fator de proteção solar (FPS) *in vitro* de produtos comerciais e em fase de desenvolvimento. **Pharm Bras**, v. 16, p. 86-88, 2004.

SAID, T.; DUTOT, M.; MARTIN, C.; BEAUDEUX, J.-L.; BOUCHER, C.; ENEE, E.; BAUDOIN, C.; WARNET, J.-M.; RAT, P. Cytoprotective effect against UV-induced DNA damage and oxidative stress: role of new biological UV filter. **European journal of pharmaceutical sciences**, v. 30, n. 3, p. 203-210, 2007. ISSN 0928-0987.

SAMBANDAN, D. R.; RATNER, D. Sunscreens: an overview and update. **Journal of the American Academy of Dermatology**, v. 64, n. 4, p. 748-758, 2011. ISSN 0190-9622.

SAYRE, R. M.; AGIN, P. P.; LEEVEE, G. J.; MARLOWE, E. A comparison of *in vivo* and *in vitro* testing of suncreening formulas. **Photochemistry and photobiology**, v. 29, n. 3, p. 559-566, 1979. ISSN 1751-1097.

SCHALKA, S.; DOS REIS, V. M. S. REVISÃO 507. **An Bras Dermatol**, v. 86, n. 3, p. 507-15, 2011.

SILVA, S. S.; MAGALHÃES, F.; SANSIVIERO, M. T. C. Nanocompósitos semicondutores ZnO/ TiO₂. Testes fotocatalíticos. **Quim. Nova**, v. 33, n. 1, p. 85-89, 2010.

SOUZA, T.; SANTOS, L.; MOREIRA, R.; RANGEL, V. Avaliação da atividade fotoprotetora de *Achillea millefolium* L.(Asteraceae). **Rev. Bras. Farmacogn**, v. 15, n. 1, p. 36-38, 2005.

TEIXEIRA, S. M. M. C. G. **Veiculação de filtros solares utilizados na fotoproteção**. 2012a. 95f. Mestrado (Mestre em Ciências Farmacêuticas). Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa, Porto.

_____. Veiculação de filtros solares utilizados na fotoproteção. 2012b.

UTRACKI, L. A. **Clay-containing polymeric nanocomposites**. iSmithers Rapra Publishing, 2004. ISBN 1859574378.

VICENTE, M.; RIVES, V. Preparation of drug-montmorillonite UV-radiation protection compounds by gas-solid adsorption. **Clay Minerals**, v. 36, n. 4, p. 541-546, 2001. ISSN 0009-8558.

WANG, S. Q.; BALAGULA, Y.; OSTERWALDER, U. Photoprotection: a review of the current and future technologies. **Dermatologic Therapy**, v. 23, n. 1, p. 31-47, 2010. ISSN 1529-8019.

ANEXOS**ANEXO I**

Sentença Prolatada pelo Juiz Dr. Antônio Cavalcante da Costa Neto

ATA DE JULGAMENTO DA RECLAMAÇÃO Nº 0130212-09.2014.5.13.0010

Aos oito dias do mês de junho do ano de dois mil e quinze, estando aberta a audiência na Vara do Trabalho de Guarabira-Pb, na sua respectiva sede, na Rua Osório de Aquino, 65, Centro, com a presença do Juiz do Trabalho, Dr. Antônio Cavalcante da Costa Neto, foram apregoados os litigantes:

RUI RIBEIRO MENDES (RECLAMANTE)

EMPRESA BRASILEIRA DE CORREIOS E TELEGRAFOS (RECLAMADA)

Ausentes as partes.

Vistos, etc.

RELATÓRIO

RUI RIBEIRO MENDES ajuizou reclamação trabalhista em face de **EMPRESA BRASILEIRA DE CORREIOSE TELEGRAFOS**, alegando que foi admitido pela reclamada em 03 de outubro de 2000, para a função de carteiro. Alega que durante a jornada percorria longas distâncias portando uma bolsa que por vezes chegou a pesar mais que 10 kg, e que sofreu acidente de trabalho em

01/09/2013, resultando em lesões no seu ombro esquerdo. Pleiteia a condenação da demandada no pagamento de insalubridade, indenização por dano moral decorrente de acidente de trabalho e pensão vitalícia proporcional à redução de sua capacidade laboral. Requereu, ainda, a concessão dos benefícios da justiça gratuita e condenação em honorários sucumbenciais. Atribuiu à causa o valor de R\$ 118.824,00. Juntou procuração e documentos.

Citada, a reclamada compareceu a juízo, apresentando contestação em que suscita prejudicial de mérito de prescrição quinquenal. No "mérito propriamente dito" refuta os fatos narrados na inicial, sustentando inexistência de trabalho insalubre e que a doença do reclamante é degenerativa, não havendo, portanto, culpa da reclamada, tampouco existência de nexos causal, protestando, em síntese, pelo indeferimento total dos pedidos do autor. Juntou procuração, carta de preposto e documentos.

Na instrução foram ouvidos o autor e duas testemunhas por ele apresentadas, sendo determinada a realização de perícia.

Laudo pericial inserido no id 6bcb7d6.

As partes não compareceram à audiência designada para razões finais, mas apresentaram memoriais.

Não houve acordo.

É o relatório.

FUNDAMENTOS

Da prejudicial de mérito/prescrição quinquenal

Acolhe-se a prejudicial de mérito de prescrição quinquenal, alegada na defesa, para extinguir o processo com resolução do mérito em relação aos pleitos anteriores a 04.04.2009, nos moldes do artigo 269, IV, do CPC.

Do adicional de insalubridade

Com base na alegação de que "era exposto diariamente a situações de riscos à sua saúde, como o sol, o calor, o cansaço físico diante de trajetos diários de 18 km por dia e mais o grande peso que carregava em sua bolsa onde eram depositadas as mais diversas correspondências", o reclamante requer pagamento de adicional de insalubridade em grau máximo (40%) referente a 65 meses de trabalho.

Defendendo-se, a reclamada sustenta que a assertiva do autor, de que o seu trabalho é insalubre, não procede. Primeiro porque a atividade de carteiro, por sua natureza e características, não compreende exposição a agentes nocivos, assim considerados pela legislação vigente, não constando das operações previstas na NR-15 do MTE.

Reconhece que, embora haja, no desempenho do labor ora referido, via de regra, exposição ao sol, a ECT oferece proteção física e química aos raios solares, seja por meio do uso de chapéus, roupas de manga longa, protetor solar etc."

Sobre o fornecimento do protetor solar, destaca que mesmo não havendo obrigação legal, haja vista que o protetor não é considerado EPI à luz das Normas Regulamentadoras de Segurança e Medicina do Trabalho, a reclamada fornece gratuitamente aos carteiros, como liberalidade, filtro solar com FPS 25, superior ao mínimo exigido pela Sociedade Brasileira de Dermatologia.

Acrescenta que os carteiros recebem Adicional de Atividade de Distribuição e/ou Coleta Externa(AADC), no importe de 30% sobre seu salário-base, o que configura valor mais benéfico do que resultaria do cálculo de 40% (insalubridade em grau máximo) sobre o salário mínimo (base do cálculo do respectivo adicional). Entende, portanto, que "o empregado já recebe adicional por laborar em vias

públicas, e portanto exposto ao sol, sendo este em valor maior que aquele que perceberia caso fizesse jus ao adicional de insalubridade, ainda que em grau máximo", ressaltando que "o ordenamento jurídico (art. 193, §2º da CLT), e bem assim o PCCS 2008 acima citado, vedam a cumulação de adicionais da mesma natureza.

Para aferição da alegada insalubridade, foi realizada perícia judicial, que assim concluiu:

"Embora difícil caracterização por instrumentos de medida - IBUTG - que mede calor em ambientes internos, onde não há tantas variáveis, a atividade do Reclamante pode ser considerada INSALUBRE em grau Médio"

Para chegar a essa conclusão, o perito utilizou-se de literatura médica acerca da matéria, trazendo dados, entre outras fontes, que podem ser colhidos no site do Instituto Nacional de Câncer (INCA) - José Alencar Gomes da Silva, http://www1.inca.gov.br/conteudo_view.asp?ID=21 (acessei em 05.06.2015), acerca da exposição excessiva a radiação solar como causadora de doenças como câncer de pele. Respondeu também a quesitos da parte reclamante, referindo-se à NR-15 anexo 3, sobre limites de tolerância para exposição ao calor e a forma de sua mensuração. Ressaltou que é preciso considerar que "a Paraíba se encontra no ponto mais Oriental das Américas. Aqui o sol nasce mais cedo. Portanto, quando se fala que a exposição perigosa aos raios solares se inicia a partir das 10H da manhã, em nosso Estado leia-se 9h da manhã."

Apesar disso, explicou o perito que "mesmo havendo exposição deletéria à saúde, a NR 15 trata de exposição ao calor em ambientes internos em virtude da dificuldade de se mensurar com exatidão os índices através de IBUTG. Mesmo assim, todos os trabalhadores que exercem atividades a céu aberto estão sim expostos à radiação UVA/UVB (insalubridade grau médio)", sendo o agente causador da insalubridade a radiação não ionizante UVA/UVB, apesar das inúmeras variáveis que impedem a mensuração por IBUTG no caso de trabalho a céu aberto.

Bem sei que a OJ 173, da SDI-1 do E. TST, invocada pelo reclamado, tem sido utilizada como precedente e paradigma para não concessão de adicional de insalubridade em trabalho executado a céu aberto, haja vista que ela assim se posiciona:

"173. ADICIONAL DE INSALUBRIDADE. ATIVIDADE A CÉU ABERTO. EXPOSIÇÃO AO SOL E AO CALOR. (redação alterada na sessão do Tribunal Pleno realizada em 14.09.2012) - Res. 186/2012, DEJT divulgado em 25, 26 e 27.09.2012

I - Ausente previsão legal, indevido o adicional de insalubridade ao trabalhador em atividade a céu aberto, por sujeição à radiação solar (art. 195 da CLT e Anexo 7 da NR 15 da Portaria Nº 3214/78 do MTE).

II - Tem direito ao adicional de insalubridade o trabalhador que exerce atividade exposto ao calor acima dos limites de tolerância, inclusive em ambiente externo com carga solar, nas condições previstas no Anexo 3 da NR 15 da Portaria Nº 3214/78 do MTE."

Todavia, se por um lado, o item I da OJ diz ser indevido o adicional de insalubridade ao trabalhador em atividade a céu aberto, não por desprezar a literatura médica ou o conhecimento comum de que exposição excessiva ao sol pode causar doenças como câncer de pele, mas por ausência de previsão legal, o item II abre um pequeno raio de luz para o reconhecimento jurídico da insalubridade em atividades desenvolvidas a céu aberto.

A dificuldade, nesse caso, é essencialmente de ordem técnica, como ressaltado na perícia, pois a mensuração, a ser avaliada pelo Índice de "Bulbo Úmido Termômetro de Globo" (IBUTG), como dispõe o Anexo n. 3 da NR-15, torna-se inviável no caso do trabalho externo com carga solar, em razão das inúmeras variáveis, também referidas no laudo, a exemplo da mensuração ser feita em dia nublado ou ensolarado, o percentual de proteção, o período do dia a ser protegido, entre outras.

Apesar disso, nem a OJ, nem a NR têm o condão - ou a pretensão - de "tapar com a peneira" a solar evidência de que a excessiva exposição aos raios do astro-rei é causa de doenças. Além disso, OJ's, NR's e outros textos normativos devem ser interpretados sempre à luz de preceitos e princípios constitucionais e, no caso em apreço, de da primazia da realidade que não se limita a resolver divergência princípios norteadores do Direito do Trabalho, entre os quais está o entre documento e depoimento testemunhal, mas deve servir como fundamento para se concretizar o direito, colocando as realidades da vida acima da aplicação formal de textos normativos.

Todos nós, desde a mais tenra idade, somos alertados do perigo de exposição ao sol entre às 10 e 16 horas. É isso que dizemos aos nossos filhos, é isso que se ensina nas escolas, é isso que se divulga nos meios de social. Esse conhecimento popular e popularizado há muito já é comprovado pelos estudos científicos.

Entre os vários artigos de divulgação científica sobre o assunto, peço vênua para me reportar ao trabalho realizado na West Virginia University - School of Medicine, de autoria de Patricia Pretto Juchem, Julio Hochberg, Abraão Winogron, Marcos Ardenghy e Robert English, cujo título é *Riscos à Saúde da Radiação Ultravioleta*¹.

Na introdução, o texto científico afirma que a radiação solar e os raios ultravioletas de fontes artificiais podem ser benéficos ou prejudiciais à saúde humana. Por um lado, podem ser bons para a psiquê, para a síntese da vitamina D e para geração de saudável proteção de melanina para a pele. Entretanto, a exposição excessiva do corpo a esses raios tem se constituído num problema que deve a todos preocupar.

Segundo o artigo, existem cerca de 40 tipos de doenças causadas ou agravadas pela exposição solar, como doenças genéticas (xeroderma pigmentoso, albinismo), desordens metabólicas (porfirias), doenças induzidas por drogas fototóxicas ou fotoalergênicas, doenças fotoimunológicas, doenças degenerativas ou neoplásicas, assim como diversos outros processos como a urticária solar e o lúpus eritematoso discóide."

Após tratar de aspectos históricos, da radiação solar e suas ações fisiológicas, da perda da camada de ozônio, da fotoimunologia - estudo dos efeitos da radiação ultravioleta (UVR) no processo imune -, do sol e seus efeitos a curto e longo prazo, o artigo se detém no grave da exposição solar e câncer de pele, destacando que as pessoas com alto risco de desenvolverem câncer de peles são as que passam a maior parte de seu tempo a céu aberto, havendo ainda, um aumento da incidência de câncer geograficamente quando nos aproximamos do equador, sugerindo que ha uma grande intensidade de sol em diferentes latitudes."

Informa, ainda, que o problema da exposição excessiva ao sol tem sido levado tão a sério que nos últimos anos, programas promoveram a educação do

público sobre os riscos da exposição solar (exposição aos UVRs). Foi solicitado ao Centro Nacional de Meteorologia dos Estados Unidos a criação de um produto de previsão. Este veio a ser um índice que indica a radiação ultravioleta na superfície da Terra e que permite a população estimar sua exposição pessoal. Atualmente, vários países como Canadá, Inglaterra e alguns lugares dos Estados Unidos utilizam o índice solar nos seus avisos rotineiros de meteorologia e as experiências têm sido bem positivas, com muitas pessoas atualmente fazendo mudanças em seus hábitos."

Se a exposição ao sol tem sido objeto de preocupação em países do hemisfério norte, imagino que em nosso "País Tropical, abençoado por Deus e bonito por natureza" o cuidado deve ser ainda maior.

Esse cuidado, que aparece em pesquisas científicas na área médica, também se faz presente em artigos jurídicos, a exemplo do texto "*A exposição solar como agente insalubre*", de Oldack Alves da Silva Neto.²

No artigo, SILVA NETO tece considerações sobre o meio ambiente do trabalho e a proteção a ele dispensada pela nossa Constituição Federal, com o intuito de analisar o posicionamento do TST sobre o adicional de insalubridade, de modo particular no que se refere ao agente radiação solar, contido na nova redação da OJ 173 SDI-I, acima transcrita.

De início, o autor faz menção à lei 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Esta, ainda que não faça menção expressa, traz conceitos e princípios que, segundo o autor, são aplicáveis ao meio ambiente do trabalho, a exemplo do disposto no seu Art. 2º, que trata dos objetivos e princípios da Política Nacional do Meio Ambiente, que visa a assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana.

Não bastasse a lei, a Carta Magna, em 1988, alçou a proteção do meio ambiente ao cume das normas constitucionais, abrangendo, de forma expressa, o meio ambiente do trabalho, como se verifica nos artigos 200, VIII, e 225 da Constituição Federal. Além disso, o Art. 7º, XXII da Lei Maior, assegura como direito fundamental dos trabalhadores a redução dos riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas de saúde, higiene e segurança.

Essa elevação da proteção ao meio ambiente do trabalho e da saúde do trabalhador ao âmbito constitucional ocasionou, segundo o texto, "uma mudança de enfoque no que concerne ao meio ambiente do trabalho no Brasil, que era principalmente monetário e individualista, consistente, basicamente no pagamento de adicionais indenizações posteriores ao dano - prática conhecida como 'monetização do risco do trabalho', passando a priorizar a prevenção dos riscos no meio ambiente de trabalho, a fim de preservar o direito à saúde do trabalhador.

O adicional de insalubridade, nesse contexto, é instituído não como uma parcela remuneratória para que o empregado possa adoecer "licitamente". Longe disso, é uma parcela paga ao trabalhador por exercer atividade em circunstância mais gravosa, sendo consideradas insalubres, segundo o Art. 189 da CLT, quaisquer atividades ou operações que, por sua natureza, condições ou métodos de trabalho, exponham os empregados a agentes nocivos à saúde, acima dos limites de tolerância fixados em razão da natureza e da intensidade do agente e do tempo de exposição aos seus efeitos.

Outro artigo que trata do mesmo tema, que peço licença para me reportar, é de autoria de Rony Emerson Ayres Aguirra Zanini, cujo título é *Direito ao adicional de insalubridade nas atividades a céu aberto com exposição aos raios solares*.³

Nesse texto, o autor pretende demonstrar "o crasso equívoco perpetrado pela O.J. n.º 173 da SDI-1 do TST, cujo entendimento, examinado sob um viés meramente positivista, mostra-se insustentável. Além disso, de *lege lata*, aponta um caminho para a superação do problema (embora, também, faça referência à necessidade de alteração da norma técnica do MTE)."

Entre os vários argumentos utilizados em seu desiderato, o texto se refere ao fato da NR-15, que se refere a radiações não ionizantes, não estabelecer limites de tolerância para a exposição aos raios ultravioletas, o que restaria evidente pela análise dos itens 15.1 a 15.1.5, que exigem apenas comprovação das atividades insalubres por meio de laudo de inspeção do local de trabalho, para o caso de exposição às radiações não ionizantes em geral, nas quais se incluem as radiações ultravioletas.

Depois de tratar sobre os tipos de radiações não-ionizantes, e apresentar um quadro com a classificação das mesmas, elaborado pelo Médico do Trabalho

Antônio Cândido de Lara Duca, segundo o comprimento da onda, chega a conclusão de que a NR-15 só considera nociva a radiação UV-B, dizendo não haver razão plausível para a norma técnica não considerar também a radiação UV-A.

De todo modo, passa a analisar os danos à saúde do trabalhador que podem ser causados pela exposição à radiação UV-B. Para tanto, recorre aos dados encontrados no site Saúde e Trabalho, do Dr. Carlos Roberto Miranda, Médico do Trabalho, Mestre em Saúde Comunitária e Auditor Fiscal do Trabalho, que destaca várias dermatoses ocupacionais por exposição aos raios solares.

Informa, ainda, que "o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) divulga, através do site, uma relação de doenças que a exposição aos ultravioletas pode causar à pele (queimaduras, foto-envelhecimento, sardas e cânceres de pele [carcinoma espinocelular, carcinoma basocelular e melanoma cutâneo]) e aos olhos (fotoqueratite, opacidades na córnea e catarata [esta última em razão da exposição às UV-B e UV-A]). O site apresenta, também, a relação de tipos de pele e os efeitos da radiação ultravioleta segundo a tipologia epitelial."

Refere-se, ainda, à existência de Lista de Doenças Relacionadas ao Trabalho, emitida pelo Gabinete Ministerial do Ministério da Saúde, Portaria Federal n. 1.229/GM - MS, de 18.11.99, que inclui alterações agudas da pele devidas a radiação ultravioleta.

A partir desses dados, passa o texto a analisar o teor da O.J. 173 da SDI-1 do TST, que entende ser um "crasso equívoco", apontando os obstáculos ao conhecimento do Recurso de Revista interposto com escopo de reformar Acórdão Regional prolatado em consonância com a referida O.J, e propondo a provocação do Judiciário como caminho para busca de mudança desse entendimento jurisprudencial.

Não me cabe, nesta oportunidade, tratar desses problemas processuais, tampouco por citar o referido artigo, que reputo bem fundamentado, concordo com a expressão "crasso equívoco" nele utilizado, em relação à O.J. 173. Todavia, valho-me de muitos de seus argumentos, como também do artigo jurídico anteriormente citado, para apreciar os pedidos formulados nesta lide.

No caso dos autos, em que o reclamado reconhece o trabalho do reclamante exposto à radiação solar, inclusive nos horários que a ciência médica indica serem os raios nocivos à saúde, não há dúvida de que o trabalhador atividades exposto à agente nocivo à saúde (raios ultravioletas), não devendo ser a impossibilidade de mensuração, em razão das inúmeras variáveis, um empecilho para o direito de receber o respectivo adicional, não no grau requerido (máximo), mas no apontado na perícia (grau médio - 20% sobre o salário mínimo), uma vez que a própria NR-15 reconhece a radiação não ionizante (raios ultravioletas) como agente nocivo à saúde.

Ressalte-se que além da NR-15 tratar da radiação ionizante (radiações ultravioletas) como nocivas à saúde, o Decreto 3.048/99, que aprova o Regulamento da Previdência Social, na LISTA B, com redação dada pelo Decreto 6.957/2009, quando trata de agentes etiológicos ou fatores de risco de natureza ocupacional, aponta no item VIII as radiações ultravioletas como agente etiológico de outras neoplasias malignas da pele.

Portanto, uma aplicação sistemática de textos normativos relacionados à matéria, pode levar à conclusão de que a OJ 173 SDI-I não se constitui em óbice absoluto para a não concessão de adicional de insalubridade no caso de exposição à radiação solar.

Nessa direção é a decisão do TRT-15ª Região:

"ADICIONAL DE INSALUBRIDADE. RADIAÇÃO NÃO IONIZANTE. EXPOSIÇÃO HABITUAL E EXCESSIVA SEM A DEVIDA PROTEÇÃO. PAGAMENTO DEVIDO NOS TERMOS DO ART. 192 DA CLT. INTERPRETAÇÃO HARMÔNICA COM OS ARTIGOS 1º, IV, 6º, 7º, XXII E 196 DA CF/88, ARTS. 155, 157 E 200 DA CLT, NR 01, 06 E 15 DA PORTARIA Nº 3.214/78 DO MTE. A Redução dos riscos no ambiente de trabalho visando a preservação da saúde é direito fundamental garantido pela Constituição.

A exposição habitual e excessiva a raios solares sem a devida proteção caracteriza labor em condições inequivocamente insalubres, pois é considerada pelo anexo 7 da NR 15 do MTE como radiação não ionizante. Assim é devido o pagamento do adicional de insalubridade nos termos do art. 192 da CLT, a fim de

mitigar os prejuízos à saúde do trabalhador. Conclusão amplamente respaldada pela interpretação harmônica dos dispositivos constitucionais constantes dos arts. 1º, IV, 6º, 7º, XXII e 196, CF/88 e infraconstitucionais estabelecidos nos arts. 155, 157 e 200 da CLT, bem como nas NRs 01, 06 e 15 da Portaria nº 3.214/78 do MTE, além de amparada por estudos realizados pela organização pan-americana da saúde (OPAS/OMS)."

(PROCESSO TRT/15ª REGIÃO N. 0000895-49.2010.5.15.0104 - Relatora. Des. Tereza Aparecida Asta Gemignani, decisão 18.10.2011).

Por outro lado, não é o fato da reclamada pagar ao autor o Adicional de Atividade de Distribuição e/ou Coleta Externa (AADDC), que torna o adicional de insalubridade indevido ou mesmo permite a compensação de valores pagos. Pois se a reclamada não reconhece a insalubridade do trabalho do autor, o ADDC não se confunde com o adicional de insalubridade, não havendo que se falar em enriquecimento ilícito, uma vez que não existe norma jurídica proibindo a acumulação desses adicionais.

Ressalte-se, embora este não seja o caso específico dos autos, que o TST, em decisões recentes, tem se posicionado pela possibilidade de acumulação de adicional de insalubridade e periculosidade, afastando a aplicação do Artigo 193, § 2º da CLT, com base nas Convenções 148 e 155 da OIT.

Por essas razões, defiro o pedido de pagamento de adicional de insalubridade em grau médio (20% do salário mínimo), no período não atingido pela prescrição (a partir de 04.04.2009), até o último dia em que exerceu suas atividades como carteiro (01.09.2013), uma vez que não se pode falar em insalubridade quando cessa a atividade insalubre.

ANEXO II

A bentonita Argel (ARG) é uma argila produzida e fornecida pela Bentonit União Nordeste, Campina Grande/PB/Brasil e apresenta capacidade de troca de cátions (CTC) de 92 meq/100g. A montmorilonita Cloisite[®] Na⁺, (MMT) é uma argila produzida pela Southem Clay Products, Texas/EUA e fornecida pela Buntech, São Paulo/SP/Brasil e apresenta uma capacidade de troca de cátions (CTC) de 90 meq/100g de argila (Leite *et al.*, 2010).

Leite *et al.* (2010) determinou a capacidade de troca de cátions (CTC) das argilas ARG e MMT pelo método de adsorção de azul de metileno, empregando uma suspensão aquosa com 5,0 g de argila e 300 mL de água destilada. Adicionou gota a gota de uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) a suspensão aquosa até atingir pH neutro. Titulou a suspensão com a solução padrão de 37 g/L de azul de metileno contido em uma bureta. A solução padrão foi adicionada inicialmente de 2,0 em 2,0 mL; após cada adição de azul de metileno, a suspensão de argila foi agitada continuamente durante 5 minutos e por meio de um bastão de vidro pingou-se uma gota da suspensão em papel de filtro N^o 50. Este procedimento foi realizado até o surgimento de uma leve coloração ao redor do círculo formado pelas partículas de argila (Chen *et al.*, 1974). Este método determina de modo simples, rápido e preciso a CTC de argilominerais. De acordo com Kaufhold (2006), a CTC é uma das mais interessantes propriedades das argilas, particularmente das bentonitas. É uma medida da quantidade de carga total presente nas camadas da argila e influencia significativamente as propriedades de inchamento e adsorção, sendo frequentemente usada para estimar a quantidade de montmorilonita nas bentonitas.

O resultado da CTC da bentonita ARG (92 meq/100g) evidencia que essa argila tem como argilomineral predominante a montmorilonita que apresenta CTC entre 80 e 150 meq/100g de bentonita (Utracki, 2004). Este resultado está de acordo com os dados de difratometria de raios X (DRX) (Figura 1) onde foi confirmada a presença predominante do argilomineral montmorilonita (identificado no difratograma pela letra M). A bentonita ARG apresenta também, em sua composição, materiais não argilosos-caulinita e quartzo (identificado no difratograma pelas letras C e Q, respectivamente) (De Sousa Santos, 1989). A distância interplanar basal (d_{001}), conforme determinado pela lei de Bragg (Equação 1), foi de 1,34 nm para a argila

ARG e de 1,36 nm para a argila MMT, que é característica do argilomineral montmorilonita (Utracki, 2004).

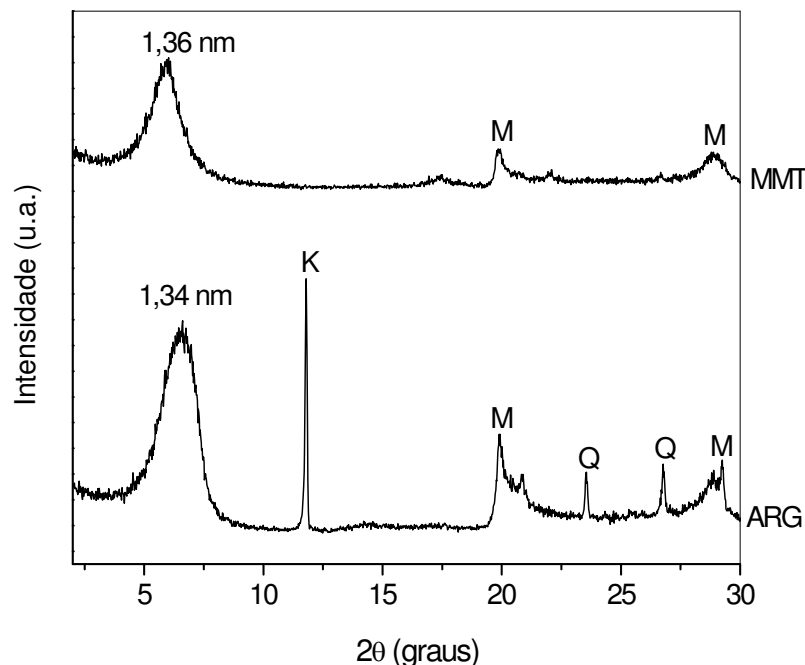


Figura 1 - Difratogramas das argilas ARG e MMT.

De acordo com Leite *et al.* (2010), a difratometria de raios X foi conduzida a temperatura ambiente em um equipamento Shimadzu XDR-6000 utilizando radiação de $\text{CuK}\alpha$, tensão de 40 kV, corrente de 30 mA, varredura de $2^\circ < 2\theta < 70^\circ$ e $\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$. Com a equação de Bragg (Equação 1) e os dados dos difratogramas calculou-se a distância interplanar basal das argilas (d_{001}) (De Sousa Santos, 1989). Para esta análise, argilas na forma de pó com granulometria inferior a 0,074 mm foram empregadas.

$$d_{001} = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \quad (1)$$

Onde: d_{001} é a reflexão basal do plano (001) do argilomineral na argila em (nm);

λ é o comprimento de onda da radiação $\text{CuK}\alpha$ de 0,1542 nm;

:: é o ângulo do pico referente à reflexão basal (001) da montmorilonita em (graus).

A análise química das argilas ARG e MMT foi realizada por Leite *et al.* (2010), em um espectrômetro de fluorescência de raios X Rigaku, modelo RIX 3000, equipado com tubo de Rh. Uma fração de aproximadamente 1 g de cada amostra foi seca em estufa e, então, colocada em uma mufla a 1000 °C por 2 horas para determinação da perda ao fogo. Para determinação semi-quantitativa dos óxidos presentes nas amostras, primeiramente, uma fração de argila de 4,6 g foi prensada a 25 toneladas para obtenção das pastilhas. Em seguida, as pastilhas foram analisadas qualitativamente para determinação dos elementos pesados e de alguns elementos leves presentes na amostra, e então analisados semi-quantitativamente. O óxido de ferro (FeO) foi determinado via úmida e o óxido ferroso (Fe₂O₃) foi determinado por diferença, usando os valores de Fe₂O₃ total e FeO.

Os dados de análise química das argilas ARG e MMT estão reportados na Tabela 1. De acordo com Leite *et al.* (2010), a argila ARG apresenta alto nível de sílica (SiO₂) e alumina (Al₂O₃), indicando que uma grande quantidade de montmorilonita está presente nesta argila (Souza Santos, 1992). Os percentuais destes óxidos são apenas um pouco inferiores aos da MMT. A análise química mostra também a presença de óxidos metálicos como CaO, MgO, Na₂O, K₂O e os percentuais de perda ao rubro. Os percentuais dos óxidos metálicos e da perda ao rubro, listados na Tabela 1, das argilas ARG e MMT foram semelhantes. Entretanto, a bentonita ARG apresentou os maiores percentuais de Fe₂O₃ e de TiO₂. De acordo com (De Sousa Santos, 1989) a perda ao rubro é proveniente das perdas de água intercalada, de coordenação, de hidróxidos, componentes voláteis, carbonatos, sulfatos e fosfatos.

Tabela 1 - Análise química das argilas ARG e MMT.

Óxidos	ARG (%)	MMT (%)
SiO ₂	41,88	49,94
Al ₂ O ₃	10,53	13,89
Fe ₂ O ₃	12,73	10,44
FeO	1,44	4,95
SO ₃	4,09	-----
TiO ₂	1,77	0,74
K ₂ O	0,73	0,15
P ₂ O ₅	0,88	1,00
Na ₂ O	0,15	0,36
MgO	0,85	0,66
CaO	4,03	0,66
ZrO ₂	0,43	0,09
ZnO	0,02	0,08
MnO	0,04	0,03
CuO	-----	0,01
Cl	0,48	-----
NiO	0,02	0,02
SrO	0,10	0,01
Y ₂ O ₃	0,02	0,03
Ga ₂ O ₃	0,01	0,03
Rb ₂ O	0,01	-----
Perda ao rubro	19,61	16,35
TOTAL	99,84	99,46

ANEXO II



Figura 1- Cor dos protetores solares preparados na farmácia de manipulação de Campina Grande/PB.