



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



**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE TECIDOS SINTÉTICOS COM
PROPRIEDADES DE PROTEÇÃO SOLAR**

Claudio Orestes Britto Filho

Orientador: Prof. Dr. Marcus Vinícius Lia Fook – UAEMa/UFCG

Campina Grande – PB
Fevereiro/2013

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

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE TECIDOS SINTÉTICOS COM
PROPRIEDADES DE PROTEÇÃO SOLAR.**

Claudio Orestes Britto Filho

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

Orientador: Prof. Dr. Marcus Vinícius Lia Fook – UAEMa/UFCG

Campina Grande – PB
Fevereiro/2013



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCC

B862c

Britto Filho, Claudio Orestes.

Caracterização e avaliação de tecidos sintéticos com propriedades de proteção solar / Claudio Orestes Britto Filho. - Campina Grande, 2013.
60 f. : il. color.

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

Orientador: Prof. Dr. Marcus Vinícius Lia Fook.

Referências.

1. Radiação UV. 2. Poliamida. 3. TiO₂. 4. Proteção Solar.
I. Título.

CDU 551.521.17 (043)

**CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE TECIDOS SINTÉTICOS COM
PROPRIEDADES DE PROTEÇÃO SOLAR.**

Claudio Orestes Britto Filho

Dissertação Aprovada em 07/02/2013 pela banca examinadora constituída dos
seguintes membros:

Marcus Vinicius Lia Fook

Dr. Marcus Vinicius Lia Fook

(Orientador)

UAEMa – UFCG

Maria Roberta de Oliveira Pinto.

Dr^a. Maria Roberta de Oliveira Pinto

(Examinadora Externa)

CCT – UEPB

Rosemary Sousa Cunha Lima.

Dr^a. Rosemary Sousa Cunha Lima

(Examinadora Externa)

CCT – UEPB

*À Simone e Claudinho, dedico essa
realização, como reconhecimento pela
compreensão e apoio incondicional de
ambos, sempre presentes em minha
mente e no meu coração.*

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Relação entre os Níveis do Fator de Proteção Ultravioleta (FPU) e a proteção aos raios UV.	24
Tabela 2 Tamanho médio dos poros das amostras Comercial I e Comercial II.	39
Tabela 3 Temperatura de Transição Vítreia (Tg) e Temperatura de Fusão (Tm) das amostras Comercial I e Comercial II.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Esquema simplificado de uma seção transversal de pele demonstrando as três camadas da pele (epiderme, derme e hipoderme) e os tipos celulares presentes.....	17
Figura 2	Esquema simplificado de uma seção transversal da epiderme.....	18
Figura 3	Esquema simplificado de uma seção transversal da derme	19
Figura 4	Esquema simplificado de uma seção transversal hipoderme.....	20
Figura 5	Efeitos nocivos da exposição à radiação UV	22
Figura 6	Radiação solar não-ionizante.....	23
Figura 7	Representação esquemática da poliamida 6 (nylon-6) e da poliamida 6.6 (nylon-6.6).....	26
Figura 8	Esquema dos métodos de obtenção da poliamida 6.....	26
Figura 9	Representação da formação da poliamida 6.6.....	27
Figura 10	Estrutura na forma α da poliamida 6.6 (a) camada contendo as pontes de hidrogênio e (b) malha elementar (os hidrogênios que não formam pontes são omitidos).....	28
Figura 11	Representação da estrutura de uma fibra têxtil de nylon 6.6 ampliada 50X.....	29
Figura 12	Esquema de classificação das fibras de acordo com o material constituinte.....	30
Figura 13	Fios de trama, urdume e urela.....	32
Figura 14	Malha de trama (a) malha de urdume (b).....	33
Figura 15	Ilustração de um tecido "Não-tecido".....	33
Figura 16	Diferentes formas cristalinas de TiO_2	34
Figura 17	Microscopia Óptica das amostras de tecido (a) Comercial I e (b) Comercial II – X80.....	39
Figura 18	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da amostra de tecido Comercial I – X400.....	40
Figura 19	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da amostra de tecido Comercial II – X400.....	40
Figura 20	Espectroscopia por Energia Dispersa (EDS) das amostras de tecido (a) Comercial I e (b) Comercial II.....	41

Figura 21	Difratograma de raios X das amostras de tecido Comercial I e Comercial II.....	42
Figura 22	Espectro Vibracional do infravermelho das amostras de tecido Comercial I e Comercial II.....	43
Figura 23	Curvas de DSC para as amostras de tecido (a) Comercial I e (b) Comercial II.....	44

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelo discernimento concedido ao longo dessa jornada, Luz no direcionamento de minha vida, renovando a cada momento a minha fé e disposição.

Aos meus pais, Lucia e Claudio (In memoriam), que de forma especial e carinhosa sempre me incentivaram, me apoiando nos momentos de dificuldades. Obrigado por tudo, pelos ensinamentos, palavras de força e motivação que tanto me ajudaram. Agradeço todas as noites por fazerem parte da minha vida.

Ao meu professor e orientador, prof. Dr. Marcus Fook, pelo desprendimento ao acreditar em mim, pela paciência em ouvir as minhas considerações compartilhando comigo as suas ideias, conhecimento e experiências. Quero expressar o minha gratidão e admiração pela sua competência profissional e coragem na condução um projeto arrojado de integração brilhante de áreas tão diferentes.

A Associação Médica da Paraíba e a UFCG (Universidade Federal de Campina Grande), que através de um convênio inédito oportunizaram a participação no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais e ao Grupo de Biomateriais UFCG/UEAMA por fornecer condições que tomaram viável a realização deste trabalho.

Filtro Solar
(Wear Sunscreen)
Mary Schmich

Se eu pudesse dar a vocês uma única dica para o futuro, diria:
"Usem filtro solar".

Os benefícios, a longo prazo, do uso do filtro solar
foram cientificamente provados.

Os demais conselhos que dou baseiam-se unicamente
em minha própria experiência de vida.

Eis aqui um conselho:
desfrute do poder e da beleza de sua juventude.

Oh, esqueça!

Você só vai compreender o poder e a beleza de sua juventude
quando já tiverem desaparecido.

Mas acredite em mim:

dentro de vinte anos, você olhará suas fotos
e compreenderá, de um jeito que não pode compreender agora,
quantas oportunidades se abriram e quão fabuloso(a) você realmente era.
Você não é tão gordo quanto você imagina.

Não se preocupe com o futuro;

ou se preocupe, se quiser,

mas saiba que se preocupar

é tão eficaz quanto tentar resolver uma equação de álgebra
simplesmente mascando chiclete.

Os problemas que realmente têm importância em sua vida
são aqueles que nunca passaram por sua cabeça,
como aqueles que tomam conta de você
quando você não tem nada para fazer.

Cante.

Não trate os sentimentos alheios de forma irresponsável,
e não tolere aqueles que ajam de forma irresponsável
com os seus sentimentos.

Relaxe.

Não perca tempo com a inveja.

Algumas vezes você ganha,

algumas vezes você perde.

A corrida é longa e,

no final, você conta apenas consigo mesmo(a).

Lembre-se dos elogios que recebe,

esqueça os insultos

(se conseguir fazer isso, diga-me como).

Guarde suas cartas de amor.

Jogue fora seus velhos extratos bancários.

Alongue-se.

Não se sinta culpado se

não souber muito bem o que quer ser ou fazer da vida.

As pessoas mais interessantes que eu conheço não tinham idéia,

aos 22 anos, do que iam fazer na vida;
outras, não menos interessantes,
mesmo com 40 anos ainda não sabem.

Tome bastante cálcio.

Seja gentil com seus joelhos,
você sentirá falta deles quando não funcionarem mais.

Talvez você se case, talvez não.

Talvez tenha filhos, talvez não.

Talvez se divorcie aos 40,
talvez dance uma valsinha
quando fizer 75 anos de casamento.

O que quer que faça,
não se orgulhe e nem se critique demais.

Todas as suas escolhas têm 50% de chance de dar certo,
assim como as escolhas de todos os demais.

Curta seu corpo e use-o de todas as maneiras que puder.

Não tenha medo dele ou do que as outras pessoas pensam dele.

Seu corpo é o melhor instrumento que você possui.

Dance.

Mesmo que o único lugar que você tenha para fazer isso
seja sua sala de estar.

Leia todas as instruções,
mesmo que não as siga.

Não leia revistas de beleza,
elas apenas farão você se sentir feio(a).

Saiba entender seus pais.

Você nunca saberá quando eles deixarão de viver.

Seja amável com seus irmãos.

Eles são o seu melhor vínculo com o passado
e são aqueles que, muito provavelmente, no futuro,
nunca te deixarão na mão.

Entenda que os amigos vem e vão,
mas que há uns poucos, preciosos,
que você deve guardar com carinho.

Trabalhe duro para superar distâncias
e estilos de vida,

pois à medida que você envelhece,
mais precisa das pessoas que conheceu na juventude.

More um tempo em São Paulo,

mas mude-se

antes que a cidade transforme você
em uma pessoa indiferente.

More um tempo no nordeste,

mas mude-se

antes de tornar-se uma pessoa mole demais.

Viaje.

Aceite certas verdades eternas: os preços sempre vão subir,
os políticos são mulherengos, e você também vai envelhecer. E,
quando você envelhecer, vai fantasiar que, quando você era jovem,

*os preços eram aceitáveis, os políticos tinham almas nobres
e as crianças respeitavam os mais velhos.*

Respeite os mais velhos.

Não espere apoio de ninguém.

Talvez você tenha um investimento seguro,

talvez tenha um cônjuge rico.

Mas você nunca sabe

quando um ou outro pode te deixar na mão.

Não mexa muito com seu cabelo,

ou quando você tiver 40 anos, terá a aparência de 85.

Tenha cuidado com as pessoas que te dão conselhos,

mas seja paciente com elas.

Um conselho é uma forma de nostalgia:

dar conselhos é uma forma de resgatar o passado da lata de lixo,

limpá-lo, esconder as partes feias, reciclá-lo e vendê-lo

por um preço maior do que realmente vale.

Mas acredite em mim quando me refiro ao filtro solar.

*Mary Schmich é uma colunista do Chicago Tribune. Escreveu em sua coluna
no ano de 1997 o famoso texto Wear Sunscreen (Filtro Solar).*

CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE TECIDOS SINTÉTICOS COM PROPRIEDADES DE PROTEÇÃO SOLAR

RESUMO

A radiação ultravioleta (UV) é uma pequena parte da radiação emitida pelo sol. Vestimentas, óculos e chapéus são acessórios facilmente disponíveis e eficazes para defesa do organismo contra os efeitos nocivos da radiação UV. Os tecidos sintéticos, em especial a poliamida, tem despertado interesse na confecção desses materiais pela capacidade de proteção contra os raios UV. As fibras de poliamida possuem capacidade de proteção solar superior quando comparadas as fibras naturais, podendo ser incorporada partículas minerais (ex. TiO_2) com o objetivo de aumentar a proteção contra os efeitos nocivos da radiação UV. Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar e caracterizar dois tipos de tecidos comerciais: tecido de poliamida sem função de proteção contra radiação UV, identificado como Tecido Comercial I e, tecido de poliamida com função de proteção contra a radiação UV, identificado como Tecido Comercial II. As amostras de ambos os tecidos foram caracterizadas pelas técnicas de Microscopia Ótica (MO), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS) Espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), Difração de raios X (DRX) e Calorimetria Exploratória de Diferencial (DSC). Na MO foi possível observar que o Tecido Comercial II apresentou tamanho de poros menor quando comparado ao Tecido Comercial I. Através da MEV foi visto que o Tecido Comercial II apresentou maior número de fios por fibra (maior densidade têxtil), além de partículas de TiO_2 espalhados entre suas fibras. Na EDS o tecido Comercial II apresentou elevado teor de TiO_2 . Na análise de DRX foi possível detectar a presença do TiO_2 na fase anatásio no plano (101). Através da técnica de FTIR foi possível observar que o pico das duas amostras se sobrepõe, exceto na região de 800 cm^{-1} , característico do TiO_2 (anatásio). De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que os tecidos analisados (Comercial I e Comercial II), apresentaram do ponto de vista físico-químico e morfológico, composição química e cristalográfica típica de uma poliamida.

Palavras-chave: Radiação UV, poliamida, TiO_2 e proteção solar.

CHARACTERIZATION AND EVALUATION OF SYNTHETIC TISSUES WITH PROPERTIES OF SOLAR PROTECTION

ABSTRACT

Ultraviolet radiation (UV) is a small part of the radiation emitted by the sun. Clothing, hats and eyewear accessories are easily available and effective in defending the body against the damaging effects of UV radiation. The synthetic tissues, especially polyamide, has aroused interest in making these materials for protection capacity cons UV rays. The polyamide fibers are capable of higher sun protection when compared to natural fibers and can be incorporated into mineral particles (eg TiO₂) in order to increase protection account the harmful effects of UV radiation. Therefore, this study aimed to assess and characterize two types of commercial tissues: polyamide fabric without protective function against UV radiation, identified as I and Tissue Commercial, polyamide fabric with protective function against UV radiation, identified as Tissue commercial II. The samples of both tissues were characterized by the techniques of optical microscopy (MO), scanning electron microscopy (SEM), Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) spectroscopy in the infrared Fourier transform (FTIR), X-ray Diffraction (DRX) and Differential Scanning Calorimetry (DSC). In MO was observed that the Commercial Tissue II showed smaller pore size compared to Commercial Tissue I. Through SEM was seen that the Commercial Tissue II had a higher number of threads per fiber (textile higher density), and TiO₂ particles scattered among its fibers. At EDS Tissue Commercial II showed high levels of TiO₂. At DRX analysis it was possible to detect the presence of anatase phase TiO₂ plane (101). Through the technique of FTIR was observed that peak overlaps the two samples, except in the region of 800 cm⁻¹, characteristic of TiO₂ (anatase). According to the results, one can conclude that the analyzed tissues (Commercial Commercial I and II) showed the standpoint of physical-chemical and morphological, chemical and crystallographic typical of a polyamide.

Keywords: UV Radiation, polyamide, TiO₂ and solar protection.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBEJTIVOS	16
2.1 Objetivos gerais	16
2.2 Objetivos específicos	16
3 REVISÃO DA LITERATURA	17
3.1 Pele	17
3.1.1 <i>Epiderme</i>	17
3.1.2 <i>Derme</i>	18
3.1.3 <i>Hipoderme</i>	20
3.1.4 <i>Alterações na pele causadas por radiação ultravioleta</i>	20
3.1.5 <i>Fotoproteção através de vestimentas</i>	22
3.2 Radiação ultravioleta	22
3.2.1 <i>Fator de proteção ultravioleta (FPU)</i>	24
3.3 Poliamida	25
3.3.1 <i>Estrutura da poliamida</i>	25
3.3.2 <i>Métodos de obtenção das PA6 e PA6.6</i>	26
3.3.3 <i>Propriedades da poliamida</i>	28
3.3.4 <i>Aplicações da poliamida</i>	28
3.4 Fibras	29
3.4.1 <i>Classificação das fibras</i>	30
3.4.2 <i>Tipos de tecido</i>	32
3.5 Dióxido de titânio	34
4 MATERIAIS E MÉTODOS	36
4.1 Local da pesquisa	36
4.2 Materiais	36
4.3 Métodos	36
4.3.1 <i>Microscopia Óptica (MO)</i>	36
4.3.2 <i>Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)</i>	37
4.3.3 <i>Espectroscopia por Energia Dispersa (EDS)</i>	37
4.3.4 <i>Espectroscopia da Região de infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)</i>	37

4.3.5 Difração de raios X (DRX)	38
4.3.6 Calorimetria Exploratória de Diferencial (DSC)	38
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
5.1 Microscopia óptica (MO)	39
5.2 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	41
5.3 Espectroscopia por energia dispersa (EDS)	41
5.4 Espectroscopia da região de infravermelho com transformada de fourier (FTIR)	42
5.5 Difração de raios X (DRX)	43
5.6 Calorimetria exploratória de diferencial (DSC)	44
6 CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIAS	46

SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

DNA	Ácido desoxiribonucleico
DRX	Difração de raio X
DSC	Calorimetria exploratória de diferencial
<i>et al</i>	e outros (de et alli)
FPU	Fator de Proteção Ultravioleta
FTIR	Espectroscopia na região do infravermelho com Transformada de Fourier
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MO	Microscopia Óptica
TiO ₂	Dióxido de titânio
Tg	Temperatura de transição vítrea
Tm	Temperatura de fusão
UV	Ultravioleta
UVA	Ultravioleta A
UVB	Ultravioleta B
UVC	Ultravioleta C

1 INTRODUÇÃO

O Sol é essencial para os seres vivos na Terra e seus efeitos sobre o homem dependem de vários fatores como: intensidade, frequência e tempo de exposição, que por sua vez dependem da localização geográfica, estação do ano, período do dia e condição climática. Os efeitos a exposição podem trazer benefícios ao ser humano, como, estímulo à produção de melanina com conseqüente bronzeamento da pele, tratamento de icterícia (cor amarela da pele e do branco dos olhos de bebês, causada pelo excesso de bilirrubina no sangue), bem como a produção de vitamina D. Porém, a radiação solar também pode causar prejuízos ao organismo, caso não se tome os devidos cuidados quanto à dose de radiação solar recebida e a devida proteção (PURIM; LEITE, 2010).

Nas últimas décadas, o aquecimento global tem levado a maior preocupação quanto aos danos cumulativos das radiações ionizantes. A exposição excessiva ao sol tem contribuído de forma significativa para o desenvolvimento do câncer de pele e o envelhecimento precoce, trazendo impacto negativo sobre a qualidade de vida dos indivíduos, além de maiores gastos em saúde pública e na economia (PURIM; LEITE, 2010).

A radiação ultravioleta é uma parte da radiação solar composta de três faixas, Ultravioleta C (UVC), Ultravioleta B (UVB) e Ultravioleta A (UVA). A radiação UVA atravessa facilmente a camada de ozônio atinge a pele com a mesma intensidade em qualquer horário do dia e época do ano, seja em meses de inverno ou de verão, os raios UVB são parcialmente filtrados na camada de ozônio sendo mais eficiente em produzir danos diretos ao DNA, foto-imunossupressão, espaçamento da camada córnea e melanogênese, sendo considerado o maior fator etiológico das três formas de câncer cutâneo (COSTA; WEBER, 2004).

A exposição moderada ao sol antes das 10 e após as 16 horas, é uma prática saudável, porque ativa a circulação periférica e possibilita a síntese da vitamina D na pele, porém, exposições duradouras podem causar danos a saúde (SILVA; 2008).

Os efeitos biológicos da exposição solar podem ser divididos em agudos e crônicos. Os efeitos agudos surgem alguns minutos ou horas após uma exposição, podem ser benéfico como a produção de vitamina D ou maléficis como eritema, edema e danos na córnea. Os crônicos surgem a longo prazo como: câncer de pele, envelhecimento precoce e catarata (SILVA, 2007).

O uso habitual do protetor solar com Fator de Proteção Solar (FPS) de no mínimo 15, vestimentas, óculos e chapéus são facilmente disponíveis e eficazes para defesa do organismo contra efeitos nocivos da radiação UV. A academia Americana de Dermatologia recomenda o uso de vestimentas apropriadas e óculos escuros para exposição prolongada ao sol, porém alguns tipos de tecidos não proporcionam proteção suficiente (BALOGH et al., 2011).

Muitas categorias de trabalhadores são expostas à radiação solar, se faz importante, portanto a identificação dessas categorias e uma modificação das percepções públicas no intuito de promover uma nova política pública de saúde, utilizando novos métodos de proteção solar (BALOGH et al, 2011).

Atualmente, novos tecidos possuem a capacidade de proteção solar elevada, inclusive, alguns apresentam partículas de dióxido de titânio dispersas por entre suas fibras, permitindo proteção combinada UVA e UVB. A incorporação de partículas de filtros solares inorgânicos promove aumento no valor do FPU, Fator de Proteção Ultravioleta. Tecidos clássicos como algodão, podem igualmente ter seu valor de FPU elevado com a incorporação de filtros solares (BALOGH et al, 2011).

Os efeitos deletéricos da radiação ultravioleta (UV) é algo preocupante nos dias atuais, sendo foco de pesquisas e discussões importantes na área de saúde. Nesta pesquisa serão utilizadas duas amostras de poliamidas, uma com a incorporação de partículas de dióxido de titânio que garante proteção solar e outra sem esse aditivo, no intuito de garantir a eficácia do tecido com a incorporação de partícula fotoprotetora contra os fotodanos causados pela radiação solar.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Identificar e caracterizar tecidos sintéticos com propriedades de proteção solar e estabelecer parâmetros para desenvolvimento de tecnologia nacional.

2.2 Objetivos específicos

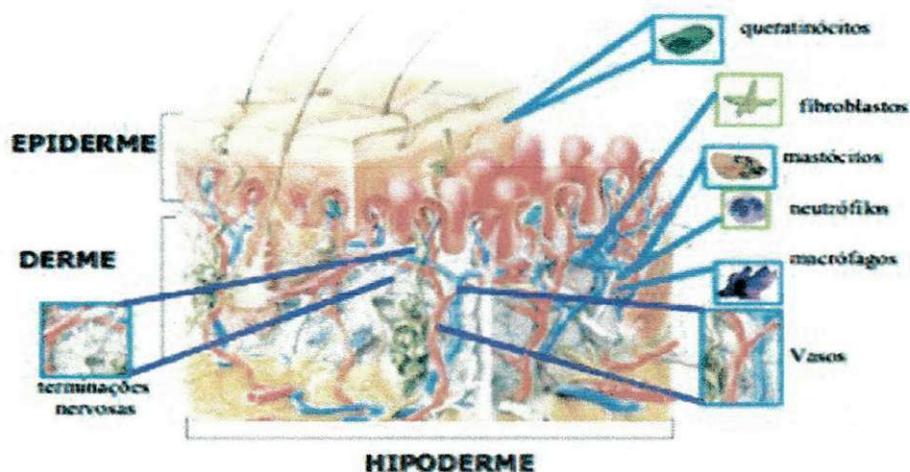
- Caracterizar tecidos sintéticos comerciais;
- Estabelecer relação entre composição/revestimento dos materiais (tecidos) utilizados comercialmente;
- Constituir parâmetros para utilização de polímeros naturais com revestimento foto protetores.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Pele

A pele é um órgão complexo que isola e recobre aproximadamente 2 m² da superfície corpórea e representa 15% do peso corporal, sendo constituída por três camadas de estrutura e propriedades distintas: a epiderme, derme e hipoderme (Figura 1). (RAUH, 2008).

Figura 1: Esquema simplificado de uma seção transversal de pele demonstrando as três camadas da pele (epiderme, derme e hipoderme) e os tipos celulares presentes.



Fonte: RAUH, 2008.

Essas três camadas encontram-se dispostas e inter-relacionadas de modo a adequar-se de maneira harmônica ao desempenho de suas funções (RAUH, 2008).

3.1.1 Epiderme

A epiderme tem espessura variável entre 1,3 mm (palma da mão) até 0,06 mm (face), e não possui sistema de irrigação sanguínea direta, ou seja, todos os nutrientes são transportados por ela através de capilaridade. Sua principal função é atuar como barreira protetora contra o ambiente externo, evitando a entrada de substâncias estranhas ao organismo e, ao mesmo tempo, retendo o conteúdo interno, principalmente água, eletrólitos e nutrientes (HARRIS, 2003). A epiderme é

classificada basicamente em quatro camadas cada uma apresentando uma função distinta (Figura 2).

Figura 2: Esquema simplificado de uma seção transversal da epiderme.



Fonte: PALASTANGA; FIELD; SOAMES, 2000.

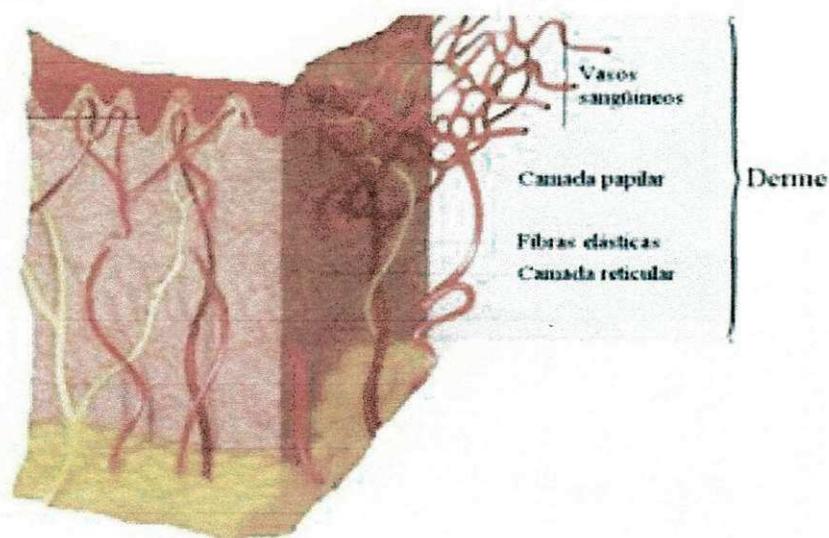
A camada córnea atua como uma grande barreira à penetração de organismos externos e toxinas, além de prevenir a perda de água. A camada granulosa é a camada onde inicia-se o processo de cornificação, onde as células sofrem apoptose diferenciando-se em corneócitos. A camada espinhosa é a grande responsável pela produção de filamentos de queratina através dos queratinócitos, esses interagem com os desmossomas, e pela síntese de agentes antioxidantes - glutathione redutase, peroxidase, catalase), citocinas, quimiocinas, queratohialina, etc. A camada basal caracteriza-se por ser a camada mais profunda responsável pela proliferação celular, sendo essa camada resistente ao processo apoptótico (RAUH, 2008).

3.1.2 *Derme*

Abaixo da epiderme, encontra-se a derme, cuja espessura varia de 1 a 4mm (BRIGEL, 2011). A derme consiste num tecido conectivo, cuja espessura é superior ao da epiderme, porém com uma população celular inferior. Esta estrutura confere à

pele elasticidade, força tensil e resistência mecânica. Além disso, a derme interage com a epiderme através da junção dermoepidérmica, garantindo assim as trocas de elementos nutritivos e metabólicos entre essas camadas (HAAKE; SCOTT; HOLBROOK, 2000). Como mostra a Figura 3, a derme é dividida em camada papilar, que é a camada mais próxima da epiderme, camada reticular, que é formada por um tecido conectivo denso e constitui a maior parte da derme, e os vasos sanguíneos (NORRIS, 2004).

Figura 3: Esquema simplificado de uma seção transversal da derme.



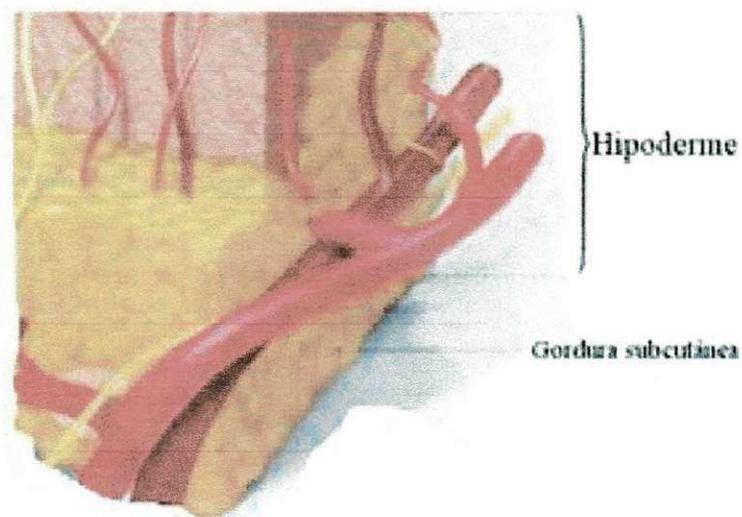
Fonte: PALASTANGA; FIELD; SOAMES, 2000.

Os vasos sanguíneos presentes na derme permitem que ocorra a infiltração de células migratórias importantes no processo de resposta de defesa inata ou imune e de cicatrização, como os macrófagos, linfócitos, eosinófilos, neutrófilos, entre outros (RYAN, 2004). A interação coordenada entre os diferentes tipos celulares presentes nas camadas da pele permite que este órgão responda, prontamente e efetivamente, a uma variedade de estímulos nocivos que ocorrem na interface do organismo com o meio externo, como a ação de toxinas, organismos patogênicos, radiação ultravioleta, extremos de temperatura, garantindo assim a manutenção da homeostasia cutânea (BURBACH; ANSEL; ARMSTRONG, 2000; HAAKE; SCOTT; HOLBROOK, 2000; WILLIAMS; KUPPER, 1996).

3.1.3 Hipoderme

A hipoderme, camada mais profunda da pele, é constituída de tecido adiposo, ou seja, células repletas de gorduras, como mostra a Figura 4; cuja função principal é participar no isolamento térmico e na proteção mecânica do organismo às pressões e traumas externos e facilitar a motilidade da pele em relação ao meio externo. Representa ainda importante reserva calórica para o organismo (SANDRA, 2012).

Figura 4: Esquema simplificado de uma seção transversal da hipoderme.



Fonte: PALASTANGA; FIELD; SOAMES, 2000.

Com o passar dos anos e por estar constantemente exposta, as camadas da pele sofrem alterações na sua estrutura aparente e isso se deve a disposição genética, fatores ambientais e principalmente, ao grau de exposição às radiações ultravioletas (ORIÁ, et. al., 2003).

3.1.4 Alterações na pele causadas por radiação ultravioleta

Para Zotelli (2012), algumas alterações de pele podem ser causadas ou influenciadas pela luz solar. Elas podem se manifestar na forma de doenças agudas ou crônicas e caracterizam-se por se manifestarem exclusivamente nas áreas foto expostas. Dentre essas doenças podemos citar:

- Queimaduras solar: é uma reação inflamatória aguda à exposição solar que consiste na formação de eritema e edema, com dor local e nos casos mais intensos, formação de bolhas. A gravidade varia conforme intensidade da radiação e tipo de pele;
- Foto envelhecimento: compreende as alterações características da pele cronicamente exposta a radiação solar. Sendo essas alterações cumulativas, variando com o grau de exposição que o indivíduo teve na vida. A pele foto envelhecida é caracterizada por uma coloração amarelada, presença de rugas, podendo haver também a presença de melanoses solares (manchas acastanhadas), queratoses actínicas (manchas eritematosas e ásperas, pré-neoplásicas);
- Neoplasias malignas da pele: são as consequências mais graves da agressão solar crônica. São exemplos, o melanoma cutâneo e o carcinoma basocelular e espinocelular. O melanoma tem entre seus fatores de risco exposições solares agudas e intensas, principalmente aquelas queimaduras graves com formação de bolhas fator de risco esse comum a do Carcinoma Basocelular e Espinocelular.

Algumas medidas de proteção podem ser adotadas na prevenção das doenças da pele causadas por exposição excessiva ao sol, como por exemplo, a utilização de protetores solares e recentemente, a utilização de vestimentas (roupas) com capacidade de proteção solar. (PALM; DONOGHUE, 2007; GONZÁLEZ; BARCELÓ, 2007; GONZÁLES; FERNÁNDEZ – LORENTE; GILABERTE - CALZADA, 2008; BARON; KIRKLAND; DOMINGO, 2008). A Figura 5 mostra exemplos dos efeitos nocivos da radiação UV.

Figura 5: Efeitos nocivos da exposição à radiação UV.



Fonte: KOCHANEK, BRENNEISEN, WENK, HERRMANN, KUHR, MEEWES, WLASCHEK, 2000.

3.1.5 Fotoproteção através de vestimentas

Atualmente, os tecidos sintéticos tem despertado interesse em diversas áreas pela capacidade de proteção contras os raios UV, como o caso da poliamida. Estas fibras possuem capacidade de proteção solar diferente das fibras naturais, por exemplo, o algodão. A este tipo de fibra sintética, podem ser incorporadas partículas minerais (ex. dióxido de titânio) com o objetivo de permitir proteção combinada UVA e UVB. A incorporação de partículas de filtros solares inorgânicos promove o aumento no valor do fator de proteção ultravioleta FPU das vestimentas (BARON; KIRKLAND; DOMINGO, 2008).

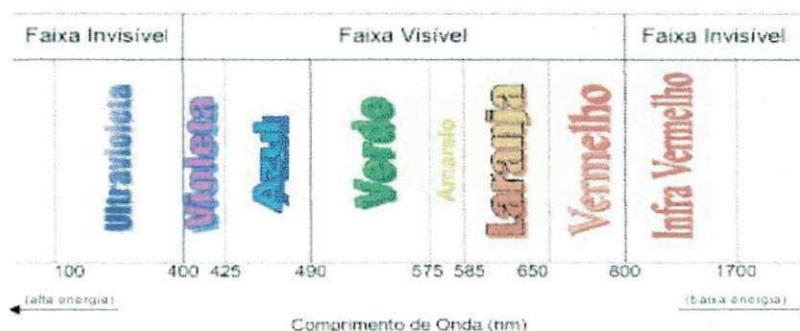
3.2 Radiação ultravioleta

A radiação solar é essencial para a vida na superfície terrestre: ela causa bem estar, nos aquece, ilumina, é fonte de vitamina D, dentre outros benefícios. Embora seja utilizada em diversas áreas, sua componente ultravioleta, que está compreendida entre 100 e 400nm, pode causar alguns efeitos indesejáveis no organismo humano, tratando-se de uma radiação de alta energia (OKUNO; VILELA, 2005).

A principal fonte de radiação ultravioleta (UV) é o sol, mas pode estar presente em outras fontes tais como as câmaras de bronzamento e lâmpadas solares. Os raios UV não podem ser vistos ou sentidos, mas podem causar danos aos seres humanos em qualquer estação do ano, mesmo nos dias nublados (U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY).

O espectro eletromagnético da radiação solar compreende desde os curtos raios cósmicos, até as longas ondas de rádio. A radiação não ionizante compreende a ultravioleta (UV), com comprimento de onda entre 100 e 400 nm, a luz visível, de 400 a 800 nm, e a infravermelha, de 800 a 1700 nm, como mostrado na Figura 6. A radiação ultravioleta é a principal responsável pelos fotodanos cutâneos. Na prática, é comum separarmos a radiação UV em três partes: UVC (100-280 nm), UVB (280-320 nm) e UVA (320-400 nm) (ARAUJO; SOUZA, 2008).

Figura 6: Radiação solar não-ionizante.



Fonte: ARAUJO; SOUZA, 2008.

A região UVC é a que menos causa danos ao homem, pois, é praticamente toda filtrada pela camada de ozônio, mas, em contato com a pele torna-se extremamente lesiva (TOFETTI; OLIVEIRA, 2006). A radiação UVB atinge toda a superfície terrestre, induzindo o bronzamento da pele e a formação de vitamina D. É caracterizada por possuir alta energia, ocasionando o envelhecimento precoce das células e queimaduras solares (FLOR; DAVOLOS; CORREA, 2007). Já as radiações UVA, de maior comprimento de onda, são menos energéticas que os UVB e penetram mais profundamente na pele atingindo a derme. As radiações UVA originam radicais livres oxidativos, sendo responsáveis pelo envelhecimento cutâneo precoce, por doenças de fotossensibilidade e também contribuem para o desenvolvimento do câncer de pele (ARAUJO; SOUZA, 2008).

Os perigos à saúde relacionados à radiação UV podem ser minimizados pela utilização de filtros solares (com Fator de Proteção Solar acima de 15), exposição solar antes 10 e pós 16 horas e, recentemente, vestimentas incorporadas com aditivos minerais (PREVENÇÃO DO CÂNCER DA PELE: NORMAS E RECOMENDAÇÕES DO INCA).

3.2.1 Fator de proteção ultravioleta (FPU)

Vestimentas, óculos e chapéus são acessórios facilmente disponíveis e eficazes para defesa do organismo contra os efeitos nocivos da radiação UV. O fator de proteção ultravioleta (FPU) avalia o grau de proteção das vestimentas. Este fator é semelhante ao fator de proteção solar (FPS) aplicado aos protetores solares. Supostamente, representa a proteção tanto contra a radiação UVA quanto contra a radiação UVB, relacionando o tempo de exposição segura ao sol à proteção e ao tempo de exposição sem proteção (PALM, 2007).

O órgão capaz de avaliar efetivamente o nível de proteção proporcionado pelas vestimentas é a ARPANSA 1996 (Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency - Agência Australiana de Proteção à Radiação e Segurança Nuclear), localizada em Sidney – Austrália. (ARPANSA). Esse órgão desenvolveu uma norma que permite medir a proteção da roupa através do Fator de Proteção Ultravioleta (FPU) nos níveis 30, 40 ou 50+ (Tabela 1).

Tabela 1: Relação entre os Níveis do Fator de Proteção Ultravioleta (FPU) e a proteção aos raios UV.

FPU	Bloqueio de raios UV	Proteção
15, 20	93,3% - 95,9%	Boa
25, 30, 35	96% - 97,4%	Muito boa
40, 45, 50, 50+	97,5% e acima	Excelente

Fonte: ARPANSA, 1996.

Por exemplo: o FPU 15 significa que um em cada quinze raios UV ultrapassa o tecido e chega na pele humana; o FPU 50, que um em cada 50 raios UV atinge a pele. Uma boa proteção começa com FPU 15, ela é muito boa a partir de FPU 25 e excelente a partir de FPU 40, conforme descrito na Tabela 1. As roupas vendidas

em lojas especializadas para proteção solar costumam ter FPU 50. Essa proteção, em tese, não deve diminuir com o tempo nem com a lavagem.

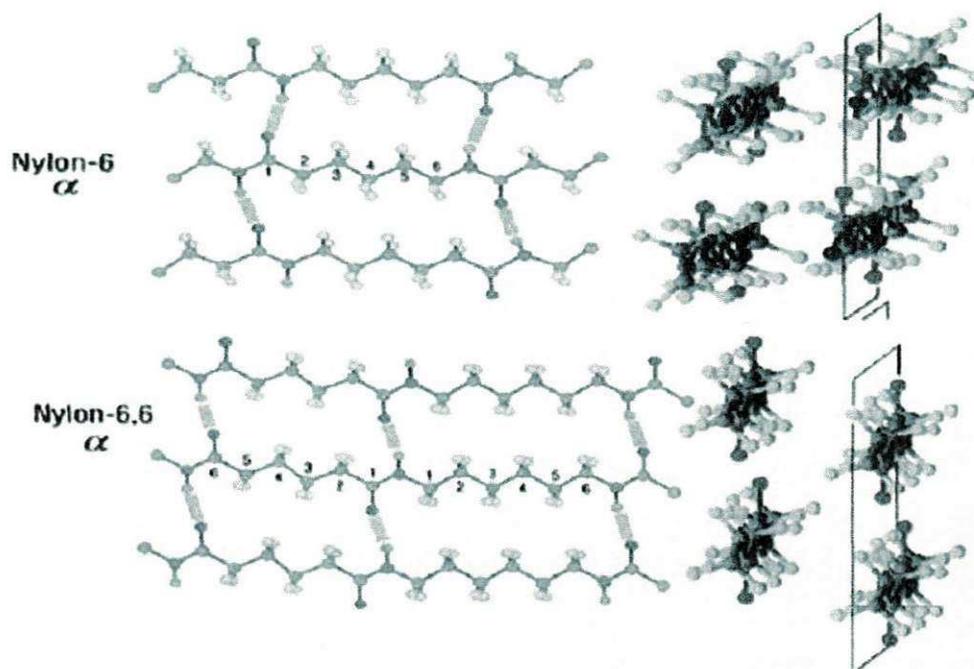
3.3 Poliamida

A poliamida é um material termoplástico que também é conhecido por Nylon e pela sigla PA, possuindo varias denominações que variam com as propriedades específicas de uso final desejado (VICENTE, 2009). As poliamidas surgiram nos anos de 1935 (PA66) e 1937 (PA6) desenvolvidas em USA (Carothers - Du Pont) e Alemanha (P. Schache - I.G. Farben Industrie), ambas apresentadas como fibras com aplicações industriais (nylon) no final da década de 40, e persistem na atualidade, representando mais de 95% do total das poliamidas para uso têxtil (FALCETTA, 2008).

3.3.1 Estrutura da poliamida

As poliamidas são caracterizadas por apresentarem unidades repetitivas do grupo amina (-NH-COOH). As duas principais poliamidas comerciais são a poli (hexametileno adipamida) - de nome comercial Nylon 66 (ou Nylon 6,6) - e a policaprolactama, ou Nylon 6 (FALCETTA, 2008). Os números acima indicam quantos átomos de carbono há em cada unidade repetitiva, conforme mostrado na Figura 7. Deve ser notado que no Nylon 6,6 há dois tipos distintos de unidades repetitivas, cada uma com seis átomos de carbono.

Figura 7: Representação esquemática da poliamida 6 (nylon-6) e da poliamida 6.6 (nylon-6.6).

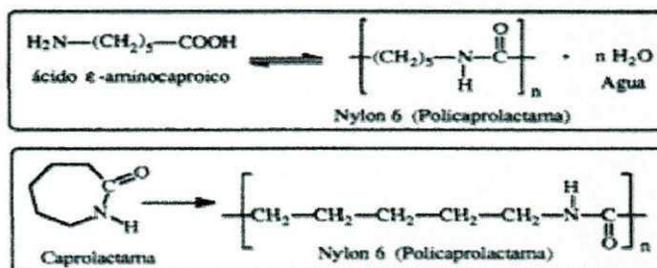


Fonte: DASGUPTA, 2004.

3.3.2 Métodos de obtenção das PA6 e PA66

A poliamida 6 pode ser produzida por dois processos distintos. O primeiro dar-se a partir do aquecimento do ácido ϵ -aminocaproico, formando as cadeias da poliamida por meio da eliminação da água. O outro método consiste na abertura do anel e polimerização da caprolactama. (JOHNSON, 2002). A Figura 7 mostra o esquema dos dois métodos de obtenção da poliamida 6.

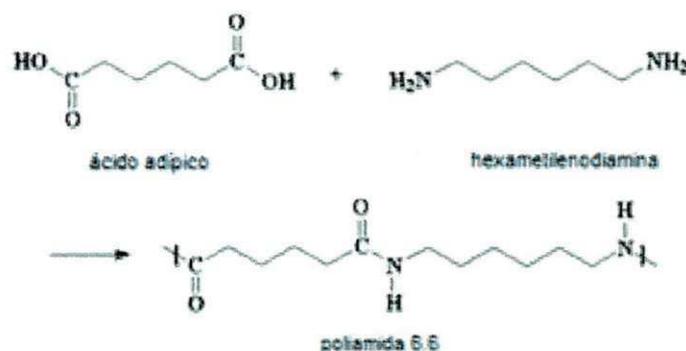
Figura 8: Esquema dos métodos de obtenção da poliamida 6.



Fonte: PAINTER, et. al, 1996.

A poliamida 6.6 é obtida a partir de um ácido carboxílico, o ácido hexanodiódico (ácido adípico) que possui seis átomos de carbono e uma diamina o hexano-1,6-diamina (hexametileno diamina) que também possui seis átomos de carbono, como mostra a Figura 9. O aquecimento da mistura dos dois compostos leva a eliminação de uma molécula de água entre um grupo amina e um grupo carboxílico e a formação de uma amina. A reação se repete um grande número de vezes formando um polímero de cadeia longa que pode ser utilizado em inúmeros processos de fabricação. Pode-se fiá-la para a obtenção de fibras que serão empregadas na produção de carpetes, ou ainda moldá-la para obtenção de peças que serão utilizadas como engrenagens diversas ou ainda em peças para a indústria automobilística (JOHNSON, 2002).

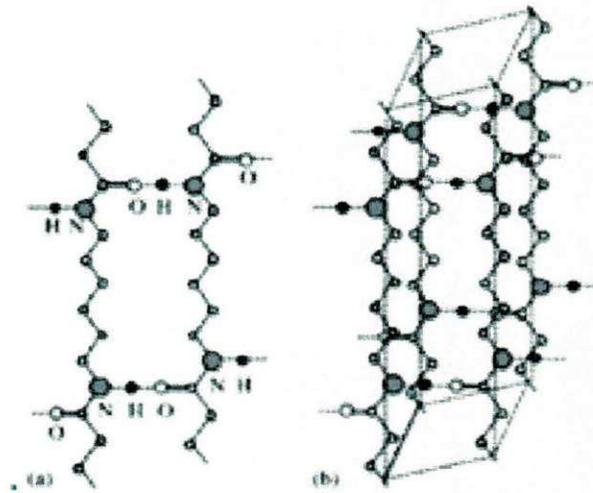
Figura 9: Representação da formação de formação da poliamida 6.6.



Fonte: KOHAN, 1995.

Para a produção da poliamida 6.6 não é necessário o uso de catalisadores, pois o ácido (monômero) age como catalisador (KOHAN,1995). Relata-se que existem fortes interações entre moléculas que contem ligações que apresentam um momento dipolar permanente, normalmente associadas à presença de grupos Cl, CN ou OH. Estas ligações são um fator importante na cristalização das poliamidas, sendo que a poliamida 6.6 as pontes de hidrogênio intermoleculares se estabelecem entre os grupos amina e os grupos OH (Figura 10) (CAMPOS, 2001).

Figura 10: Estrutura na forma α da poliamida 6.6 (a) camada contendo as pontes de hidrogênio e (b) malha elementar (os hidrogênios que não formam pontes, são omitidos).



Fonte: HEYMANS, 2001.

3.3.3 Propriedades da poliamida

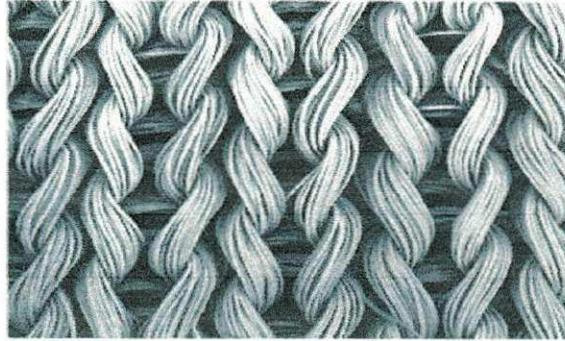
As poliamidas são materiais que pertencem a uma classe de polímeros atraente para aplicações em engenharia devido à combinação de propriedades como: grande resistência à abrasão e baixo coeficiente de atrito (FERRO; SILVA, 2007), estabilidade dimensional, boa resistência ao impacto sem entalhe e excelente resistência química. Por outro lado, as poliamidas são altamente higroscópicas e sensíveis ao entalhe, isto é, são dúcteis quando não entalhados, mas fraturam de maneira frágil quando entalhados, devido a sua baixa resistência à propagação da trinca (BASSANI, A; PESSAN, A. L.; JÚNIOR, H. E., 2002). Propriedades como a estabilidade térmica e resistência ao fogo, fundindo-se entre as temperaturas de 213 a 225 °C (náilon 6), 256 a 265 °C (nailon 6.6) são também características das poliamidas (ABATTI, 2007).

3.3.4 Aplicações da poliamida

Sendo um dos principais termoplásticos de engenharia, as poliamidas são bastante utilizadas na indústria têxtil, uma de suas maiores consumidoras, automobilística, eletroeletrônica, engrenagens e embalagens, linhas de pesca,

dentre outros. (GUEDES; FILKAUSKAS, 1986; SHREVE; BRINK, 1997). A Figura 11 mostra uma representação microscópica de uma fibra têxtil de Poliamida.

Figura 11: Representação da estrutura de uma fibra têxtil de nylon 6.6 ampliada 50X.



Fonte: ABATTI (2007).

3.4 Fibras

Segundo Canevarolo (2002), no aspecto geral, uma fibra é definida como um conjunto de filamentos poliméricos orientados com a direção principal das cadeias posicionadas paralelas ao sentido longitudinal (eixo maior). Fibras são definidas como unidades de matéria caracterizadas pela flexibilidade, excelência e alta relação dimensional devendo satisfazer a condição geométrica de o comprimento ser no mínimo cem vezes maior que o diâmetro ($l/d > 100$).

De acordo com a Resolução nº 01 (CONMETRO, 2001), fibra é toda matéria natural de origem vegetal, animal ou mineral, assim como todo material químico artificial ou sintético. Por sua alta relação entre comprimento e diâmetro, e ainda, por suas características de flexibilidade, suavidade, alongamento e finura, tornou-se apto a aplicações têxteis.

As fibras devem ter força suficiente para resistir à ruptura devida à tensão aplicada durante a manufatura e o uso, inclusive possuir estabilidade térmica e química suficiente para resistir ao ambiente ao qual estão expostas. Além disso, um alongamento de 5 – 50% é requerido, dependendo da utilização final do produto (CARDOSO, 2009).

Cada fibra individual é fabricada tomando-se por base milhões de longas cadeias moleculares individuais de estrutura química discreta. A morfologia, isto é, o

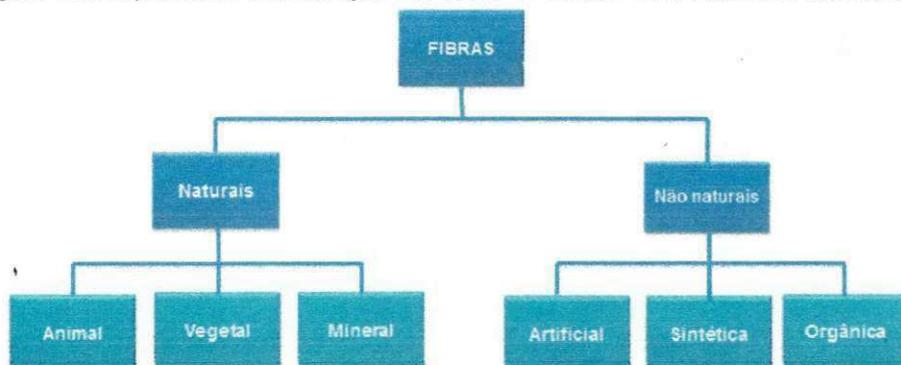
} colocar

arranjo e orientação destas moléculas dentro da fibra individual, bem como a secção transversal total e a forma, influenciam as propriedades da fibra. Entretanto, as características físicas e químicas em grande parte dependem da estrutura química das longas cadeias moleculares que constituem a fibra. O número total de unidades de repetição na cadeia varia de poucas unidades a várias centenas e é designado como o grau de polimerização (*degree of polymerization*, DP) para moléculas no interior da fibra. O algodão, por exemplo, tem um DP de 10.000 e o raiom viscos uma fibra artificial, tem um DP de 300 – 350. O DP de fibras sintéticas e artificiais é determinado por vários fatores durante a produção destas fibras (CHOUDHURY, 2006).

3.4.1 Classificação das fibras

As fibras são amplamente divididas em duas classes: naturais e químicas (Figura 12).

Figura 12: Esquema de classificação das fibras de acordo com o material constituinte.



Fonte: ARAÚJO; CASTRO, 1984.

As chamadas fibras naturais são todas as fibras que já se apresentam prontas na natureza necessitando apenas alguns processos físicos para transformá-las em fios. Dentre as fibras naturais, podemos destacar a fibra animal (ex. lã), fibra vegetal (ex. algodão) e a fibra mineral (ex. amianto) (CARTILHA, 2011). As fibras não naturais são aquelas produzidas com matérias-primas simples, normalmente do petróleo, com as quais se sintetiza o polímero que irá compor a fibra. As fibras não naturais são também chamadas de “fibras feitas pelo homem” (Man Made Fibers em inglês), podendo ainda ser subdivididas em fibra artificial e fibra sintética. Esta última

chama atenção pelo aumento da produção mundial e será objetivo de estudo deste projeto (ARAÚJO; CASTRO, 1984).

As fibras sintéticas não existem na natureza. São todas as fibras originadas do carvão ou do petróleo. São inúmeras as fibras sintéticas, dentre elas podemos destacar a fibra de poliamida ou nylon. Ela foi produzida pela DuPont e rapidamente adquiriu aprovação pública. Uma série de nylons, geralmente denominada poliamidas, é caracterizada pela cadeia de ligação de amidas. Náilon 6.6 e náilon 6 são mais populares em forma de fibras. Eles são extrudados a quente em uma variedade de formas geométricas e projetados para alcançar a tenacidade desejada. (ARAÚJO; CASTRO, 1984).

A fibra de poliamida ou nylon é uma fibra muito forte, que apresenta resultados de propriedades excepcionais, incluindo flexibilidade, estabilidade dimensional, resistência à abrasão, durabilidade, rigidez, receptividade a corantes, resistência ao calor, capacidade de reciclagem e excelentes propriedades de revestimento (ARAÚJO; CASTRO, 1984). Apresentam uma multiplicidade de usos, desde oferecer conforto para mobílias, estofados, automóveis, carpetes, abrasivos industriais, isolamento elétrico, tecidos, vestuário esportivo, dentre outros. Ultimamente, as fibras de poliamida vêm chamando atenção na confecção de tecidos de proteção contra radiação ultravioleta (UV) (VALENTE; OLIVEIRA, 2011).

São vários os fatores que determinam o grau de proteção da radiação ultravioleta nos têxteis, nomeadamente:

- Composição do tecido: a característica das matérias-primas influencia a capacidade de absorção de radiação UV;
- Cor: para a mesma qualidade de matéria-prima, com tecidos de densidades e gramatura semelhantes às cores mais intensas absorvem maiores quantidades de radiação UV conferindo por isso maior proteção;
- Elasticidade: a maior ou menor capacidade elástica das estruturas têxteis permite também maior ou menor capacidade de absorção. A máxima proteção consegue-se com a menor elasticidade.
- Umidade: quando comparados com tecidos úmidos de idênticas características, a transmitância de radiações UV em tecidos secos é menor. O fator de proteção é nestes casos superior.

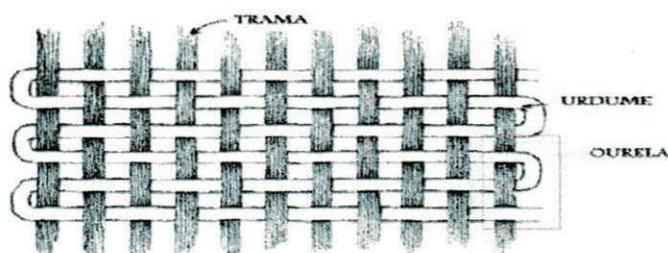
- Design da peça: o design associado à função é também um fator determinante da máxima cobertura e, por conseguinte, da máxima proteção.
- Densidade/contextura: a densidade de fios e a própria contextura da estrutura têxtil são fatores que por si só permitem maior ou menor fator de cobertura. Assim, a máxima proteção aos raios UV é obtida com a menor porosidade óptica possível, ou seja, com o maior fator de cobertura.

A estrutura têxtil é caracterizada pelos entrelaçamentos dos fios durante sua produção. Dependendo do tipo de entrelaçamento dos fios, podem-se obter três tipos de tecidos: o tecido plano, o tecido malha e o tecido não-tecido (CITEVE, 2012).

3.4.2 Tipos de tecidos

O tecido plano é caracterizado por possuir uma estrutura de entrelaçamento de um conjunto de fios chamados de urdume e trama. O urdume é o conjunto de fios dispostos longitudinalmente através dos quais a trama é tecida. A trama é o fio que é tecido para frente e para trás através do urdume de confeccionar o tecido. A Figura 13 mostra o esquema de forma simplificada do tecido plano (ARAÚJO; CASTRO, 1984).

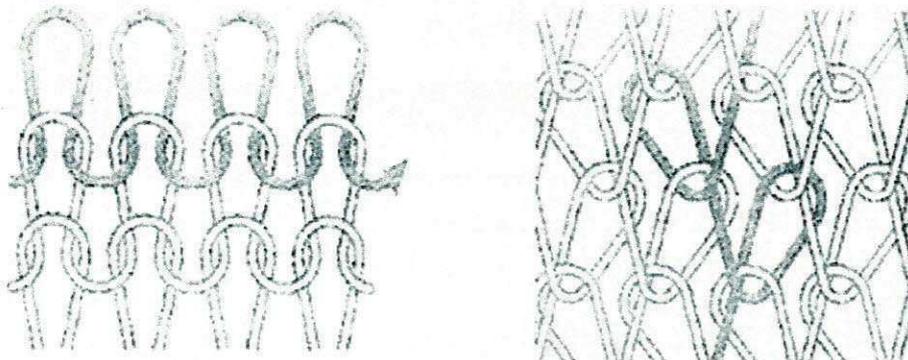
Figura 13: Fios de trama, urdume e ourela.



Fonte: ARAÚJO; CASTRO, 1984.

No caso do tecido malha a laçada é o elemento fundamental deste tipo de tecido, ou seja, constitui-se de uma cabeça, duas pernas e dois pés como mostra a Figura 14. A carreira de malhas é a sucessão de laçadas consecutivas no sentido da largura do tecido. Já a coluna de malha é a sucessão de laçadas consecutivas no sentido do comprimento do tecido. Ao contrário do tecido plano, a malha pode ser feita apenas com um fio (ARAÚJO; CASTRO, 1984).

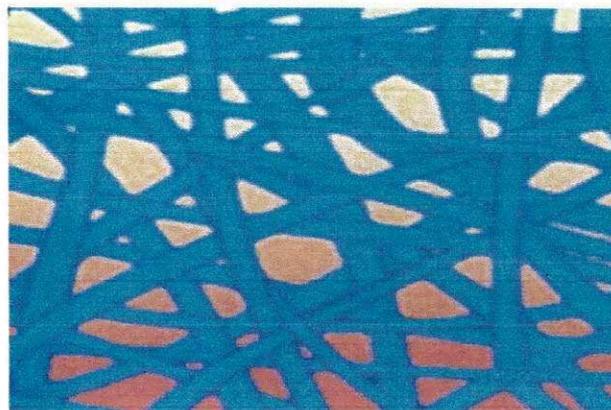
Figura 14: Malha de trama (a) malha de urdume (b).



Fonte: ARAÚJO; CASTRO, 1984.

Conforme a norma NBR – 13370, o tecido não-tecido (TNT) é uma estrutura plana, flexível e porosa, constituída de véu ou manta de fibras, ou filamentos, orientados direcionalmente ou ao acaso, consolidados por processos: mecânico (fricção) e/ou químico (adesão) e/ou térmico (coesão) ou combinação destes. A Figura 15 mostra uma ilustração do tecido “Não-Tecido”.

Figura 15: Ilustração de um tecido “Não-Tecido”.



Fonte: ARAÚJO; CASTRO, 1984.

Além do processo de produção, os fios determinam as propriedades que podem não só oferecer aspectos de beleza diferentes, mas também características específicas para as diversas aplicações (RODRIGUES, 2012).

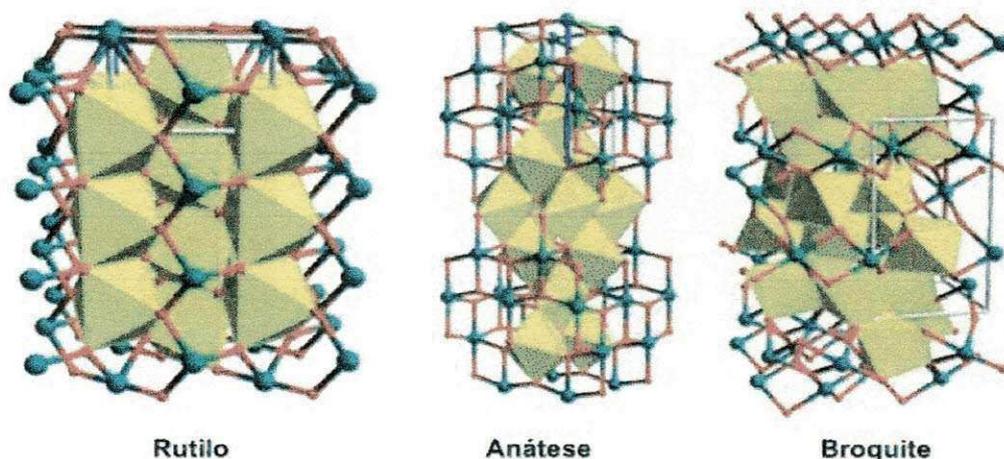
Ultimamente tecnologias vêm sendo desenvolvidas para aplicação de micropartículas de dióxido e titânio a fibras de poliamida, poliéster, viscose e

acrílicas, já que quando finamente divididas, na proporção de 0,5%, contribui com uma proteção solar eficaz e atua como barreira permanente a radiação UV. O tamanho muito pequeno das partículas evita o emprego de porcentagens maiores, por ser muito maior a superfície específica das partículas e o efeito de barreira da radiação UV (DuPont, 2008).

3.5 Dióxido de titânio

O dióxido de titânio (TiO_2) existe em três formas cristalinas: rutilo (tetragonal), anatásio (tetragonal) e bruquita (ortorrômbica) que dependem das condições e parâmetros do método utilizado na síntese do material. O arranjo desses três polimorfos é descrito na Figura 16.

Figura 16: Diferentes formas cristalinas do TiO_2 .



Fonte: COELHO, 2008.

Em todos os três polimorfos, cada Ti está ligado com 6 oxigênios e cada oxigênio com 3 titânios; portanto, suas estruturas podem ser descritas em termos do TiO_6 octaédrica, com Ti no centro e O nos vértices (LISBOA, 2011).

As fases anatásio e bruquita são fases metaestáveis de dióxido de titânio, e podem ser convertidas irreversivelmente em rutilo a elevadas temperaturas. No caso da bruquita, esta pode ser primeiramente convertida a anatásio, ou simplesmente passar para a fase rutilo (PAKMA; SERIN; SERIN, 2009).

Comercialmente, o dióxido de titânio é disponibilizado em duas formas alotrópicas: rutilo e anatásio. À luz do sol, o pigmento do tipo rutilo é menos reativo com os veículos usados nas tintas, sendo preferido na produção de tintas para uso externo. Por sua vez, o pigmento do tipo anatásio tem tonalidade azulada e é preferido para tintas de uso interno e na fabricação de papel (LYND, 1985).

O TiO_2 tem sido o assunto de considerável interesse devido à variedade de aplicações como material de baixo custo, podendo ser aplicado em sensores à gás, materiais eletrônicos, implantes dentários, dentre outros (SANTOS, et. al, 2001). Por ser um material não-toxico e inerte, o TiO_2 pode ser usado também em produtos farmacêuticos, alimentícios e como aditivo para vestuários (THAN, 2009).

Trata-se de um pigmento estável, que possui elevada resistência à mudança de cor, alta estabilidade térmica e excelente poder de cobertura. Essas propriedades resultam em um valioso aditivo para a indústria têxtil, com grande capacidade de dispersão, reflexão e refração da luz visível, além de pouca absorção em toda a faixa do espectro de luz visível (BALTAR, et. al., 2008).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Desenvolvimento e Avaliação de Biomateriais do Nordeste (CERTBIO), na Universidade Federal de Campina Grande–UFPG/UAEMA.

4.2 Materiais

- Tecido comercial de poliamida sem proteção na cor branca, adquirido em lojas têxteis na região de João Pessoa-PB. Identificado como Tecido Comercial I.
- Tecido de poliamida (vestimenta) na cor branca com certificado da ARPANSA dentro da norma AS/NZS 4399:1996 com FPU 50+ e bloqueio de mais de 98% de radiação Ultravioleta (UV). Identificado como Tecido Comercial II.

4.3 Métodos

As amostras de tecidos foram cortadas no tamanho 2 cm² e caracterizadas por Microscopia Ótica (MO), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS), Espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), Difração de raios X (DRX) e Calorimetria Exploratória de Diferencial (DSC).

4.3.1 Microscopia Ótica (MO)

A caracterização por MO foi realizada em um Microscópio Ótico HIROX com resolução máxima de 3500X, por luz transmitida, acoplado a uma estação de Captura e Análise de Imagens com Software. A análise de MO foi realizada para verificação da morfologia dos tecidos de poliamida com aumento de 80X e para verificação do tamanho médio dos poros.

4.3.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A microscopia eletrônica analisa o material através da irradiação por um fino feixe de elétrons que interage com a superfície da amostra e origina uma série de radiações, fornecendo, dessa forma, informação morfológica e topográfica sobre superfícies de sólidos, necessária para se entender o comportamento de superfície (FIDELES, 2010; FOOK, 2005). A análise morfológica por MEV foi realizada no equipamento fabricado pela HITACHI®, modelo TM 1000, instalado no Laboratório de Caracterização de Materiais – UAEMA/UFCG, utilizando aumento de 400X.

4.3.3 Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS)

O EDS é um acessório essencial no estudo de caracterização microscópica dos materiais, no qual os elementos químicos presentes numa amostra podem ser identificados através do espectro de raios X emitido pela amostra. Um detector instalado na câmara de vácuo do MEV mede a energia associada a esse elétron. Como os elétrons de um determinado átomo possuem energias distintas, é possível, no ponto de incidência do feixe, determinar quais elementos químicos estão presentes naquela amostra. O diâmetro reduzido do feixe permite a determinação da composição atômica em amostras de tamanho muito reduzido (<5 µm), permitindo uma análise quase que pontual. Portanto, neste trabalho, a análise química foi realizada no equipamento SHIMADZU, acoplado ao MEV SHIMADZU SSX-550 SUPERSCAN.

4.3.4 Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR)

A espectroscopia de infravermelho foi utilizada para testar a identidade dos compostos, dando informações estruturais sobre as bandas dos agrupamentos das moléculas e informações sobre os grupos atômicos que participam da estrutura cristalina. Esta técnica considera que as ligações químicas das substâncias possuem frequências de vibrações específicas, as quais correspondem a níveis vibracionais das moléculas (FOOK, 2005). As análises utilizando a técnica de espectroscopia na região do infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) das

amostras de tecidos foram realizadas em temperatura ambiente utilizando a faixa de varredura de 4000 a 400 cm^{-1} . O equipamento utilizado foi o Spectrum 400 da Perkin Elmer.

4.3.5 Difração de raios X (DRX)

A técnica de difração de raios X é usada para se obter informações estruturais importantes sobre a cristalinidade de um composto qualquer. A principal aplicação da difração de raio X refere-se a identificação de compostos cristalinos, sejam eles orgânicos ou inorgânicos (KAHN, 2011). As análises de difração de raios X foram conduzidas a temperatura ambiente em aparelho XRD-6000 Shimadzu, utilizando radiação $K\alpha$ do cobre (1,5418 Å), tensão de 40 kV e corrente 30 mA. As amostras de tecido foram examinadas em um intervalo de 2θ entre 10 e 70 graus a uma velocidade de 1°/min.

4.3.6 Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC)

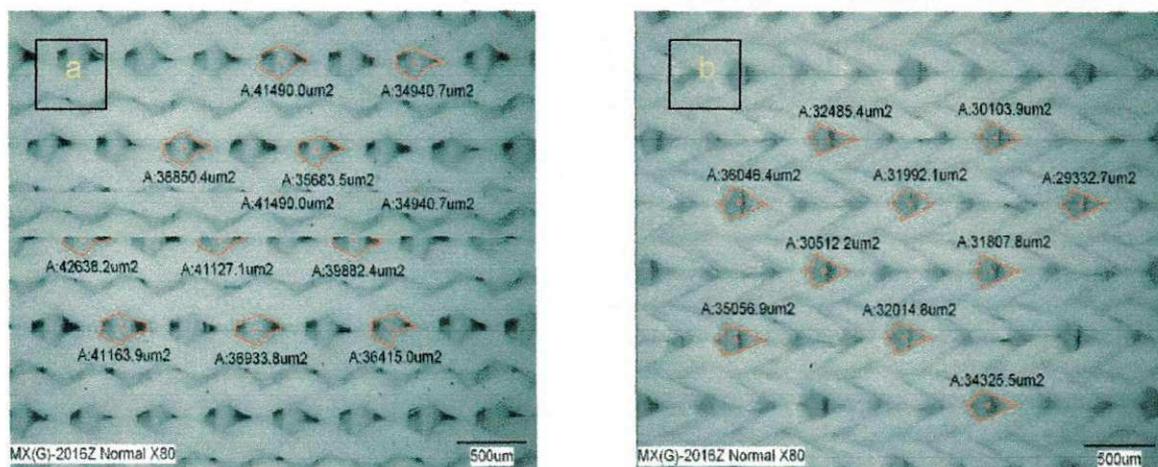
A calorimetria exploratória diferencial (DSC) é uma técnica derivada da DTA. Mede a diferença de energia necessária à substância e a um material de referência, inerte de modo térmico, enquanto ambos são submetidos a uma variação controlada de temperatura, de maneira que a amostra e a referência sejam mantidas em condições isotérmicas, uma em relação à outra, independente do evento térmico que esteja ocorrendo na amostra. A DSC pode ser definida como uma técnica que mede as temperaturas e o fluxo de calor associado que mede as temperaturas e o fluxo de calor associado com as transições dos materiais em função da temperatura e do tempo (PICCOLI et al., 2006). O comportamento térmico das amostras foi avaliado num calorímetro DSCQ20 (TA Instruments, EUA), entre 25 e 300°C, com taxa de aquecimento de 10°C/minuto.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Microscopia Ótica (MO)

A Figura 17 apresenta as imagens da microscopia ótica do Tecido Comercial I e Comercial II. É possível notar que as duas amostras apresentam estruturas morfológicas bem definidas. Igualmente, percebe-se que a amostra Comercial I apresenta poros dispostos de forma contínua e, na amostra Comercial II, constata-se um entrelaçamento das fibras com alternância dos poros.

Figura 17: Microscopia Ótica das amostra de tecido (a) Comercial I e (b) Comercial II - X80.



De acordo com a Tabela 2, é possível observar que a amostra Comercial I apresenta tamanho médio de poros superior quando comparado à amostra Comercial II representando um tamanho médio superior na amostra Comercial I de 22,62% maior que na amostra Comercial II. Quanto ao processo de entrelaçamento dos fios para fabricação do tecido, nota-se que as duas amostras de tecidos apresentam características de tecido tipo malha.

Tabela 2: Tamanho médio dos poros das amostras Comercial I e Comercial II.

Amostra	Tamanho médio dos poros
Comercial I	39.366 µm ²
Comercial II	32.104 µm ²

5.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Ao analisar a morfologia dos tecidos é possível observar dois aspectos importantes: a quantidade média do número de fios de cada fibra e a presença de partículas na amostra Comercial II.

Observando a ampliação das Figuras 18 e 19, é possível identificar que o número médio de fios na amostra Comercial II é superior quando comparada a amostra Comercial I, indicando que a segunda amostra apresenta maior densidade têxtil. Ainda observando a amostra Comercial II, é possível identificar a presença de partículas esféricas distribuídas entre as fibras do tecido que podem ser atribuídas ao aditivo dióxido de titânio.

Figura 18: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da amostra de tecido Comercial I – X400.

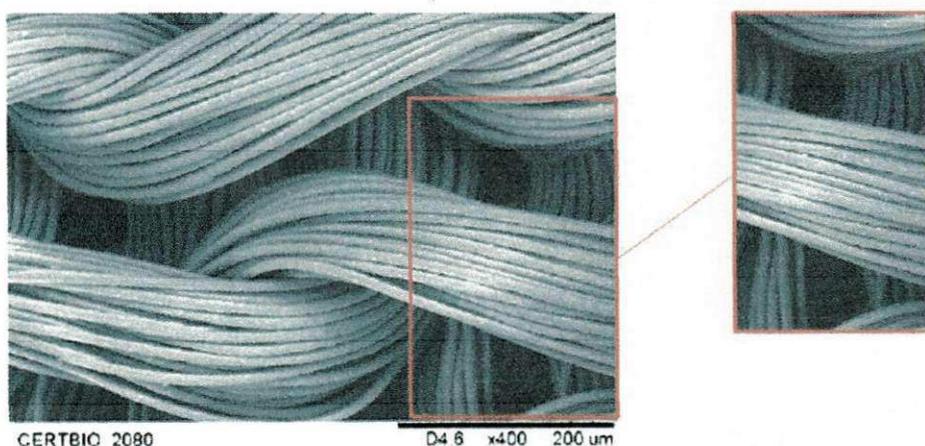
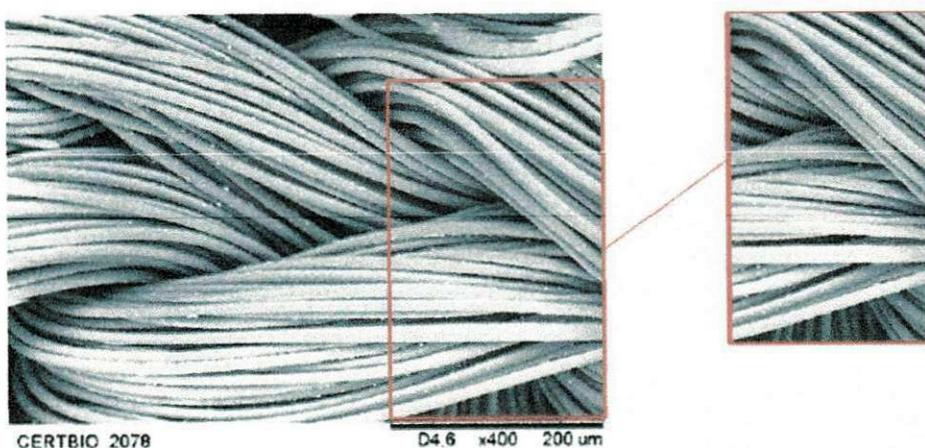


Figura 19: Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) da amostra de tecido Comercial II – X400.

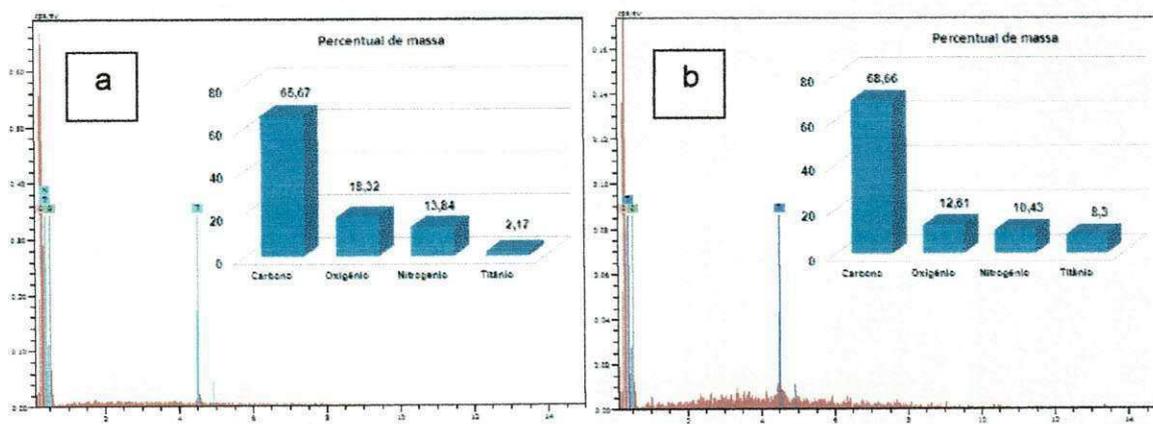


As partículas observadas na figura 19, segundo NG e colaboradores 1999, estão relacionadas as dimensões ultrafinas e de alta energia superficial das nanopartículas de dióxido de titânio o que dificulta a sua dispersão na matriz polimérica, formando esses aglomerados. Adicionada a esta característica há o fator químico, uma vez que as nanopartículas de dióxido de titânio apresentam caráter hidrofílico e o polímero possui caráter hidrofóbico, o que resulta em uma incompatibilidade entre ambos e conseqüentemente, em uma má interação interfacial.

5.3 Espectroscopia por energia dispersiva (EDS)

Na Figura 20 observa-se, no espectro de EDS, a presença dos elementos carbono, oxigênio, nitrogênio e titânio nas duas amostras de tecido. Os elementos carbono, oxigênio e nitrogênio já eram esperados de ser detectados, pois estão presentes na estrutura da poliamida. A identificação do dióxido de titânio (TiO_2) nas duas amostras, pode estar associada a introdução deste na forma de pigmento (corante) para conferir a cor branca ao tecido.

Figura 20: Espectroscopia por Energia Dispersiva (EDS) das amostras do tecido (a) Comercial I e (b) Comercial II.



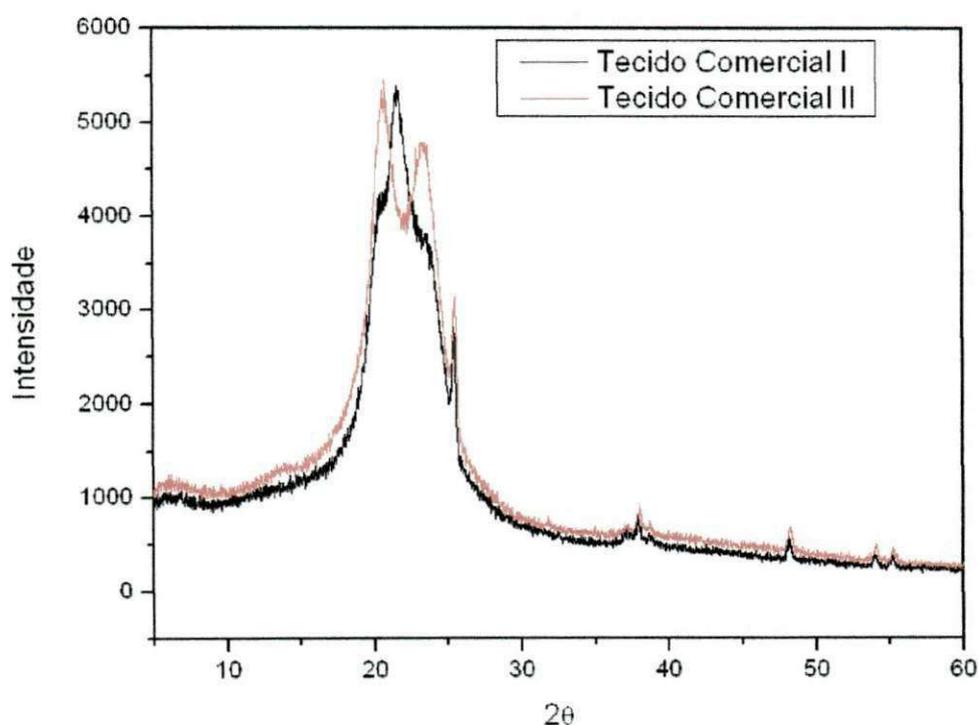
Foi possível observar que a amostra Comercial II apresentou percentual de titânio (aproximadamente 8%) superior quando comparada a amostra comercial I (aproximadamente 2%), pois de acordo com o fabricante da amostra Comercial II, o TiO_2 foi incorporado ao tecido para auxiliar na defesa do organismo contra os efeitos nocivos da radiação UV. Entretanto ao compararmos os dois tecidos, observamos

uma concentração de titânio 3,8 vezes superior no tecido Comercial II em relação ao tecido Comercial I.

5.4 Difração de raios x (DRX)

A Figura 21 apresenta o difratograma de raios X das amostras do tecido Comercial I e Comercial II.

Figura 21: Difratograma de raios X das amostras de tecido Comercial I e Comercial II.

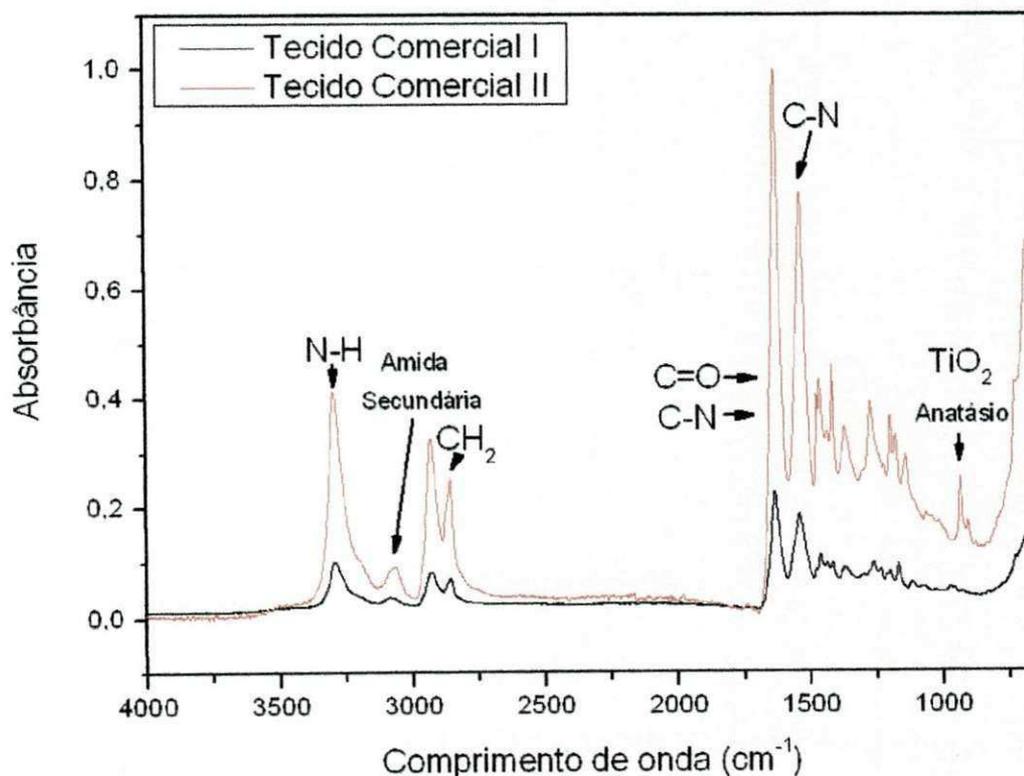


Através do difratograma, é possível observar a semelhança de intensidade e sobreposição dos picos entre as duas amostras de tecido, exceto o pico em aproximadamente 25° (difração de 2θ) do Tecido Comercial II. Esse pico está associado à presença do dióxido de titânio (TiO_2) na fase anatásio, correspondendo ao plano (101) (ficha 21-1272), que evidencia a estrutura cristalina do TiO_2 com ação fotoprotetora mais efetiva.

5.5 Espectroscopia na região do infravermelho com transformada de fourier (FTIR)

O espectro de infravermelho obtido das amostras Comercial I e Comercial II está apresentado na Figura 22. Os picos na faixa de 2800 a 3000 cm^{-1} são característicos dos estiramentos simétricos e assimétricos C-H das cadeias carbônicas, enquanto que o pico em torno de 3300 cm^{-1} pode ser atribuído ao estiramento N-H dos grupamentos amidas de poliamidas. Por outro lado, a presença desses grupos leva ao aparecimento de bandas de estiramento e deformação angular característicos na região de 1000 a 1500 cm^{-1} . O pico entre 700 e 550 cm^{-1} é característico do TiO_2 na forma cristalina anatásio (CHEN et al., 2007), destaca-se, entretanto, a nítida diferença de intensidade entre a amostra de tecido Comercial II e o tecido Comercial I, evidenciando mais uma vez a diferença entre os dois tecidos.

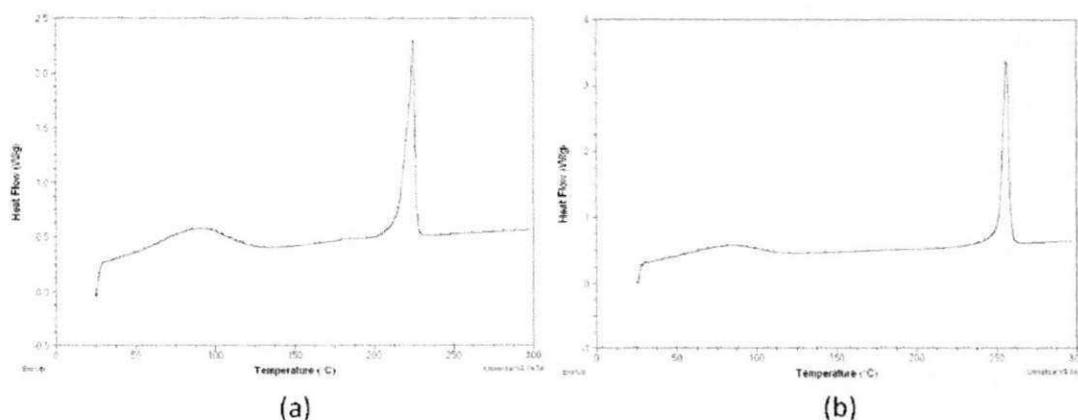
Figura 22: Espectro vibracional do infravermelho das amostras de tecido Comercial I e Comercial II.



5.6 Calorimetria exploratória diferencial (DSC)

A Figura 23 mostra as curvas de DSC para as amostras de tecido (a) Comercial I e (b) Comercial II.

Figura 23: Curvas de DSC para as amostras de tecido (a) Comercial I e (b) Comercial II.



É possível observar que a T_g das amostras não mostra um pico bem definido, mas bandas que situa-se em valores entre 80 e 92°C para ambas as amostras. A amostra Comercial I apresenta um pico de fusão por volta de 225°C, enquanto a amostra Comercial II apresenta pico de fusão em aproximadamente 260°C. Dessa forma, pode-se observar que há uma grande diferença na temperatura de fusão entre os dois tecidos, dando indícios que a amostra Comercial I e a Comercial II trata-se respectivamente de uma poliamida 6 e uma poliamida 6,6, respectivamente. A Tabela 3 mostra de forma resumida os valores da temperatura de cada amostra. Quanto a temperatura de transição vítrea os valores são típicos de uma poliamida 6 e, as variações determinadas entre cada uma das amostras de tecidos Comercial podem ser atribuídas ao processamento do material.

Tabela 3: Temperatura de Transição Vítrea (T_g) e Temperatura de Fusão (T_m) das amostras Comercial I e Comercial II.

Amostras/Temperaturas	T_g (°C)	T_m (°C)
Comercial I	~88-92	~225
Comercial II	~80-88	~260

6 CONCLUSÕES

A partir dos resultados apresentados chegou-se as seguintes constatações:

- Nos ensaios de microscopia ótica pode-se perceber que as duas amostras apresentam estruturas morfológicas bem definidas, com alternância de poros e entrelaçamento de fios característicos de um tecido tipo malha. É possível observar que a amostra Comercial I apresenta tamanho médio de poros superior quando comparado à amostra Comercial II, facilitando a penetração da radiação UV.
- A análise morfológica por MEV demonstrou que o número médio de fios na amostra Comercial II é superior quando comparada a amostra Comercial I, indicando que a segunda amostra apresenta maior densidade têxtil. Observando a amostra Comercial II, identificou-se a presença de partículas distribuídas entre as fibras do tecido que podem ser atribuídas ao agente fotoprotetor - dióxido de titânio.
- Na Espectroscopia por Energia Dispersiva foi encontrado que o percentual de titânio no Tecido Comercial II é, aproximadamente, 3,8 vezes superior ao tecido Comercial I. Os elementos carbono, oxigênio e nitrogênio também foram identificados, confirmando que se trata uma poliamida.
- As técnicas de DRX e FTIR revelaram a presença do dióxido de titânio (forma anátase) no Tecido Comercial II. Essa fase não foi observada no Tecido Comercial I.
- Durante análise de DSC, foi possível observar que os picos da temperatura de fusão (T_m) das amostras possuíam resultados discrepantes e sugerindo que o Tecido Comercial II sofreu alterações no ponto de fusão a introdução do dióxido de titânio em sua estrutura.
- A partir dos resultados obtidos, ficam estabelecidas as condições para o desenvolvimento de tecido com propriedades foto protetor com tecnologia nacional e acessível aos trabalhadores na forma de EPI – Equipamento de Proteção Individual com potencialidade de substituição dos protetores : químicos e de ação mais efetiva.

REFERÊNCIAS

- ABATTI, D. Tratamento de superfície de tecido de poliamida 6.6 com plasma e/ou quitosana, Dissertação (Mestrado). Curso de Química, Departamento de Química, Universidade Regional de Blumenau de Santa Catarina, Blumenau, p 65, 2007.

ARPANSA- AUSTRALIAN RADIATION PROTECTION AND NUCLEAR SAFETY AGENCY, Australian Government, 1996.

- ARAÚJO, M.; CASTRO, E. M. M. Manual de Engenharia Têxtil, Editora Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, v. 1, 1984.

ARAUJO, T. S.; SOUZA, S. O. Protetores solares e os efeitos da radiação ultravioleta, Scientia Plena, v. 4, nº 11, 2008.

BALTAR, C. A. M.; SAMPAIO, J. A.; ANDRADE, M. C.; PINTO, D. C. Minerais de titânio, Centro de tecnologia mineral, Rio de Janeiro, 2008.

BALOGH, T. S.; PEDRIALI, C. A.; BABY, A. R.; VELASCO, M. V. R.; KANEKO, T. M. Proteção à radiação ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade em fotoproteção, An Dermatol, vol. 86, nº 4, p. 42 – 732, 2011.

BARON, E. D.; KIRKLAND, E. B.; DOMINGO, D. S. Advances in photoprotection, Dermatol Nurs, vol. 20, nº 4, p. 72 – 265, 2008.

- BASSANI, A.; PESSAN, L. A.; HAGE JR., E.: Propriedades Mecânicas de Blendas de Nylon-6/ Acrilonitrila-EPDM-Estireno (AES) Compatibilizadas com Copolímero Acrílico Reativo (MMA-MA). Polímeros: ciência e tecnologia, vol. 12, nº2, p. 102-108, 2002.

BRIGEL, F. A. Avaliação morfofuncional de pele humana conservada em glicerol e submetida à radiação gama: estudo em camundongos atímicos, São Paulo, 2011.

BURBACH, G.J.; ANSEL, J.C.; ARMSTRONG, C.A. Cytokines in the skin. In: the Biology of the Skin. 1 ed. The New York:Parthenon Publishing Group, p. 299-3319, 2000.

- CAMPOS, L. E. G.; Talco e Pirofilita, Balanço Mineral Brasileiro, 2001.

CARDOSO, S. G. Estudo das propriedades mecânicas e dos mecanismos de fratura de fibras sintéticas do tipo náilon e poliéster em tecidos de engenharia. Instituto de pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo, 2009.

- CARTILHA DA COSTURABILIDADE, Uso e Conservação de Tecidos para Decoração, Segunda Edição, Comitê de Tecidos para Decoração da ABIT, 2011.
- CHOUDHURY, A. K. R. *Textile preparation and dyeing*. [s.l.] Science cap. 1, Chemistry of textile materials. p. 1-9, p. 27-39, 2006.
- CITEVE – Centro Tecnológico das Indústrias, Comparação da propriedades UV em PA e poliéster Têxtil e do Vestuário de Portugal, 2012.

COELHO, S. A. Produção de Nanopartículas de TiO₂ para Tratamento de Água Residuais e Aplicação em Células Fotovoltaicas. (Dissertação de Mestrado) 2008. Projecto de Desenvolvimento em Instituição Estrangeira. Universidade do Porto. Departamento de Engenharia Química.

- CONMETRO - Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - Resolução nº 01, 2001.

COSTA, F. B.; WEBER, M. B. Avaliação dos hábitos de exposição ao sol e de fotoproteção dos universitários da região metropolitana de Porto Alegre, RS. *An Bras Dermatol* vol. 79, nº 2, p. 149-55, 2004.

DASGUPTA, S.; HAMMOND, W. B.; GODDARD, W. A., Crystal structures and properties of glass bead-filled nylon-6, *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 94, p. 1885-1890, 2004.

- DUPONT, DuPont Engineering Fibres, Kevlar, 2008.

* FALCETTA, J. E. Barramento em tecidos de malha, IN: CONGRESSO NACIONAL DE TÉCNICOS TÊXTEIS, 18., 1998, Guarujá, XVIII CNTT: anais. São Paulo. ABTT, 1998.

- FERRO, W. P.; SILVA, V. G. A. Uso da cinza da casca de arroz como carga em matrizes de poliamida 6 e poliamida 6.6, *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, vol. 17, nº 3, p. 240-243, 2007.

FLOR, J.; DAVOLOS, M. R.; CORREA, M. A. Protetores Solares, *Quim. Nova*, v. 30, nº 1, p. 153-158, 2007.

GONZÁLEZ-BARROS, M. R. e BARCELÓ, M. L. Innovaciones y Avances em el Sector de las Rocas y Minerales Industriales. *Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España*, 78p, 1997.

GONZÁLES, S.; FERNÁNDES – LORENTE, M.; GILABERTE – CALZADA, Y. The latest on skin photoprotection, *Clin Dermatol*, vol. 26, nº 6, p. 26 – 614, 2008.

- GUEDES, B.; FILKAUSKAS, M. E. O plástico, São Paulo, 1986.

HAAKE, A.; SCOTT, G.A.; HOLBROOK, K.A. Structure and function of the skin: overview of the epidermis and dermis. FREINKEIL, R.K.; WOODLEY, D.T In: *the Biology of the Skin*. p.15-17, 1 ed. New York: The Parthenon Publishing Group, 2000.

HARRIS, M. I. N. C. Pele: estrutura, propriedades e envelhecimento, Editora Senac São Paulo, 3º ed. p, 21. 2003.

HEYMANS, N.; SCHMELING, HH. KB.; KAUSCH, H.; PLUMMER, CJ.; DECROLY, P. Matériaux polymères: Propriétés mécaniques et physiques. PPUR presses polytechniques, p. 657, 2001.

JOHNSON, W. A. Invitation à la chimie organique, De Boech Université, p. 784, 2002.

KOCHANEK, K. S.; BRENNISEN, P.; WENK, J.; HERRMANN, G.; MA, W.; KUHR, L.; MEEWES, C.; WLASCHEK, M. Photoaging of the skin from phenotype to mechanisms. *Experimental Gerontology*, 35, p. 307–316, 2000.

KOHAN, M.I; Nylon Plastics Handbook. Hanser&Gardner Publications Inc., New York, 631p, 1995.

LISBOA, M. S. Obtenção e caracterização do sistema compósito alginato de sódio-dióxido de titânio em formas de pó e de membrana, Rio Grande do Norte, 2011.

LYND, L. E. Titanium. In.: *Mineral Facts and Problems*, Bureau of Mines, 1-21, 1985.

NG, C. B.; SCHADLER, L. S.; SIEGEL, R. W. Synthesis and mechanical properties of TiO₂ – epoxy nanocomposites, *Nanostructured Material*, vol. 12, p. 507 – 510, 1999.

NORRIS, D.A. Structure and function of the skin. GOLDMAN, L. e ANSIELLO, D. *Textbook of Medicine*, 22 ed., p. 2444-2446, 2004.

OKUNO, E.; VILELA, M. A. C. Radiação ultravioleta: características e efeitos, Editora Livraria da Física, 1º ed. 2005.

ORIÁ, R. B.; FERREIRA, F. V. A.; SANTANA, E. N.; FERNANDES, M. R.; BRITO, G. A. C. Estudo das alterações relacionadas com a idade na pele humana, utilizando métodos de histo-morfometria e autofluorescência, *An bras Dermatol*, Rio de Janeiro, nº 78, v. 4, p. 425-434, 2003.

PAINTER, P. C.; COLEMAN, M. M.; IRUIN, J. J.; BERRIDI, M. J. F. Fundamentais de ciência de polímeros. CRC Press, p. 473, 1996.

PAKMA, O.; SERIN, N.; SERIN, T. The effect of repeated annealing temperature on the structural, optical, and electrical properties of TiO₂ thin films prepared by dip-coating sol-gel method. *J. Mater. Sci.* v. 44, p. 401-407, 2009.

PALASTANGA, N.; FIELD, D.; SOAMES, R. Anatomia e movimento humano: estrutura e função, Editora Manole, SP, 3º ed., 2000.

PALM, M. D. O'donoghue M.N. Update on photo protection. *Dermatol Ther.* v. 20, p. 76-360, 2007.

PREVENÇÃO DO CÂNCER DA PELE: NORMAS E RECOMENDAÇÕES DO INCA, Instituto Nacional de Câncer, Bras Cancerol, v. 48, nº 3, p. 203, 2002.

PURIM, K. S. M.; LEITE, N. Fotoproteção e exercícios físicos, *Rev. Bras. Med. Esporte*, vol. 16, nº 3, 2010.

RAUH, L. K. Avaliação da atividade antiinflamatória tópica da *vernonia scorpioides* (Lam) *persons* em modelos de inflamação cutânea em camundongos, Curitiba, 2008.

- RODRIGUES, R. S. Proposta de sistematização para a etapa conceitual do processo de desenvolvimento de produto no segmento têxtil, Dissertação -Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais – PPGEM, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, p 25, 2012.

RYAN, T. The ageing of the blood supply and the lymphatic drainage of the skin. The International Research and Review Journal for Microscopy, v. 35, p. 161-171, 2004.

SANTOS, M. R. C.; SOUZA, V. C.; OLIVEIRA, M. M.; BUENO, P. R.; BACELAR, W. K.; ORLANDI, M. O.; BARRADO, C. C.; GOMES, J. W.; LONGO, .; LEITE, E. R.; VARELA, J. A. Cerâmicas eletrônicas a base de SnO₂ e TiO₂. Cerâm. V. 47, p. 136-143, 2001.

- SHREVE, R. N.; BRINK, S. A. Indústria de processos químicos, 4 ed., Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1997.

SILVA, A. A. Medidas de radiação solar ultravioleta em Belo Horizonte e saúde pública, Ver. Bras. Geof., vol. 26, nº 4, 2008.

THAN, J.; CHEN, L.; DAÍ, J.; WANG, X.; YIN, Y.; WU, P. Preparation and characterization of TiO₂, ZnO, and TiO₂/ZnO nanofilms via sol-gel process. Ceram. Int. v. 35, p. 2261-2270, 2009. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/ceramint>>. Acesso em: 21/01/2013

TOFETTI, M.H.de F.C; OLIVEIRA, V.R.de. A importância do uso do filtro solar na prevenção do fotoenvelhecimento e do câncer de pele. Investigação – Revista Científica da Universidade de Franca, Franca (SP). v. 6, n. 1, 2006.

U. S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, Community-Based UV Risk Education: The Sunwise Program Handbook, p. 36-37, 2011.

VALENTE, A. C.; OLIVEIRA, R. Poliamida: solidez da cor para o desenvolvimento da indústria, Revista da Unifebe, p. 1-17, 2011.

- VICENTE, J. A. Materiais plásticos de engenharia e suas aplicações (poliamida e poliacetal), São Paulo, 2009.

WILLIAMS, I. R.; KUPPER, T. S. Immunity at the surface: homeostatic mechanisms of the skin immune system. Life Science, v. 58, nº 18, p. 1485-507, 1996.

ZOTELLI, I. Doenças de pele causadas pelo sol. APM, Piracicaba, v.07, nº 64, p. 6-7, 2012.