

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SISTEMAS DE
PROCESSOS QUÍMICOS E INFORMÁTICA

**Análise de Ensaio de Lavagens em Tecidos
de Poliéster com Diferentes Concentrações
de Sabão de uso Doméstico.**

Autora: Roberta Maria Salvador Navarro

Orientador: Prof. Dr. Elias Basile Tambourgi

Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Engenharia Química como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Química.

Campinas, SP
Julho de 2007

DADE BC
CHAMADA: _____
T/UNICAMP N228a
EX. _____
MBO BCCL 74226
DC 16-195-07
D X
EÇO 11,00
TA 19-9-07
ID 410505

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

N228a Navarro, Roberta Maria Salvador
Análise de ensaios de lavagem em tecidos de poliéster
com diferentes concentrações de sabão de uso doméstico
/ Roberta Maria Salvador Navarro.--Campinas, SP:
[s.n.], 2007.

Orientador: Elias Basile Tambourgi.
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Química.

1. Meio ambiente. 2. Fibras têxteis. I. Tambourgi,
Elias Basile. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Química. III. Título.

Título em Inglês: Cleaning experiments for polyester tissues with domestic soaps at
different concentrations

Palavras-chave em Inglês: Textile fibers, Environment

Área de concentração: Sistemas de Processos Químicos e Informática

Titulação: Doutor em Engenharia Química

Banca examinadora: Maria Elizabeth Brotto, Ana Claudia Wabiszczewicz César, Jabra
Haber e Sergio Ricardo Lourenço

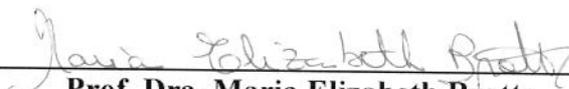
Data da defesa: 31 de Julho de 2007

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Química

Tese de Doutorado, defendida por Roberta Maria Salvador Navarro, em 31 de julho de 2007 e aprovada pela banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:



Prof. Dr. Elias Basile Tambourgi
FEQ/UNICAMP



Prof. Dra. Maria Elizabeth Brotto
OSVALDO CRUZ



Prof. Dra. Ana Claudia Wabiszczewicz Cesar
UNINOVE



Prof. Dr. Jabra Haber
USP



Prof. Dr. Sergio Ricardo Lourenço
UNINOVE

200745703

Agradecimentos

A Deus, porque sem sua benevolência nada ocorreria em minha vida.

Ao Professor Dr. Elias Basile Tambourgi, não só pela orientação e dedicação para o desenvolvimento deste trabalho, mas também, por sua generosidade, compreensão, apoio e por acreditar em minha dedicação e capacidade.

Ao CNPq, pelo auxílio em forma de bolsa.

A Clariant e seus funcionários, pelo fornecimento do material necessário e pela atenção dada para a realização deste estudo.

A todos os professores do Departamento de Processos Químicos e Informática (DESQ), e a todos os funcionários da Faculdade de Engenharia Química (FEQ) da Unicamp.

Aos muitos amigos, que já tinha e aos outros tantos que ganhei neste caminho.

E principalmente aos meus pais, minhas irmãs, especialmente a meu marido, e as pessoas que me cercam pela paciência, confiança e apoio para a realização deste trabalho.

Já percorri esse longo caminho da liberdade. Procurei não vacilar e dei muitos passos em falso no percurso. No entanto, descobri que depois de subir um monte bem alto a gente apenas verifica que há muitos outros montes a escalar. Tirei um instante para descansar, para dar uma olhadela no panorama glorioso que me cerca, para olhar para trás e ver a distancia que percorri. Porém só posso descansar um instante, pois com a liberdade vêm as responsabilidades e eu não ousou demorar-me, minha longa caminhada ainda não terminou.

Nelson Mandela

Resumo

A indústria têxtil possui um elevado grau de importância no contexto brasileiro, a constante mudança da moda leva a pesquisa pela novidade e originalidade, sendo criados tecidos diferenciados com propriedades físicas, acabamento e texturas inovadoras.

Hoje em dia existem inúmeras fibras têxteis (naturais, animais e sintéticas), além de uma infinita gama de combinações entre elas; e considerando-se fatores como custo e benefício, rapidez na produção, etc., será estudado a fibra de poliéster (PES), pois além de sua versatilidade é a fibra têxtil mais utilizada no mundo.

Um dos mais importantes requisitos é a cor dos tecidos de uso doméstico e suas propriedades de solidez (menor ou maior capacidade de resistência da cor ao uso), e isto depende de três fatores principais: o tipo de corante escolhido em função da fibra que compõe o tecido e do uso que se dará ao mesmo, o emprego do processo de tingimento adequado e o processo de lavagem. O tingimento consiste em fixar o corante sobre a fibra. Portanto, o tingimento depende da qualidade da fibra e da composição química do corante.

Para fibras de poliéster os corantes mais adequados são os corantes dispersos, que proporcionam um maior rendimento, fixação e resistência da cor, além de boas propriedades de solidez da fibra. Neste contexto, o presente trabalho visa o estudo das propriedades de solidez à luz e de solidez à lavagem das fibras de poliéster tingidas com corantes dispersos, conforme exigências dos consumidores e, seguindo, portanto as Normas ISO.

Os resultados obtidos permitiram concluir que as fibras de poliéster possuem boas propriedades de solidez à lavagem doméstica e comercial com sabão comercial comum, visto que, quase não ocorre desbotamento e transferência de cor quando utilizado em concentração recomendadas. Foi concluído também que o poliéster possui boa solidez à luz, isto é possui boa resistência ao desbotamento quando exposto a luz por até 180 horas.

Palavras chaves: poliéster, corantes dispersos, solidez.

Abstract

The textile industry has a high degree of importance in the Brazilian context, the constant fashion change takes to the research for innovation and originality, being created differentiated fabrics with innovative physical properties, finish and textures.

Nowadays exist countless textile fibers (natural, animals and synthetic), besides an infinite range of combinations among them; and, and in consideration factors as benefit and cost, speed in the production, etc. it will be studied the polyester fiber (PES), because, besides its versatility it is the textile fiber that more used in the world.

One of the most important requirements is the color of the use domestic fabrics and its fastness properties (smaller or larger capacity of color resistance to the use), and this depends on three main factors: the type of chosen dye in function of the fiber that composes the fabric and of the use that will be lead to the same, the employment of the appropriate dyeing process and wash process. The dyeing consists of fixing the dye on the fiber. Therefore, the dyeing depends on the fiber quality and of the dye chemical composition.

For polyester fibers the most appropriate dyes are the disperse dyes, that provide a larger performance, fixation and color resistance, besides good fiber fastness properties. In this context, the present work seeks the study the light fastness properties and the wash fastness properties of the polyester fibers dyeing with disperse dye, according to the consumers demands and, following, therefore the ISO Proceeding.

The obtained results allowed to conclude that the polyester fibers have good domestic and commercial wash fastness properties with common commercial soap, because, it hardly happens bleaching and color transfer when it used in indicated concentrations. It was also concluded that the polyester has good light fastness, in other words, it has good bleaching resistance when exposed to the light for even 80 hours.

Keywords: polyester, disperse dyes, fastness.

Resumen

La industria textil tiene un alto grado de importancia en el contexto brasileño, el cambio constante de la moda obliga a la investigación para la innovación y la originalidad, creándose tejidos diferenciados con propiedades físicas, acabamiento y texturas innovadoras.

Hoy en día existen innumerables fibras textiles (naturales, animales y sintéticos), además de un infinito número de combinaciones entre ellos; y en estudio de factores como el costo y beneficio, rapidez en la producción, etc., también se estudiará la fibra de poliéster (PES), porque por su versatilidad, es la fibra textil más usada en todo el mundo.

Un de los temas más importantes es el color de los tejidos de uso doméstico y sus propiedades de solidez (la capacidad más pequeña o la más grande de resistencia del color al uso), y esto depende de tres factores principales: el tipo de colorante escogido en la función de la fibra que compone el tejido y del uso que se da al mismo, el empleo del procedimiento apropiado para teñir y el que se da para lavar. El teñir consiste en fijar el colorante en la fibra. Por consiguiente, el teñido depende de la calidad de la fibra y de la composición química del colorante.

Para fibras de poliéster los colorantes más apropiados son los colorantes dispersados, que dan rendimiento más grande, mejor fijación y resistencia al color, además de buenas propiedades de solidez en la fibra. Así el presente trabajo busca el estudio de las propiedades de solidez a la luz y de solidez al lavar de las fibras de poliéster teñidas con colorante dispersado, según los gustos de los consumidores y, por lo tanto siguiendo las Normas ISO.

Los resultados obtenidos permiten concluir que las fibras de poliéster tienen propiedades de solidez muy buenas al ser lavadas doméstica o comercialmente aunque sea con jabones comunes, pois casi no hay aclaramiento o transferencia del color cuando se usa en la concentración recomendada por el fabricante. También fue concluido que el poliéster tiene una buena solidez a la luz, se ha llegado a este resultado después de dejar el poliéster debajo de fuerte luz por más de 180 horas seguidas, sin haber notado perdida de color

Palabras llave: poliéster, colorantes dispersados, solidez.

Sumário

Introdução	1
Capítulo 1	4
Revisão Bibliográfica	4
1.1 Fibras Têxteis	4
1.2 Fibras Naturais Vegetais – Algodão	4
1.3 Fibras Animais	6
1.4 Fibras Químicas	7
1.4.1 Fibras Químicas de Matéria-Prima Natural	7
1.4.2 Fibras Sintéticas ou Fibras Químicas Produzidas a partir de Produtos Químicos	7
1.5 Fabricação do Polímero	9
1.6 Texturização	11
1.7 Tipos de Fibras	13
1.7.1 Poliamidas – PA	13
1.7.2 Polipropileno – PP	15
1.7.3 Poliacrílicas (PAC) ou Acrílico	16
1.7.4 Poliuretano (PUE) ou Elastano	17
1.7.5 Poliéster (PES) ou Polietilenotereftalato (PET)	18
1.8 Poliéster – PÉS	19
1.8.1 Fibras de Poliéster Modificadas	22
1.8.2 Propriedades das Fibras de PES	22
1.8.3 Utilização do Poliéster	23
1.9 Corantes para Tingimento de Poliéster	23
1.9.1 Corantes Dispersos	24
1.9.2 Características Químicas dos Corantes Dispersos	24
1.9.3 Solubilidade	25
1.9.4 Tamanho da Partícula	25

1.9.5 Dispersão	26
1.9.6 Estrutura das Moléculas	26
1.10 Mecanismo de Tingimento	26
1.10.1 Estabilidade de Dispersão dos Banhos de Tingimento	28
1.10.2 Fatores que afetam a Estabilidade de Dispersão	28
1.11 Propriedade de Solidez	28
1.11.1 Solidez à Sublimação	32
1.11.2 Solidez à Lavagem	34
1.11.3 Solidez à Luz	35
1.12 Termomigração	35
Capítulo 2	37
Técnicas Experimentais	37
2.1 Descrição das Amostras de Poliéster	37
2.2 Descrição do Sabão Utilizado	37
2.3 Descrição e Operação do Equipamento para Solidez à Lavagem	38
2.4 Avaliação da Alteração da Cor	39
2.5 Avaliação da Transferência de Cor durante a Lavagem	40
2.6 Descrição e Operação do Equipamento para Solidez à Luz	41
2.7 Avaliação da Alteração de Cor após a Exposição à Luz	42
Capítulo 3	43
Resultados Experimentais	43
3.1 Solidez à Lavagem com Concentração de Sabão 5 g/L	43
3.2. Solidez à Lavagem com Concentração de Sabão 10 g/L	45
3.3 Solidez à Lavagem com Concentração de Sabão 15 g/L	46
3.4 Solidez à Luz – Xenotest	48
Conclusões e Sugestões	49
Referências Bibliográficas	50

Lista de Figuras

1.1 Flor de algodão	5
1.2 Corte transversal da fibra de algodão	5
1.3 Exemplos de outros tipos de fibra vegetal	6
1.4 Fabricação do filamento de viscosa	7
1.5 Representação esquemática dos tipos de fibras existentes	9
1.6 Fabricação do filamento	12
1.7 Fio de filamentos lisos e texturizados	12
1.8 Diferentes números de filamentos nos fios	13
1.9 Monômero denominado Oligômero	21
1.10 Fibras de poliéster sem a adição de oligômeros	21
1.11 Fibras de poliéster com a adição de oligômeros	22
1.12 Estrutura de um azo-corante típico	24
1.13 Mecanismo do tingimento do poliéster	27
1.14 Exemplos de alteração de cor após teste de lavagem	29
1.15 Escala Cinza para alteração de cor	31
1.16 Tecido testemunha	31
1.17 Escala Cinza para transferência de cor	32
1.18 Exemplos de resultados de testes de transferência de cor	33
1.19 Escala Azul para solidez à luz.	34
1.20 Processo de Dessorção – Termomigração – Sublimação	36
2.1 Aparelho Xenotest	42

Lista de Tabelas

1.1 Nomenclatura das principais fibras têxteis	9
1.2 Definição, características, aplicação e comportamento das fibras	10
1.3 Classificação das fibras por densidade linear	13
1.4 Tipos de corantes dispersos para poliéster	25
1.5 Interpretação de avaliação com escala cinza	30
1.6 Relação de perda de cor e nota da escala cinza de alteração de cor	30
2.1 Termos qualitativos que indicam a diferença total de cor	40
3.1 Resultados experimentais de alteração de cor para concentração de 5 g/L de sabão	44
3.2 Resultados experimentais de transferência de cor para concentração de 5 g/L de sabão	44
3.3 Resultados experimentais de alteração de cor para concentração de 10 g/L de sabão	45
3.4 Resultados experimentais de transferência de cor para concentração de 10 g/L de sabão	46
3.5 Resultados experimentais de alteração de cor para concentração de 15 g/L de sabão	47
3.6 Resultados experimentais de transferência de cor para concentração de 15 g/L de sabão	47
3.7 Resultados experimentais de solidez à luz	48

Lista de Quadro

1.1. Tipos de fibras Sintéticas.

8

Lista de Equações

1.1 Reação de obtenção do monômero	11
1.2 Reação de obtenção do polímero	11
1.3 Poliéster.	20

Introdução

A indústria têxtil possui um elevado grau de importância no contexto socioeconômico brasileiro, somando cerca de 5000 indústrias no setor (dados referentes ao ano de 1999), distribuídas em: 11% de grande porte, 21% de pequeno porte, e 68% como micro empresas (SEBRAE, 2006).

Dentro da indústria têxtil, o segmento da moda tem a particularidade de mudar as coleções algumas vezes ao ano, o que leva a uma constante pesquisa pela novidade e originalidade da parte dos fabricantes de tecidos.

A evolução tecnológica observada nas áreas de produção química, fibras têxteis, máquinas de beneficiamento e programas de controle proporciona cada vez mais novos desafios na criação de artigos têxteis diferenciados com propriedades físicas, acabamento e texturas inovadoras exigidas pelos consumidores e criadores de moda.

Um dos mais importantes requisitos é a cor dos tecidos de uso doméstico e suas propriedades. A boa solidez de um tecido tinto (menor ou maior capacidade de resistência da cor ao uso) depende de três fatores principais: o tipo de corante escolhido em função da fibra que compõe o tecido e do uso que se dará ao mesmo, o emprego do processo de tingimento adequado e o processo de lavagem. O tingimento consiste em fixar o corante sobre a fibra. Portanto, a tintura depende da qualidade da fibra e da composição química do corante (Sebrae, 2006).

A solidez é uma das características mais importantes para a escolha do emprego de uma fibra tinta, e por isso, este trabalho estudará as principais propriedades de solidez das fibras.

De acordo com Robinson et al (2001), existe mais de 100.000 corantes comercialmente disponíveis, cuja produção global é da ordem de 700.000 toneladas por ano. No Brasil o consumo anual de corantes atinge cerca de 26.500 toneladas (Kunz et al, 2002).

Como mencionado anteriormente, a cor dos tecidos é um dos mais importantes requisitos para as indústrias têxteis. O tingimento consiste em fixar o corante sobre a fibra.

Portanto, a tintura depende da qualidade da fibra e da composição química do corante (Sebrae, 2006).

As primeiras fibras têxteis eram feitas de materiais grosseiros como gramíneas, junco e cana. Eram utilizadas nos tempos pré-históricos para fazer telas, cestos, redes de pesca, tapetes e cordas. Posteriormente, foram desenvolvidas técnicas para utilizar materiais naturais mais sofisticados como o linho, a juta e o pelo animal.

Por volta do terceiro milênio antes de Cristo, fibras como algodão, lã e seda passaram a ser exploradas. Ao final do século XIX, surgiram as primeiras fibras manufaturadas, os "raions", obtidos a partir da celulose natural. Na década de 30, desenvolveram-se as fibras sintéticas, baseadas em polímeros, como os nylons, poliésteres, acrílicos e poliolefinas.

As fibras têxteis são convertidas em fios por meio da fiação. Fibras de tipos diferentes podem ser fiadas conjuntamente. Poliéster e algodão, ou lã e nylon são algumas das combinações possíveis. Os fios dão origem aos tecidos por meio da tecelagem. Processos têxteis de acabamento são então aplicados para dar ao tecido propriedades particulares. Alguns desses processos, como o tingimento, podem ser aplicados nas fibras cruas, nos fios ou nos artigos acabados (Sebrae, 2006).

Outro foco muito importante da indústria têxtil é a produção, que deverá ser realizada no menor prazo, com menor custo e a melhor qualidade possível, pois é necessário satisfazer o consumidor final que procura sempre o melhor custo e benefício.

Considerando todos esses fatores será estudado a fibra de poliéster (PES), pois além de ser a fibra têxtil que mais utilizada no mundo é também a mais versátil.

A seguir, o Capítulo 1 apresenta uma revisão bibliográfica sobre o assunto de modo a ressaltar a importância da fibra têxtil de poliéster, sua fabricação, principais características e propriedades exigidas pelas indústrias e consumidores finais.

No Capítulo 2, descreve-se as técnicas experimentais empregados para a realização deste estudo, como as técnicas de solidez a luz e solidez a lavagem da fibra de poliéster.

O Capítulo 3 engloba o conjunto de resultados experimentais obtidos, os quais são analisados e interpretados.

E, finalmente, são apresentadas as conclusões deste trabalho, e sugere-se a realização de trabalhos futuros, visando esclarecer questões referentes ao tema.

Capítulo 1

Revisão Bibliográfica

1.1 Fibras Têxteis

Denomina-se fibra têxtil qualquer matéria ou produto que pode ser transformado em um substrato têxtil, seja ele um fio, tecido, malha, etc. Estas fibras são divididas em dois grupos:

- Naturais – quando encontradas na natureza;
- Químicas – quando produzidas pelo homem.

As fibras naturais podem ser obtidas de animais, vegetais ou minerais. As minerais não são mais utilizadas na indústria têxtil devido a sua baixa produtividade, difícil manuseio e processamento (Salem et al, 2006).

1.2 Fibras Naturais Vegetais – Algodão

O algodão é uma das fibras mais consumidas na indústria têxtil brasileira. Os primeiros tecidos de algodão que se tem notícia são datados de 3000 a.C. na Ásia. Também foram encontrados tecidos de algodão nas Américas do Norte / Sul no século XVII.

A fibra do algodão é extraída da flor de um vegetal (Figura 1.1). O algodão é composto de 36% de pluma, 58% de caroço e 6% de impurezas; e possui umidade que varia entre 8 e 10%.

No algodão são encontrados macronutrientes e micronutrientes como: Nitrogênio, Ferro, Potássio, Cálcio, Magnésio, Enxofre, Manganês, Cobre, Zinco e Molibdênio. A Figura 1.2. apresenta um corte transversal da fibra de algodão, que pode variar dependendo da maturação.

Assim como as frutas que podem ser colhidas anterior ao estágio de maturação (verdes) ou podem ser colhidas no momento certo para o consumo (maduras), o algodão também sofre com estas variantes. Se colhido antes de seu período de maturação o algodão terá fibras verdes e se caracterizará por ter muitas torções e apresentar um lúmen pronunciado. Quando ele for colhido em hora apropriada suas fibras são chamadas de maduras e caracterizam-se por ter menos torções e um lúmen reduzido (Figura 1.2).



Figura 1.1 Flor de algodão (Salem, et al, 2006).

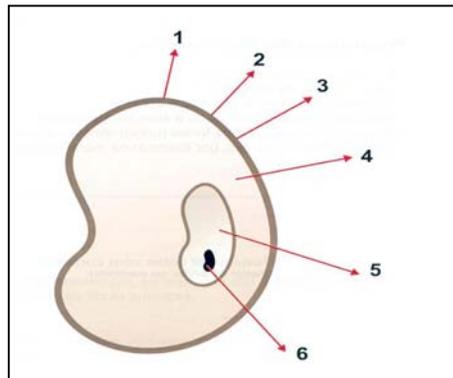


Figura 1.2 Corte transversal da fibra de algodão. Onde: 1. Camada de cera, 2. Cutícula, 3. Parede Primária, 4. Parede Secundária, 5. Lúmen e, 6. Resíduos Protoplasmáticos (Salem, et al, 2006).

Este tipo de diferença vai fazer com que o algodão verde ou o maduro, tenha características distintas no resultado final do tecido. Por exemplo, uma fibra verde irá tingir com menos intensidade de cor do que uma fibra madura.

Outras fibras vegetais são extraídas de caules, por exemplo, linho (Figura 1.3 [a]), rami, juta e cânhamo ou de folhas, como o sisal (Figura 1.3 [b]).

Algumas propriedades das fibras vegetais são: alta absorção de umidade, moderada resistência a tensão e abrasão, amarelece quando submetido a altas temperaturas, baixa resistência a ácidos fortes (principalmente a quente), boa resistência a álcalis, e é considerada uma fibra polar (possui carga negativa). Ácidos forte como o sulfúrico e o clorídrico podem destruir as fibras de algodão, mas por outro lado, estas resistem bem a soda cáustica (Salem, et al, 2006).



[a]

[b]

Figura 1.3 Exemplos de outros tipos de fibra vegetal: [a] Linho, [b] Sisal (Salem, et al, 2006).

1.3 Fibras Animais

As fibras de origem animal podem se obtidas de pêlos como lã de ovelhas ou produzidas por uma lagarta que se alimenta de folhas de amoreira, a seda natural. Ambas as fibras são atacadas pela soda cáustica que as dissolvem.

1.4 Fibras Químicas

1.4.1 Fibras Químicas de Matéria-Prima Natural

A grande maioria das fibras químicas de origem natural é derivada de celulose extraída dos vegetais. As mais usadas são a viscose e o acetato e, mais recentemente o Tencel e o Lyocell. A viscose é obtida pela dissolução da celulose de madeira ou de pequenas fibras de algodão não fiáveis chamadas línter (Figura 1.4.). O acetato é obtido pela reação de anidro acético com celulose e, em seguida, é feita a dissolução em um solvente, e posteriormente faz-se extrusão contra um jato de ar quente, quando ocorre a evaporação de solvente. O Tencel e o Lyocel também são fibras de celulose regeneradas e bem mais resistentes do que a viscose (Salem, et al, 2006).

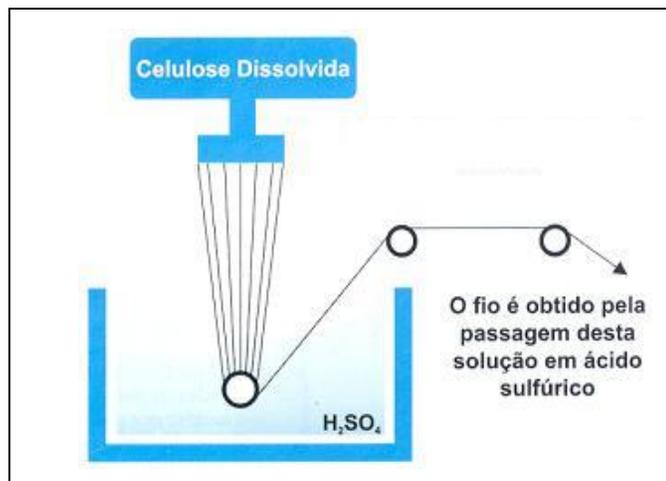


Figura 1.4 Fabricação do filamento de viscose (Salem, et al, 2006).

1.4.2 Fibras Sintéticas ou Fibras Químicas Produzidas a partir de Produtos Químicos

Denomina-se fibra sintética toda a fibra produzida com matérias-primas normalmente obtidas do petróleo, com as quais se sintetiza o polímero que irá compor a

fibra. As fibras artificiais são também chamadas de "fibras feitas pelo homem" (*Man Made Fibers* em inglês).

Desde quando os cientistas adquiriram conhecimento sobre a estrutura dos polímeros, tentaram imitar as fibras naturais. Nas décadas de 40 e de 50, as indústrias cresceram simplesmente desviando suas pesquisas e produção para o campo das fibras sintéticas. O desenvolvimento das fibras é dividido em duas categorias: estrutura e geometria (Webtex, 2006).

A produção destes materiais têxteis não depende das oscilações das colheitas. O volume da produção pode ser aumentado a vontade e o preço dos artigos têxteis pode ser mantido a uma altura sustentável. Muitas fibras químicas possuem propriedades de uso que em determinados campos a fazem superar as fibras naturais, por exemplo, a alta resistência a ruptura, o reduzido poder de absorção de umidade e a estabilidade dimensional durante o tratamento a úmido (durante a lavagem). As fibras sintéticas soltam com facilidade a sujeira durante a lavagem. São fáceis no trato, possuem alta solidez a luz e resistem a insetos nocivos, bem como a ação de bolor e bactérias de apodrecimento.

Segundo a Webtex (2006), a maior vantagem das fibras artificiais é a possibilidade de serem modificadas ao longo do processo de fabricação, criando uma vasta gama de possibilidades de criação de modificação de suas características, como, caimentos, texturas, brilho, tratamentos (tais como: anti-bacterianos, anti-chamas), absorção de água, resistência, volume, etc.

A cada dia as tecelagens e malharias introduzem fios mistos para acrescentar textura ou resistência as tradicionalmente frágeis fibras naturais sem sacrificar a leveza. As fibras sintéticas, como o poliéster e as poliamidas se apresentam geralmente lisas longitudinalmente e com seção redonda, mas podem ser oferecidas com seções diferenciadas, sendo a mais comum a Trilobal (Quadro 1.1).

Redonda	Redonda oca	Triangular	Triangular oca	Trilobal
●	○	▲	△	✪

Quadro 1.1 Tipos de fibras Sintéticas (Webtex, 2006).

As principais fibras químicas produzidas no Brasil são: poliamida (Nylon), poliéster (Tergal), acrílico (Crylon), elastano (Lycra), e o polipropileno. A Figura 1.5 apresenta uma representação esquemática dos tipos de fibras existentes com mais clareza. Na Tabela 1.1 é possível ver as principais fibras sintéticas e a simbologia usada para sua designação. A Tabela 1.2 apresenta a definição, além das características, aplicação e comportamento de cada fibra.

Tabela 1.1 Nomenclatura das principais fibras têxteis.

Fibras	Símbolo	Fibras	Símbolo	Fibras	Símbolo
Algodão	CO	Acetato	CA	Acrílico	PAC
Linho	CL	Triacetato	CT	Elastano	PUE
Sisal	CS	Poliéster	PES	Lã	WO
Viscose	CV	Poliamida	PA	Polipropileno	PP

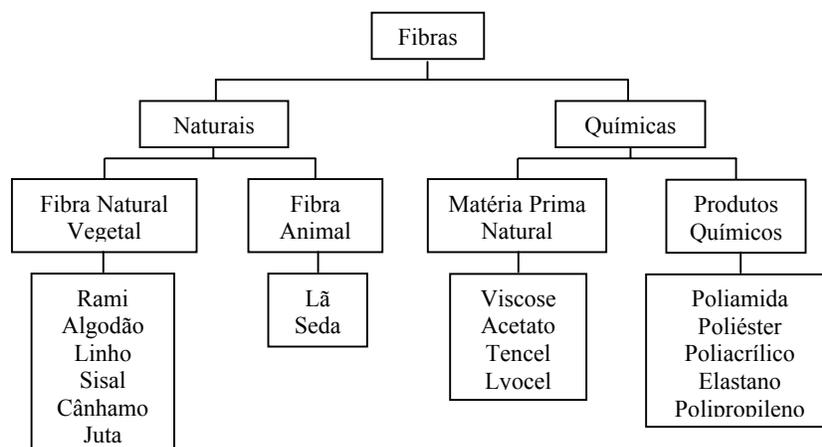


Figura 1.5 Representação esquemática dos tipos de fibras existentes.

1.5 Fabricação do Polímero

A primeira fase da fabricação das fibras químicas é feita em reator químico por uma reação chamada polimerização. Na polimerização dois produtos químicos (A e B)

reagem formando um terceiro produto (AB), denominado monômero (Equação 1.1). Em seguida os monômeros reagem entre si formando uma longa cadeia molecular, chamada polímero (Equação 1.2).

Tabela 1.2 Definição, características, aplicação e comportamento das fibras (Webtex, 2006).

Característica	Definição	Aplicação	Comportamento das fibras em função da seção
Resilência	Energia que pode ser acumulada pela fibra sem produzir deformação, ou seja, a fibra retorna a posição inicial após a retirada da deformação.	<ul style="list-style-type: none"> • Tapetes e carpetes: quando se retira o móvel de lugar a fibra volta a sua forma inicial. • Não tecidos, mantas e travesseiros: a fibra tem memória da forma inicial. 	
Brilho	É o efeito resultante da reflexão da luz na superfície da fibra. Quanto mais plana for a superfície, maior será esse efeito.	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os artigos onde se quer valorizar o aspecto brilhante. 	
Resistência	É a força máxima que a fibra suporta antes que aconteça a sua ruptura.	<ul style="list-style-type: none"> • Fios de costura: onde se procura maximizar a resistência dos fios. 	
Volume	É o espaço ocupado pela fibra. O efeito alto volume depende significativamente da frisão da fibra.	<ul style="list-style-type: none"> • Tapetes e carpetes: a frisão atua no poder de cobertura. • Mantas e travesseiros: maior volume utilizando menos fibra. 	

Depois da reação química são feitos alguns procedimentos físicos (Figura 1.6.). Na fabricação do filamento de poliéster, o polímero é fundido por aquecimento, em seguida é pressionado por uma fieira (equipamento que simula o crivo de um chuveiro) contra uma

corrente de ar frio. Então são formados filamentos que irão sofrer estiragem, torção e enrolamento.



Equação 1.1 Reação de obtenção do monômero.



Equação 1.2 Reação de obtenção do polímero.

1.6 Texturização

Filamentos contínuos podem ser texturizados, o que resulta em um fio macio, volumoso, isolante (com interstícios de ar) propriedades que caracterizam o fio para fiação (Figura 1.7). A texturização é um processo em que o fio sofre uma deformação pelo calor e em seguida esta deformação é desfeita e o fio é bobinado. Nestas condições o fio procura voltar a forma original, adquirindo elasticidade.

O processo mais usual é o de torção em temperatura alta, aproximadamente 200 °C, e depois destorcido. Entretanto, existem vários outros processos de texturização, como por exemplo: Falsa torção (FT), Falsa torção fixada (FTF), a fricção, entre outros; a diferença entre eles é o grau de texturização, ou seja, quanto de volume, elasticidade e maciez que se deseja dar a fibra. A escolha do processo de texturização depende do uso final do fio (Webtex, 2006).

Por simplicidade os fios multifilamentos de filamentos finos são freqüentemente chamados de microfibras. Entretanto, existem também microfibras descontínuas para fabricação de fios fiados e outras aplicações, como não-tecidos. Os exemplos mais importantes são das microfibras de poliéster, acrílico e modal.

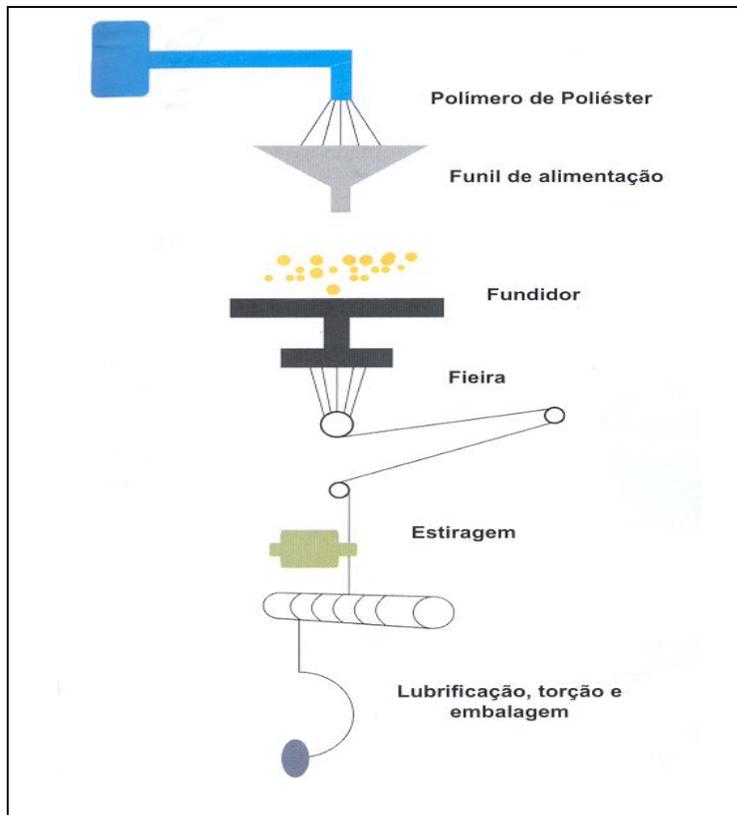


Figura 1.6 Fabricação do filamento (Salem, 2005).

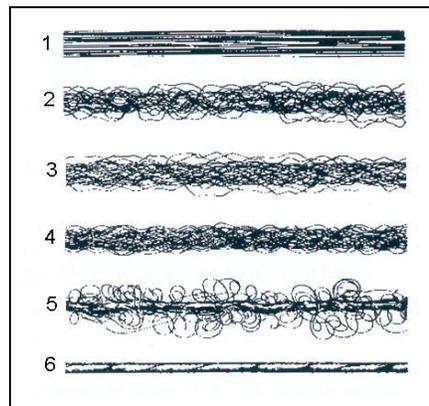


Figura 1.7 Fio de filamentos lisos e texturizados. 1- Feixe de filamentos lisos; 2, 3, 4 e 5 – fio de filamentos texturizados; 6- fio de filamentos lisos torcidos (Webtex, 2006).

A espessura e o alto número de filamentos bem mais suaves permitem novos níveis de maciez e resistência (Tabela 1.3 e Figura 1.8).

Tabela 1.3 Classificação das fibras por densidade linear (Clariant, 2004).

Tipo de fibras	Densidade linear (dtex*)
Fibra grossa	> 7
Fibra média	7 – 2,4
Fibra fina	2,4 – 1,0
Microfibra	1,0 – 0,3
Microfibra superfina	< 0,3

* DTEX = decitex = 1g/10.000m

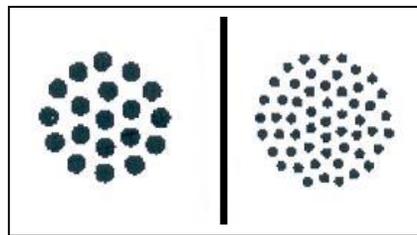


Figura 1.8 Diferentes números de filamentos nos fios (Webtexas, 2006).

1.7 Tipos de Fibras

1.7.1 Poliamidas - PA

A matéria prima é a caprolactama para a PA 6, e a hexametileno diamina e o ácido adipico para a PA 6.6. As poliamidas são chamadas normalmente pelo nome comercial "nylon". Para distinguir os diversos tipos de poliamida usa-se o número de átomos de carbono que existem nas moléculas das matérias-primas: a caprolactama tem 6 átomos de carbono, portanto a poliamida é designada como PA 6.

As poliamidas - PA possuem características distintas dos outros fios de filamentos como, por exemplo: (Webtex, 2006).

- Brilho e aparência: filamentos normais, redondos, com aspecto levemente vítreo. A fiação pode ainda ser alterada pelo uso de produtos para opacisar (deslustrar) ou pela criação de uma seção transversal perfilada, como por exemplo, a trilobal.

- Possui boa conservação do calor.

- Elasticidade/resiliência: elevadas; maior que a de qualquer fibra natural; ocupa o primeiro lugar entre as fibras químicas. É notória a boa resiliência das PA(s), depois da flexão. O filamento de PA 6.6 é mais rígido que o filamento de PA 6 que por sua vez é mais rígido que a PA 6.12.

- Intumescimento: reduzido, contudo maior que nas fibras de poliéster. Por isso o tempo curto para secar.

- Lavabilidade e solidez a fervura: as fibras PA(s) soltam a sujeira com facilidade. Em geral, basta um banho morno com detergente. As temperaturas de fervura são suportadas. Devem ser evitadas as secagens por contato ou ao sol, posto que estas fibras amarelecem nestas condições.

- Teste de Combustão: ao aproximar fibras de PA da chama, elas se contraem rapidamente formando uma pequena bola de massa fundida. A chama de fibras PA em ignição apaga-se assim que é retirada da ignição. O produto da massa fundida pode ser estirado novamente num fio, enquanto estiver ainda quente.

- Comportamento para com insetos nocivos: não apodrecem, resistem ao bolor e não são atacadas por insetos.

- Resistência as intempéries: grande resistência as intempéries.

- Solidez a luz: baixa resistência a luz.

As poliamidas - PA apresentam propriedades importantes como: ótima tenacidade, elevada resistência a abrasão, elevada resistência aos agentes químicos sintéticos e naturais, baixo coeficiente de atrito, alto grau de tingimento, alta cristalinidade, baixa absorção de umidade, reduzido intumescimento, rápida secagem e grande poder de resistência contra

insetos nocivos e ao apodrecimento. Elas aceitam mudança de forma termoplástica com temperaturas adequadas, por exemplo: pregas, frisagem e fios texturizados (Webtex, 2006).

- PA 6: de grande maciez, considerável grau de absorção de umidade e ótima resistência a abrasão.
- PA 6.6: menor maciez, alta resistência a abrasão e a temperatura.
- PA 6.12: caracteriza-se em confronto com os outros dois tipos pela reduzida absorção de umidade e grande estabilidade dimensional.

Não é satisfatória a tendência de fibras e filamentos brancos a amarelecerem. Fibras PA acumulam alta carga eletrostática quando a umidade relativa do ar é inferior a 50% (Webtex, 2006).

1.7.2 Polipropileno - PP

A matéria prima para a produção do polímero de PP é o propileno, gás incolor que pertence ao grupo das olefinas. Suas características mais importantes são: (Webtex, 2006).

- Brilho e aparência: aspecto levemente vítreo.
- Possui ótima conservação do calor.
- Absorção de umidade: praticamente não existe.
- Intumescimento: não existe.
- Lavabilidade e solidez a fervura: laváveis só a temperaturas inferiores a 70 °C.
- Comportamento Térmico: encolhimento entre 4 a 8% em 70 °C; encolhimento de 10 a 15% em 100 °C; amolecimento de 140 a 165 °C. Ponto de fusão entre 165 e 175 °C.
- Plasticidade: moldáveis por termoplasticidade. A forma fixada conserva-se muito bem a temperaturas normais. Fibras termofixadas apresentam igualmente solidez ao encolhimento.
- Teste de combustão: funde na chama e queima devagar.

- Comportamento para com insetos nocivos: não são atacadas por insetos daninhos e resistem a putrefação.
- Resistência as intempéries: em geral menor para as fibras não aditivadas. Muda conforme o grau de deslustramento e adição de protetores contra a luz.
- Solidez a luz: reduzida e um pouco melhor quando se adicionam agentes de proteção contra a luz.

As fibras de PP têm boas propriedades físicas e mecânicas, como: ótima elasticidade, e boa estabilidade da forma, desde que termofixados. Boa dureza superficial, boa tenacidade, baixíssima absorção de umidade, ótima resistência aos agentes químicos sintéticos e naturais, ótima resistência aos solventes em temperatura ambiente e boa resistência a óleos e graxas.

Possuem a menor densidade, oferecem dificuldade ao tingimento, e pouca estabilidade a luz e as condições climáticas. Além disso são sensíveis a influência de grande calor (Webtex, 2006).

1.7.3 Poliacrílicas (PAC) ou Acrílico

A matéria prima é acrilonitrila (cianeto de vinila) que pode ser obtido a partir do amoníaco, propilenos e oxigênio. A polimerização do acrilonitrilo efetua-se em emulsão na água e os catalisadores utilizados são peróxidos minerais. Podem ser utilizados dois processos de fiação: a fiação a seco: onde a fieira desemboca numa câmara de evaporação onde os filamentos reencontram uma corrente de ar quente, de azoto ou vapor de água. E a fiação úmida: a coagulação faz-se num banho rico em água, o qual contém um coagulante que é, a maior parte das vezes, uma mistura água diluente.

Tanto num processo como no outro, os filamentos sofrem um alongamento elevado (4 a 10 vezes o seu comprimento quando saem da fieira), o que melhora a sua cristalinidade e lhes confere propriedades dinamométricas ótimas. Este tratamento efetua-se a uma temperatura oscilando entre 120 e 150 °C (Webtex, 2006).

As características mais importantes das PAC(s) são:

- Conservação do calor: altíssima, em especial em fios de fibras para fiação.
- Absorção de umidade e intumescimento: reduzidos, a taxa de absorção da água é de 2 -2,5 %. Os acrílicos são, portanto, hidrófobos, que confere uma grande estabilidade as propriedades dinamométricas relativamente ao molhado, assim como uma secagem rápida.
- Dilatação na água: praticamente nula.
- Lavabilidade, solidez a fervura: a sujeira pode ser eliminada a baixa temperatura. Sólidas na fervura, mas é preferível lavá-las em água tépida, porque em fervuras mais altas o movimento da lavagem pode causar deformação. A limpeza química é possível sem qualquer dificuldade.
- Comportamento térmico: firmes até a temperatura de 140 °C. Observa-se que as fibras acrílicas acumulam facilmente cargas de eletricidade estática. Como todas as fibras hidrófobas, são excelentes isoladores.
- Teste de combustão: queimam e carbonizam, deixando bolinhas duras e pretas.
- Comportamento nas intempéries: excelente solidez a luz e intempéries.

Possuem resistência a ruptura bastante alta para artigos têxteis, reduzida absorção de umidade e intumescimento, secam depressa e são resistentes ao calor de irradiação. Sobressaem pelo aspecto lanoso e toque do mesmo tipo, pesam pouco, conservam bem o calor, resistem ao amassamento e possuem ótima resistência a luz e a intempéries. Deve-se mencionar a alta capacidade de encolher de um lado e a solidez da forma de fibras encolhidas de outro (Webtex, 2006).

1.7.4 Poliuretano (PUE) ou Elastano

Suas notáveis propriedades de alongamento e recuperação enobrecem tecidos, adicionando novas dimensões de caimento, conforto e contorno das roupas. Pode ser esticado quatro a sete vezes seu comprimento, retomando instantaneamente ao seu

comprimento original quando sua tensão é relaxada. Resiste ao sol e água salgada, e retém sua característica flexível no uso e ao passar do tempo.

Um tecido não pode ser feito 100% de elastano. O elastano é utilizado em pequenas quantidades, sendo sempre combinado com outras fibras naturais ou sintéticas. Qualquer que seja a mistura, o tecido concebido com elastano irá sempre conservar a aparência e toque da fibra principal (Webtex, 2006).

O elastano torna-se mais fino quando esticado, o que faz particularmente atrativo para meias transparentes (femininas), por exemplo. Dentre as mais importantes aplicações para o fio nu estão as malhas circulares para roupa íntima, top de meias, tecidos canelados para punhos e cinturas, tecidos para praia e esportes ativos e algumas construções de meias.

Uma gabardine de algodão tem aspecto de algodão. Um aflanelado de lã como lã. Para preservar os visuais e características tácteis por completo quando o elastano é adicionado a estes tecidos, ele é envolvido por outros fios e fibras que contém estas características. Por essa razão, um jeans com elastano tem o mesmo aspecto de outro sem elastano.

O elastano irá adicionar elasticidade a qualquer tecido. A direção e a quantidade do alongamento dependerão da porcentagem de elastano e a forma como foi agregado (Webtex, 2006).

1.7.5 Poliéster (PES) ou Polietilenotereftalato (PET)

A matéria prima para a produção do polímero de PES são principalmente o ácido tereftálico e etileno glicol. Suas características mais importantes são: (Webtex, 2006).

- Brilho e aparência: aspecto vítreo e muito brilhante
- Conservação do calor: fibras texturizadas ótima; fibras não texturizadas: fraca.
- Elasticidade e Intumescimento: ótimos.

- Lavabilidade e solidez a fervura: laváveis e resistentes a fervura. Durante a lavagem a temperatura não deve exceder a 60 °C, pois a movimentação da lavagem pode causar amassamento.

- Comportamento térmico: boa resistência ao calor seco a 150 °C; sensíveis ao calor úmido; resistência térmica momentânea até 200 °C; amolecimento de 230 a 249 °C e degradação desde 300 °C. Ação longa de vapor é prejudicial ao PES

- Plasticidade: ótima estabilidade de forma.

- Teste de Combustão: na chama ficam pardacentas, fundem com tendência a pingar. Após a remoção da chama param de arder. Na chama provocam muita fuligem.

- Comportamento contra insetos nocivos: não são atacados por insetos nocivos e resistem bem ao apodrecimento.

- Resistência as intempéries: ótima.

- Solidez a luz: alta resistência a luz.

As fibras de poliéster possuem alta elasticidade e são excelentes pela ótima estabilidade dimensional. São termoplásticas, resistentes a ruptura e ao desgaste. Sua solidez em estado úmido é igual a solidez em estado seco e apresentam alta resistência as influências da luz e condições climáticas, bem como aos insetos nocivos e a formação de bolor. Tem boa resistência aos agentes químicos sintéticos e naturais (Webtex, 2006).

Devido a fibra de PES possuir excelentes características e propriedades a mesma será estudada com mais detalhes.

1.8 Poliéster - PES

A fibra de poliéster consiste de macromoléculas lineares e são caracterizadas por funções multi-éster. Também pode ser definida como fibras constituídas de polímeros sintéticos esterificados, obtida através de uma reação de condensação de um ácido dicarboxílico com um diálcool (glicol) (Roques et al, 1999).

Os ácidos tereftálico, isoftálico, adípico podem ser utilizados como ácidos para esta reação. Geralmente é utilizado o etileno glicol, embora o butileno glicol e outros

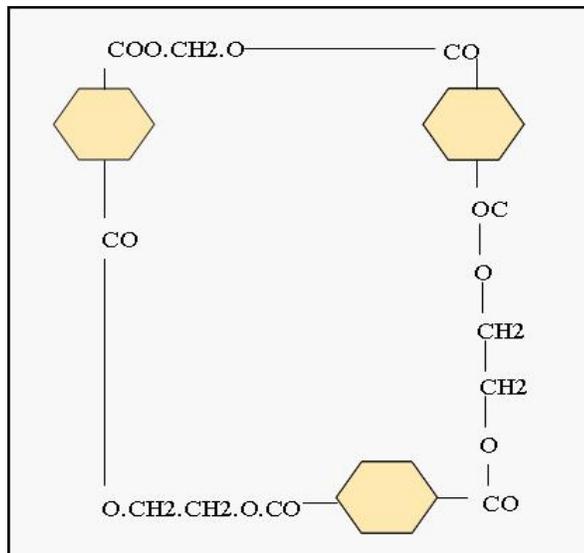


Figura 1.9 Monômero denominado Oligômero (Sandoz, 2002)

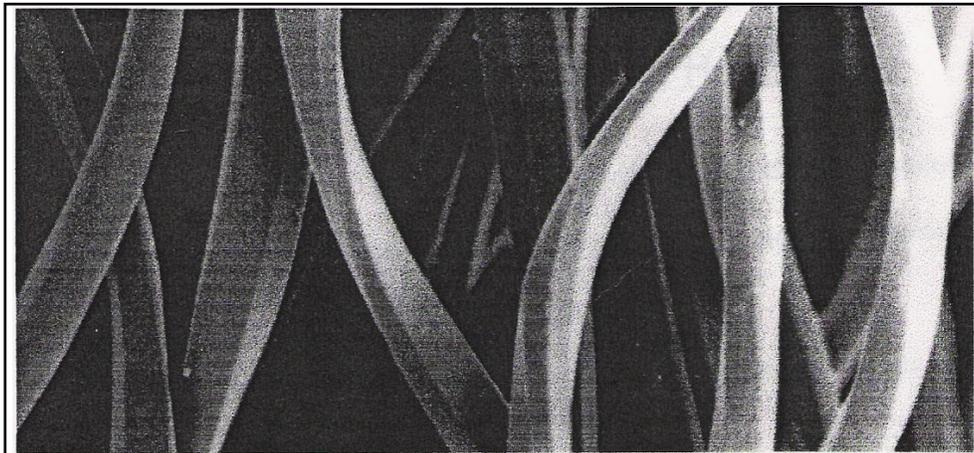


Figura 1.10 Fibras de poliéster sem a adição de oligômeros (Roques et al, 1999).

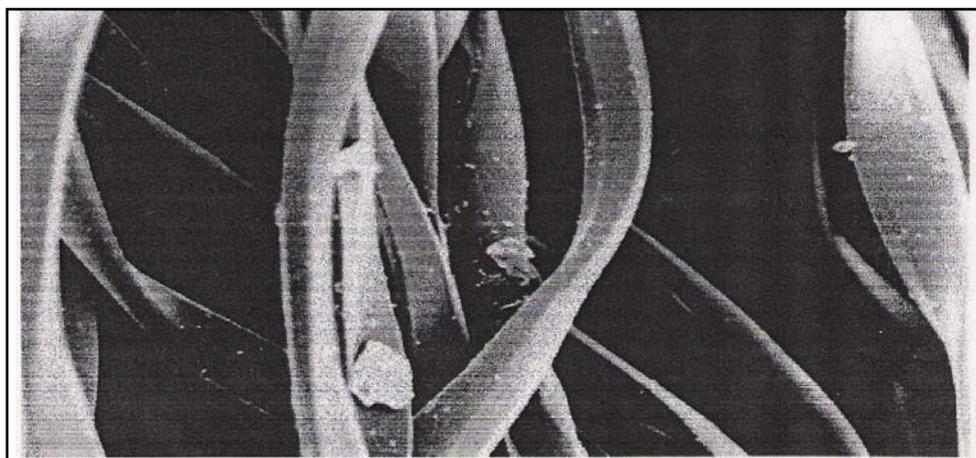


Figura 1.11 Fibras de poliéster com a adição de oligômeros (Roques et al, 1999).

1.8.1 Fibras de Poliéster Modificadas

As propriedades de tingimento convencionais das fibras de poliéster têm levado ao desenvolvimento de diferentes tipos de fibras modificadas para obter novos efeitos sem prejudicar as propriedades positivas das fibras. Já são produzidos poliésteres com alto poder de absorção de corantes, tanto ácidos como básicos.

1.8.2 Propriedades das Fibras de PES

As fibras de poliéster diferem principalmente das fibras naturais nas seguintes propriedades: força, termoplasticidade e absorção de umidade.

Várias propriedades do poliéster são devido às moléculas das fibras:

- Alta resistência a temperatura (acima de 200 °C), e alta resistência a tração;
- Boa elasticidade, estabilidade dimensional, resistência ao amassamento;
- Boa resistência a abrasão, estabilidade a luz;
- Termoplasticidade.

Dentre todas as fibras conhecidas, o poliéster é a que possui a menor capacidade de retenção e absorção de água e umidade.

A texturização (tratamento simultâneo de compressão e calor) produz uma fibra de caráter têxtil vantajoso para alguns artigos. A estabilidade dimensional é uma importante vantagem, mas também, pode ser uma desvantagem quando se quer remover as rugas formadas durante o seu processamento (Sandoz, 2002).

1.8.3 Utilização do Poliéster

As fibras de poliéster estão disponíveis em diferentes qualidades: brilhante ou opaca; com filamentos lisos, texturizados, e lisos torcidos; com seção transversal perfilada (como por exemplo, a trilobal) ou circular; e com qualidade padrão.

Apesar do uso em vários ramos industriais (para cintos, pneus), as fibras de poliéster são usadas em quase todas as áreas têxteis. Ainda que as propriedades das fibras sejam critérios principais de escolha para muitos artigos, a economia proporcionada também é um fator decisivo. A sua alta resistência a tração e tensão, e sua boa elasticidade são particularmente requeridas para: costura, enredamento, entrelaçamento, fitas e cintos, roupas de trabalho, tecidos de toldo etc.

Devido a sua resistência ao amassamento, o poliéster é usado para roupas de homens e mulheres de fáceis cuidados, tecidos para camisas e para capas de chuva (repelindo água), etc. Também é utilizado para a fabricação de artigos com alta solidez a luz como: cortinas, cortinas de rendas, lonas, etc.; e artigos com boa estabilidade dimensional, como por exemplo: artigos tricotados entre outros (Sandoz, 2002).

1.9 Corantes para Tingimento de Poliéster

Ao contrário de outras fibras, a fibra de poliéster não possui grupos polares e, por isso, não pode ser tinta com mecanismos iônicos, com corantes hidrossolúveis como ácidos, básicos, diretos etc (Salem et al, 2005).

O poliéster apenas é tingido com corantes não iônicos (corantes dispersos), os quais são praticamente insolúveis em água fria, pois não possuem grupos solúveis.

1.9.1 Corantes Dispersos

Os corantes dispersos são aplicados na forma de uma fina dispersão aquosa, onde o tamanho das partículas é aproximadamente 0,5 a 1 micrômetro. Devido seu caráter hidrofóbico, os corantes dispersos possuem alta afinidade pelas fibras sintéticas de poliéster, as quais também são hidrofóbicas (Sandoz, 2002).

Para maior estabilidade de dispersão, durante o tingimento, é necessário que não haja uma grande variação no tamanho das partículas do corante, por isso, em sua fabricação, o ajuste correto da secagem por pulverização é imprescindível (Clariant, 2004).

1.9.2 Características Químicas dos Corantes Dispersos

Os corantes dispersos podem ser formados de diferentes estruturas químicas. As duas principais classes são:

- Corantes Azóicos: são corantes produzidos a partir da diazotização de uma amina aromática. A Figura 1.12 apresenta a estrutura de um azo-corante bastante conhecido: o alaranjado de metila.
- Corantes Antraquinônicos: possuem estrutura mais estável e moléculas menores, as quais são, portanto, muito mais móveis.

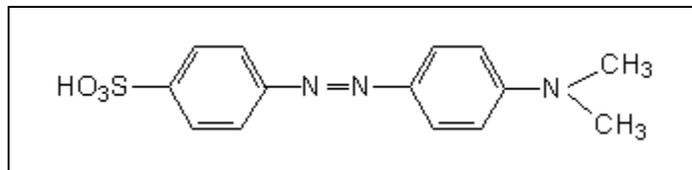


Figura 1.12 Estrutura de um azo-corante típico

Além disso, cada tipo de corante disperso possui uma determinada característica tintorial, como é apresentado na Tabela 1.4.

Tabela 1.4 Tipos de corantes dispersos para poliéster (Salem et al, 2005).

	Corantes- grupo	B	C	D
Propriedades	Molécula Tamanho	Pequena	Média	Grande
	Solidez Sublimação	Baixa	Média	Alta
	Igualização	Boa	Moderada	Baixa
	Cobertura de Barramentos	Boa	Média	Baixa
Aplicação	Processos por esgotamento	Fervura com <i>carrier</i> / HT*	Fervura com <i>carrier</i> / HT*	HT*
	Intensidade	Claras / Médias	Média / Escuras	Escuras
	Termofixação após o tingimento	Não	Depende de tonalidade e exigências	Sim

* HT – alta temperatura

1.9.3 Solubilidade

Os corantes dispersos apresentam apenas uma limitada solubilidade em água fria. Com o aumento da temperatura, entretanto, a solubilidade aumenta consideravelmente.

A solubilidade é um fator extremamente importante para os processos de tingimento, pois dependem dela: a taxa de absorção dos corantes, a drenagem do banho, a migração dos corantes, entre outros fatores (Salem, 2005).

1.9.4 Tamanho da Partícula

Em relação ao tamanho de partícula, os corantes dispersos ideais deveriam exibir uma curva de distribuição estreita, isto é, uma porcentagem alta deveria estar perto do

tamanho médio das partículas (entre 0,02 e 0,12 mm). Partículas maiores são da mesma maneira indesejáveis (Clariant, 2004).

Se houver uma grande divergência nos tamanhos das partículas, as menores se dissolverão mais rapidamente, recristalizando e as maiores formarão aglomerados, que provocarão precipitações no banho de tingimento (Roques et al, 1999).

1.9.5 Dispersão

A estabilidade da dispersão das partículas pequenas não é possível sem a adição de agentes dispersantes, que são incorporados após a síntese química dos pigmentos, e são imprescindíveis aos tratamentos físicos posteriores: moagem em forma líquida até a formação de uma suspensão aquosa contendo partículas de tamanho homogêneo.

Para a produção de corantes em forma de pó granulado, estas dispersões aquosas sofrem um processo de secagem posterior (Roques et al, 1999).

1.9.6 Estrutura das Moléculas

Assim como em muitas outras classes de corantes, a relação entre a estrutura dos corantes e suas propriedades de solidez não é clara. Mais adiante será visto as propriedades de solidez mais importantes para as fibras de poliéster.

1.10 Mecanismo de Tingimento

A penetração dos corantes na fibra de poliéster é muito difícil devido a sua estrutura cristalina e de alta orientação, o que exige mais energia para tingí-las. Deve-se tingir sob pressão a 130 °C (ou com *carriers* em temperaturas inferiores a de fervura). Como os corantes são de baixa solubilidade em água fria, variando de corante a corante, o aumento da temperatura proporcionará um aumento de sua solubilidade (Roques et al, 1999).

A Figura 1.13 apresenta um exemplo de processo de tingimento onde pode-se observar 3 fases distintas, que são:

Fase A: No início desta fase algumas moléculas de corante se dissolvem e com o aquecimento do banho, a energia térmica aumenta, assim como a atividade das moléculas dissolvidas e as que começam a ser adsorvidas.

Fase B: Adsorção – Em seguida a temperaturas mais altas, o corante migra para o interior da fibra.

Fase C: Difusão – A medida que o corante é difundido, mais corante é adsorvido e mais partículas se dissolvem.

Esse processo cinético depende do corante e de sua quantidade. A velocidade de tingimento é função da solubilidade e das velocidades de adsorção e difusão. Após determinado tempo na temperatura de tingimento, usualmente chamada temperatura de fixação, o sistema entra em equilíbrio: onde o corante na fibra é na verdade, uma solução sólido-sólido. A situação ideal quanto a solidez, reprodutibilidade e o custo é aquela em que no equilíbrio, quase que a totalidade do corante empregado foi para a fibra, o que é denominado de esgotamento de corante (Clariant, 2004).

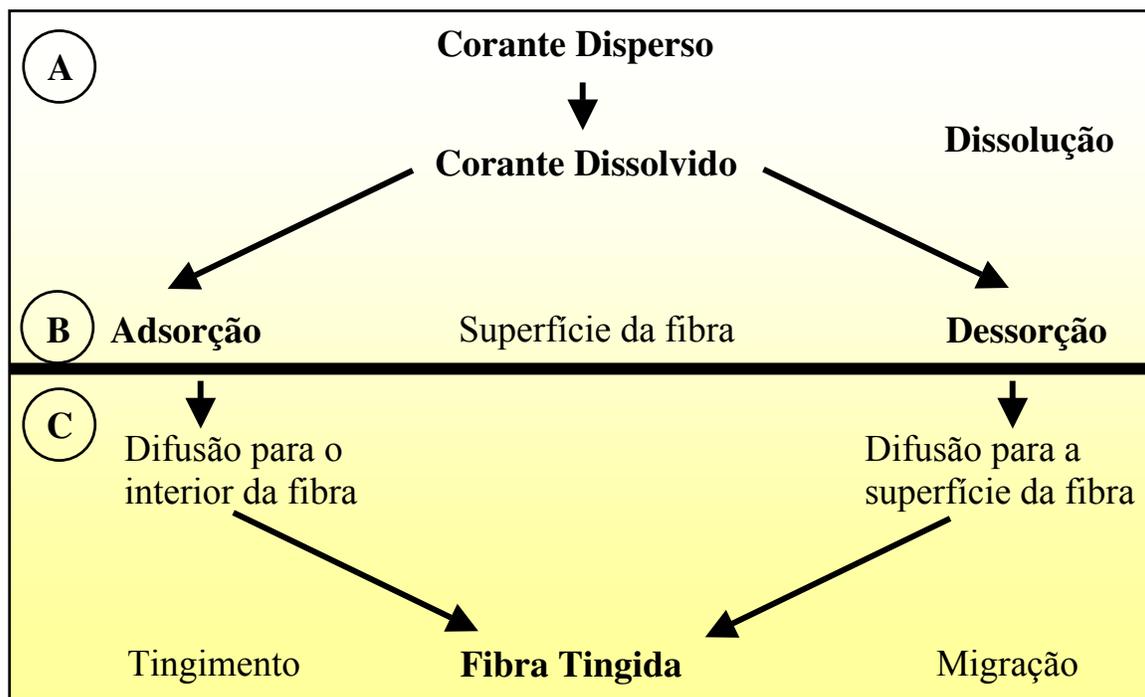


Figura 1.13 Mecanismo do tingimento do Poliéster (Clariant, 2004)

1.10.1 Estabilidade de Dispersão dos Banhos de Tingimento

O sistema disperso no banho de tingimento é estabilizado pela presença de dispersantes, que formam uma capa protetora ao redor das partículas do pigmento, evitando sua reaglomeração.

Uma baixa estabilidade de dispersão provoca precipitação do corante e como consequência prática ocorrerão manchas, tingimento desigualados, baixo rendimento, má reprodutibilidade, piora de solidez e sujidade no maquinário (Clariant, 2004).

1.10.2 Fatores que Afetam a Estabilidade de Dispersão

Alguns fatores afetam de forma significativa a estabilidade da dispersão, como por exemplo: as características físicas do corante, a energia mecânica, a energia térmica, a falta ou o excesso de dispersantes, o tempo de tingimento etc.

1.11 Propriedade de Solidez

A propriedade de solidez pode ser definida como uma menor ou maior capacidade de resistência da cor ao uso (luz, lavagem, água etc.), ou aos processos posteriores ao tingimento (acabamento, termofixação, vaporização, mercerização etc.) (Salem et al, 2005). A seguir será visto as propriedades de solidez mais importantes para as fibras de poliéster.

Para avaliar a solidez de cor de tecidos a mudança de cor original (desbotamento) e manchamento ou transferência de cor no tecido de teste padrão são medidas pela comparação visual do corpo de prova testado com a escala cinza para mudança de cor e manchamento e escala de transferência cromática. A diferença na mudança de cor e ao acúmulo de transferência de cor são dados um valor numérico que varia entre 1 e 5. A nota 5 indica sem mudança de cor original (desbotamento) e transferência de cor. A nota 1 indica notável mudança de cor (desbotamento) e alta transferência de cor (Figura 1.14). Essas notas estão relacionadas em termos qualitativos apresentados na Tabela 1.5. Tecidos

que exibem solidez entre 1 e 2 são considerados não aceitáveis para o consumidor (Maluf, et al, 1997).

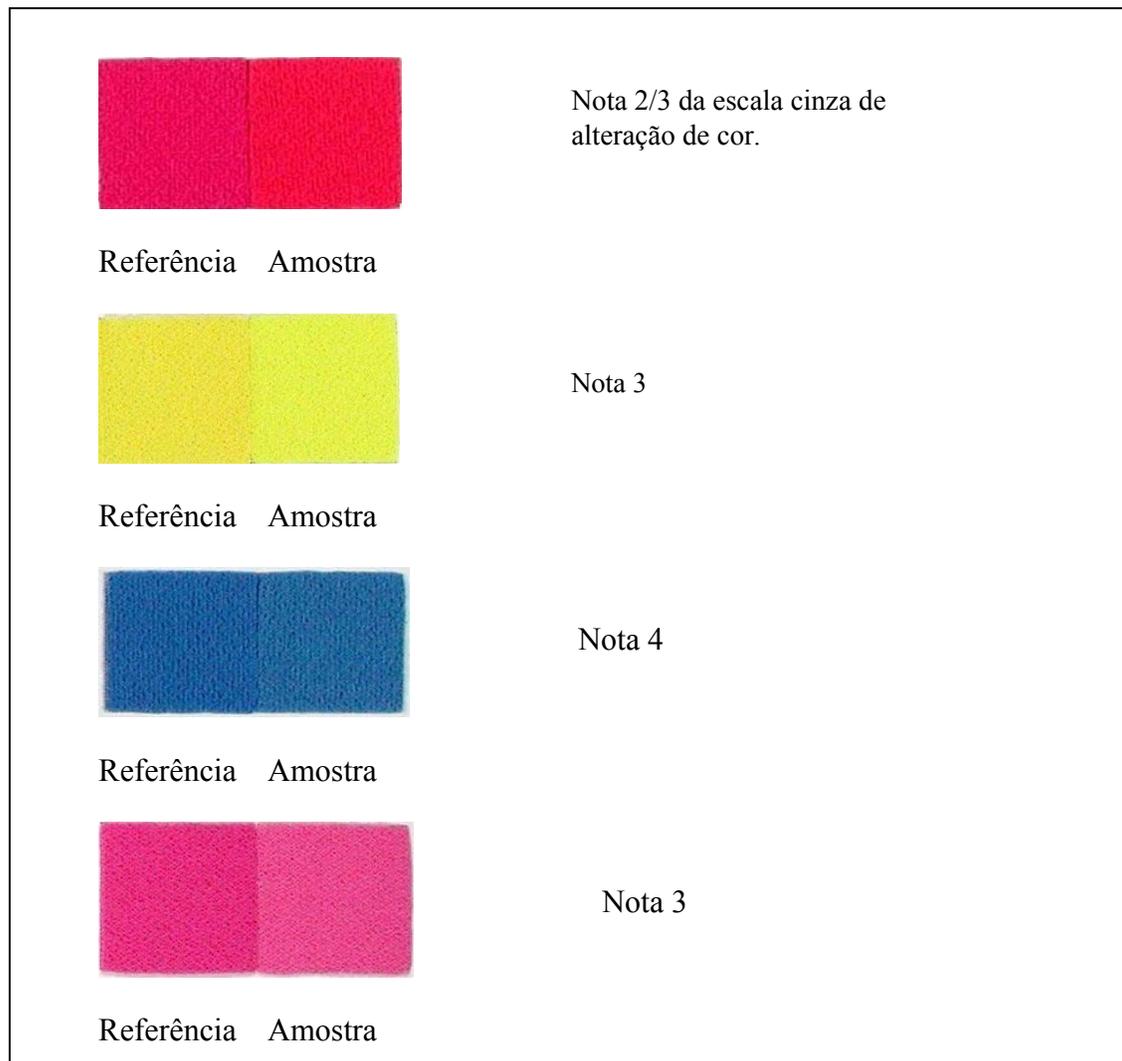


Figura 1.14 Exemplos de alteração de cor após testes de lavagem.

A Escala Cinza para mudança de cor (Figura 1.15) consiste de nove pares de fatias cinzas padrões, cada par representa uma diferença na cor ou contraste (desbotamento e resistência) correspondendo a uma taxa numérica de solidez de cor. Os resultados do teste de solidez de cor são avaliados comparando-se visualmente a diferença na cor representada pela escala. Uma parte do tecido original e do corpo de prova são colocados lado a lado no mesmo plano e orientados na mesma direção. A escala cinza colocada perto no mesmo plano. A diferença visual entre o tecido original e o tecido testado é comparada com a

mesma diferença representada pela Escala Cinza. A nota de solidez de cor do corpo de prova é aquele número da Escala Cinza que corresponde ao contraste entre o tecido original e o testado. Uma nota 5 é dada quando não há diferença de cor (desbotamento ou resistência) entre o tecido original e o corpo de prova testado (Maluf, et al, 1997).

A porcentagem de perda de cor está relacionada a pontuação da escala cinza, a cada mudança de nota (de 5 para 1) perde-se em torno de 5% de cor (Tabela 1.6.).

Tabela 1.5 Interpretação de avaliação com escala cinza (Maluf, et al, 1997).

Nota	Descrição
1	Ruim
2	Regular
3	Bom (média)
4	Muito Bom
5	Excelente

Tabela 1.6 Relação de perda de cor e nota da escala cinza de alteração de cor.

Nota	% de perda da cor
1	40,0
1/2	35,0
2	30,0
2/3	25,0
3	20,0
3/4	15,0
4	10,0
4/5	5,0
5	0,0

O teste para transferência de cor é tão importante quanto o teste original para mudança de cor. Peças de vestuário estão normalmente em contato com outros itens durante o uso ou lavagem. A migração de cor de um item para outro pode resultar em um artigo

inutilizável. Para este teste as amostras de tecido são lavadas juntamente com outro pedaço de tecido denominado tecido testemunha, que é formado por fatias de 6 tipos de fibras diferentes: acetato, algodão, poliamida 6.6., poliéster, acrílico e lã (Figura 1.16).

A Escala Cinza para transferência de cor (Figura 1.17) consiste de pares de tecidos brancos nominais e fatias de cor cinza representando cada uma a diferença na cor ou contraste, correspondendo a uma taxa numérica para transferência. Um pedaço de tecido não manchado e um pedaço de tecido testado (manchado) são colocados lado a lado num mesmo plano, mesma orientação e direção. A Escala Cinza para transferência é colocada perto no mesmo plano. A diferença visual entre os pedaços não manchado e manchado é comparada com a diferença representada pela escala cinza. A taxa de solidez do corpo de prova é então representada pelo número da escala cinza correspondente ao contraste entre os pedaços original e testado (Figura 1.18). Uma nota 5 é dada somente quando não há transferência de cor.

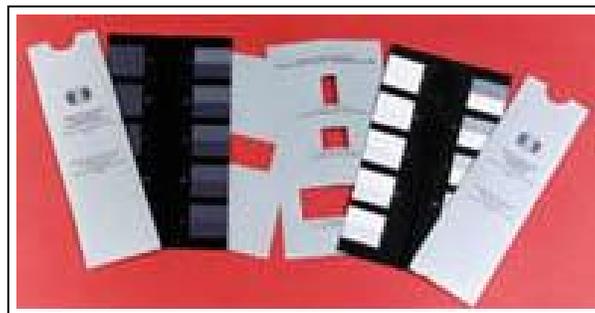


Figura 1.15 Escala Cinza para alteração de cor.



Figura 1.16 Tecido testemunha.

Os métodos de lavagem utilizados permitem a avaliação da alteração da cor, como também a transferência de cor para outros tipos de tecidos que possam ser lavados em conjunto, assim como em uma lavagem doméstica. As Normas utilizadas para os testes realizados correspondem, pelo conteúdo e pela nomenclatura, as normas ISO (solidez a água ISO 105/E01). A forma abreviada da denominação de solidez, por exemplo, “solidez a água ISO E01” é normalmente utilizada.



Figura 1.17 Escala Cinza para transferência de cor.

Exclusivamente para a solidez de cor a luz a avaliação é feita pela utilização de uma escala azul (Figura 1.19), constituída de oito tiras de tecidos de lã, tintas em oito tonalidades e intensidades de azul, que corresponde aos índices de solidez de 1 a 8, de forma crescente. A escala azul é exposta a luz em conjunto com a amostra de ensaio. Quando esta última apresentar alteração de cor pela luz, avalia-se na escala azul qual o índice mais alto que também apresentou a alteração de cor, e este número corresponde a nota de solidez a luz da amostra testada. Para cada ensaio utiliza-se uma escala azul.

1.11.1 Solidez a Sublimação

Esta propriedade específica de solidez dos corantes dispersos é uma medida do comportamento dos corantes durante sua transição da fase sólida para a fase gasosa. A sublimação pode ocorrer durante a fixação do corante ou durante tratamentos a quente de tecidos tintos.

A solidez a sublimação é determinada por dois principais fatores: “tamanho e polaridade” da molécula. Entretanto, isto depende também da união das forças entre a fibra e o corante, podendo o poliéster ser tingido em diferentes estágios de processamento e, seu padrão de solidez requerido pode variar conforme a destinação final do tecido tingido (Sandoz, 2002).

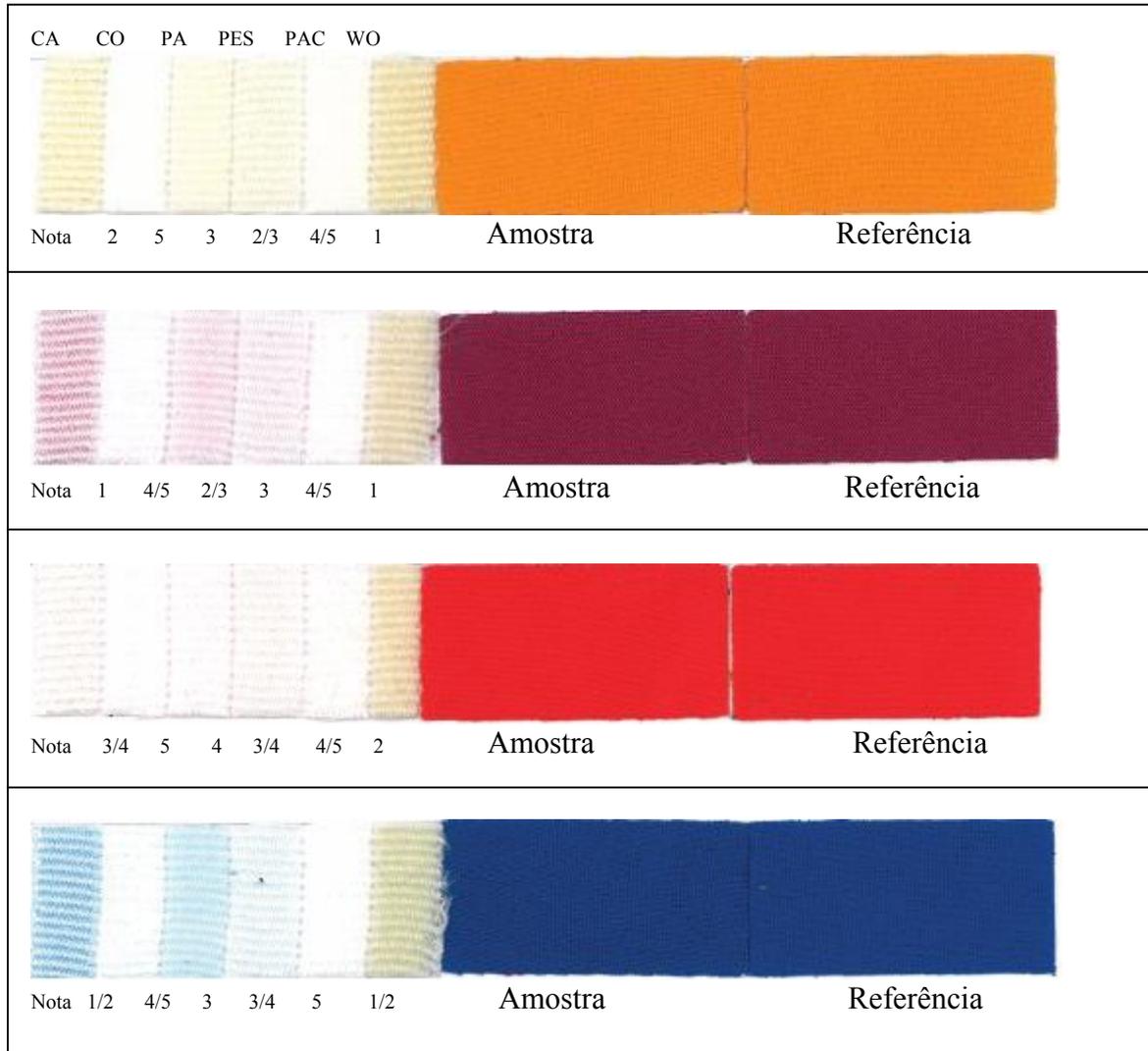


Figura 1.18 Exemplos de resultados de testes de transferência de cor.

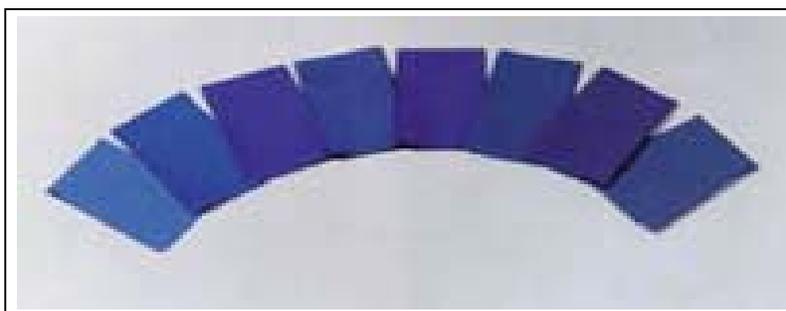


Figura 1.19 Escala Azul para solidez a luz.

1.11.2 Solidez a Lavagem

A solidez a lavagem depende da mobilidade da molécula de corante e da presença de grupos solúveis. No geral, os corantes dispersos mostram uma solidez a lavagem adequada ao uso normal do poliéster; e devem ser selecionados para propósitos especiais. Também devem ser levados em consideração os produtos deste processo como o sabão o tempo e a temperatura da lavagem.

Estes testes de lavagem são métodos que permitem a avaliação da alteração da cor, como também a transferência de cor para outros tipos de tecidos que possam ser lavados em conjunto, como por exemplo, uma lavagem doméstica. Os componentes básicos do processo de lavagem são:

- Tempo: necessário para a solubilização da sujeira e o amolecimento ou molhamento de sujeiras não solúveis;
- Ação Térmica: influi no amolecimento de algumas sujeiras, principalmente as gordurosas;
- Ação Química: proporcionada pelo sabão, e é responsável por modificar a solubilização ou propiciar a suspensão da sujeira, facilitando sua remoção pela água;
- Ação Mecânica: proporcionada pela máquina de lavar, esfregando ou batendo no tanque. Essa ação facilita a remoção da sujeira presa nas fibras.

Apesar de aparentemente corriqueiro, o processo de lavagem é complexo e envolve vários fatores físicos e químicos. A influência de soluções de sabão (sabão comercial comum com ou sem perborato - com variação de concentração de baixa até alta)

é uma das variáveis deste teste. Embora sejam baseados em procedimentos de antigas lavagens domésticas praticadas em toda a Europa, ainda hoje estes testes são utilizados como procedimentos de controle de qualidade.

Neste trabalho será utilizado sabão sem perborato o mais recomendado e comum para lavagens domésticas ou comerciais de tecidos coloridos, bem como a concentração no banho de lavagem. O tempo e a rigorosidade da agitação serão iguais em todos os testes.

1.11.3 Solidez a Luz

A solidez a luz pode ser verificada como a capacidade de resistência da cor do tecido, isto é, se existe ou não alteração de cor do tecido quando exposto a diferentes tipos de luz do dia a dia.

Nestes testes a amostra de tecido é exposta a diferentes tipos de luzes que simulam a exposição ocorrida em nosso dia a dia: luz do sol, luz incandescente, luz amarela, etc. A maioria dos testes é realizada em um aparelho denominado Xenotest, que simula a intensidade de luz. A amostra e a escala azul são expostas a um Arco de luz de xenônio, alternando seu curso entre uma volta exposta a luz e uma volta escondida da luz, até que seja visível na amostra primeiramente um contraste, correspondente a nota 4 e, em seguida, a nota 3 da escala cinza (alteração de cor). No entanto, a exposição deve ser prolongada ao máximo até que o grau 7 da escala azul apresente um contraste, correspondente ao grau 4 da escala cinza.

1.12 Termomigração

A piora da solidez é ocasionada pela migração dos corantes dispersos do interior da fibra para a superfície, e este processo é denominado termofixação (Figura 1.20). A solidez das fibras de poliéster tingidas por corantes dispersos pode ser prejudicada também por preparações; resíduos de surfactantes e químicos do tingimento; amaciantes; antiestáticos; agentes e resinas sintéticas etc.

O fenômeno da termomigração pode ocorrer não apenas depois de um tratamento a quente, mas também em armazenamento prolongado do poliéster, ocorrendo uma dessorção dos corantes dispersos e ao ter contato com um produto químico não-iônico, o corante poderá se dissolver (Roques et al, 1999).

Alguns efeitos da termomigração são: redução da solidez ao amarrotamento; redução da solidez a lavagem e a água; redução da solidez a transpiração, redução da solidez a luz e redução da solidez a lavagem a seco (Sandoz, 2002).

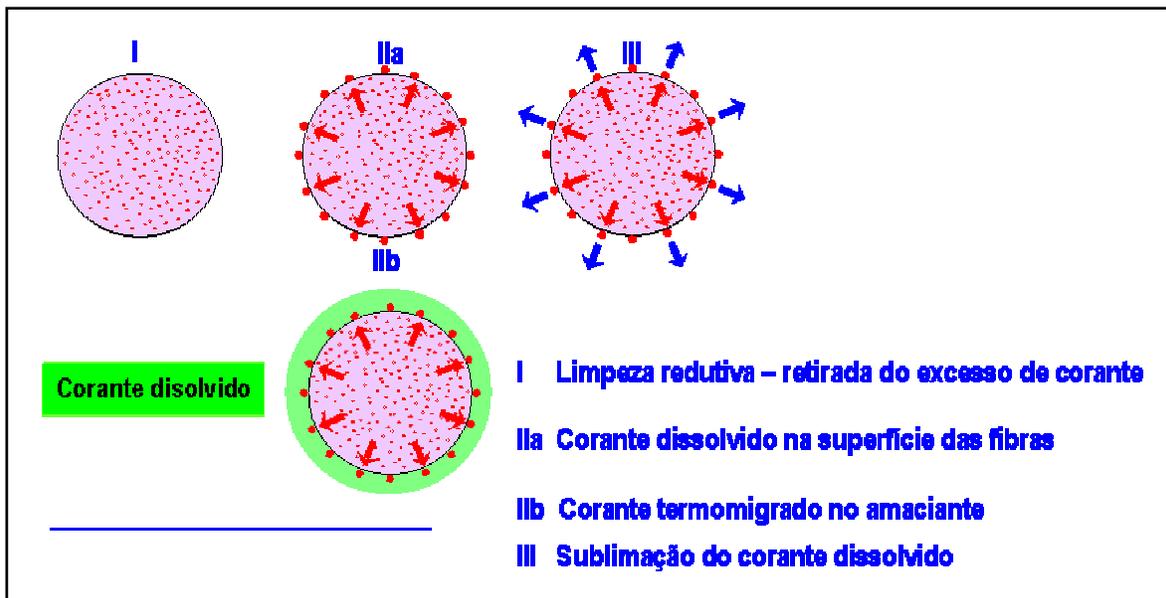


Figura 1.20 Processo de Dessorção – Termomigração - Sublimação

Capítulo 2

Técnicas Experimentais

2.1 Descrição das Amostras de Poliéster

A escolha das amostras de poliéster testadas é feita de forma a se obter uma melhor visualização dos testes realizados, por isso as amostras utilizadas foram tintas com corantes adequados a fibra, ou seja, corantes dispersos conforme descrito no capítulo 1.

Todas as amostras foram extraídas do mesmo pedaço de tecido para que não ocorresse nenhum tipo de alteração devido a composição do tecido de poliéster, ou devido ao seu tingimento – intensidade de cor inicial e características têxteis como elasticidade.

Para melhor visualização dos resultados o tecido utilizado foi 100% microfibra de poliéster texturizada (fabricante Unifi) de cor azul marinho (2,5% de corante Clariant Foron Azul Marinho S-WF).

2.2 Descrição do Sabão Utilizado

A quantidade de sabão a ser utilizado é a recomendada pelo fabricante de sabão, e é sempre relacionado ao tipo de máquina a ser utilizada, que neste estudo é uma máquina lavadora de roupas doméstica, permitindo assim a avaliação da resistência de cor de materiais têxteis contra a influência da solução de sabão.

O sabão utilizado nos testes é facilmente encontrado no comércio, e em sua formulação química temos os seguintes compostos: tensoativos aniônicos, tamponantes, coadjuvantes, sinergista, corantes, enzimas, branqueador óptico, essência, água e carga (Fabricante Unilever - nome comercial Omo Multiação).

Para efeito de estudo será utilizado 3 concentrações de sabão: 5 g/L (recomendado pelo fabricante de sabão – quantidade usada em lavagens domésticas ou comerciais), 10 g/L e 15 g/L.

2.3 Descrição e Operação do Equipamento para Solidez a Lavagem

O equipamento utilizado para os testes de solidez a lavagem é uma máquina lavadora de roupas comum (Fabricante Eletrolux modelo LF75 20 programas 7,5 Quilogramas) para simular exatamente os procedimentos de uma lavagem doméstica ou uma lavagem comercial.

O programa de lavagem utilizado foi adequado a tecidos coloridos sujos (programa C - tempo aproximado 1 hora e 44 minutos). O enxágüe e a torção também foram realizados em máquina (enxágüe programa F – tempo de duração aproximadamente 38 minutos; e torção ou centrifugação programa G – tempo de duração aproximadamente 19 minutos). A secagem foi realizada a sombra em temperatura ambiente.

A norma ISO 105/C06 foi utilizada como referência para os testes de lavagens, (esta norma corresponde a Norma DIN 54017).

Para testes que visem analisar a alteração de cor, as amostras são lavadas separadamente uma a uma. Depois de secas as amostras são submetidas a nova lavagem. O processo de lavagem deve se repetir 5 vezes antes da avaliação.

Após 5 lavagens as amostras são analisadas e avaliadas conforme as normas ISO 105/A01 (que definem os princípios gerais de avaliação do ensaio e corresponde a Norma DIN 54000), e ISO 105/A02 (escala cinza para avaliar a alteração de cor, que corresponde a Norma DIN 54001).

Para os testes que visem analisar a transferência de cor, as amostras também são lavadas uma a uma juntamente com um tecido testemunha formado por fatias de 6 tipos de fibras diferentes: acetato, algodão, poliamida 6.6., poliéster, acrílico e lã.

2.4 Avaliação da Alteração de Cor

O objetivo é avaliar a resistência da cor (alteração) das fibras de poliéster tintas com corantes dispersos contra lavagens domésticas e comerciais com sabão comercial sem perborato e sem alvejante.

A avaliação da alteração de cor é feita visualmente, através da escala cinza ISO 105/A02 (Figura 1.15.). A escala cinza de cinco graduações (notas) compõe-se de cinco pares de amostras de tecido de cor cinza que representam a diferença perceptível em cores, correspondentes as notas de avaliação 5, 4, 3, 2 e 1.

Os resultados do teste de solidez de cor são avaliados comparando-se visualmente a diferença na cor representada pela escala. Uma parte do tecido original e do corpo de prova são colocados lado a lado no mesmo plano e orientados na mesma direção. A escala cinza colocada perto no mesmo plano. A diferença visual entre o tecido original e o tecido testado é comparada com a mesma diferença representada pela Escala Cinza. A nota de solidez de cor do corpo de prova é aquele número da Escala Cinza que corresponde ao contraste entre o tecido original e o testado, isto é, a nota da escala cinza cuja diferença de cor corresponde a diferença entre a mercadoria original e a amostra em teste (diferenças intermediárias, ou seja, entre duas notas, são avaliadas como nota intermediária, por exemplo: 2-3). Uma nota 5 é dada quando não há diferença de cor (desbotamento ou resistência) entre o tecido original e o corpo de prova testado.

A diferença total de cor, isto é, o contraste, constitui a base para a avaliação (tonalidade, intensidade de cor, pureza). Se for desejada uma identificação do tipo de alteração de cor serão válidos os termos qualitativos relacionados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 Termos qualitativos que indicam a diferença total de cor (Clariant 2002).

Significado abreviatura	Português	Inglês
Mais azulado	Az	Bl
Mais amarelado	Am	Y
Mais esverdeado	Vd	G
Mais avermelhado	Vm	R
Mais Claro, fraco	Cl	W
Mais escuro, intenso	Es	Str
Mais turvo	Tv	D
Mais puro, brilhante	Pr	Br

Exemplo:

3: corresponde a nota 3 de alteração de intensidade.

3 Vm: corresponde a nota 3 de alteração de intensidade com alteração de tonalidade e de cor para mais avermelhado.

3 Cl, Vm 3: corresponde a nota 3 de alteração de intensidade com alteração de tonalidade e de cor para mais avermelhado.

2.5 Avaliação da Transferência de Cor durante a Lavagem

O objetivo é avaliar a transferência da cor das fibras de poliéster tintas com corantes dispersos para os tecidos testemunha contra lavagens domésticas e comerciais com sabão comercial sem perborato e sem alvejante.

A avaliação da transferência de cor é feita visualmente, através da escala cinza ISO 105/A03 (corresponde a Norma DIN 54002). A escala cinza de cinco ou de nove graduações (notas) compõe-se de cinco ou nove pares de amostras de tecido de cor cinza e

brancos que reproduzem as diferenças de cor perceptíveis, de acordo com as notas de avaliação 5, 4, 3, 2, 1 ou 5, 4-5, 4, 3-4, etc.

Um pedaço de tecido não manchado e um pedaço de tecido testado são colocados lado a lado num mesmo plano, mesma orientação e direção. A Escala Cinza para transferência é colocada perto no mesmo plano. A diferença visual entre os pedaços não manchado e manchado é comparada com a diferença representada pela escala cinza. A taxa de solidez do corpo de prova é então representada pelo número da escala cinza correspondente ao contraste entre os pedaços original e testado. Uma nota 5 é dada somente quando não há transferência de cor.

Como nota de solidez prevalece o número da escala cinza, cuja diferença de cor corresponde a diferença entre o tecido testemunha original (inicial, sem lavagem conjunta com o tecido analisado) e o tecido testemunha em teste.

2.6 Descrição e Operação do Equipamento para Solidez a Luz

Os testes de solidez a luz podem ser realizados de forma bem simples: expondo-se as amostras de tecido de poliéster a luz do dia juntamente com a escala de solidez a luz (“escala azul”) de 8 graduações (notas 1 a 8), até que seja visível no corpo-de-prova, primeiramente um contraste, correspondente a nota 4 e, em seguida, a nota 3 da escala cinza (alteração de cor). No entanto, a exposição deve ser prolongada ao máximo até que o grau 7 da escala azul apresente um contraste, correspondente ao grau 4 da escala cinza. Testes conforme Norma ISO 105/B01 (corresponde a Norma DIN 54003).

Para acelerar os testes de solidez a luz utiliza-se um equipamento denominado Xenotest (Figura 2.1), que simula a exposição a luz do dia, e, cuja fonte de luz é devido ao arco de luz de xenônio, o curso das amostras é alternado, sendo uma volta exposto a luz e outra volta escondido da luz, repetitivamente, conforme norma ISO 105/B02 (corresponde a Norma DIN 54004). A duração da exposição a luz e a avaliação são definidas conforme Norma ISO 105/B01.



Figura 2.1 Aparelho Xenotest (Clariant, 2002).

2.7 Avaliação da Alteração de Cor após a Exposição a Luz

O objetivo é avaliar a alteração da cor das fibras de poliéster tintas com corantes dispersos a exposição a luz do dia ou a luz de xenônio.

A avaliação da alteração de cor é feita visualmente pela utilização de uma escala azul, constituída de oito tiras de tecidos de lã, tintas em oito tonalidades e intensidades de azul, que correspondem aos índices de solidez de 1 a 8, de forma crescente. A escala azul é exposta a luz em conjunto com a amostra de ensaio. Quando esta última apresentar alteração de cor no nível 7 de cor pela luz, avalia-se na escala azul qual o índice mais alto que também apresentou a alteração de cor, e este número corresponde a nota de solidez a luz da amostra testada. Para cada ensaio utiliza-se uma escala azul.

Capítulo 3

Resultados Experimentais

Neste capítulo serão apresentados os resultados experimentais das lavagens e da exposição a luz como foi descrito no capítulo 2.

Para um melhor entendimento os resultados experimentais foram divididos em 4 itens vistos a seguir.

3.1 Solidez a Lavagem com Concentração de Sabão 5 g/L

O experimento foi realizado com concentração de 5 g de sabão por litro de água (quantidade esta recomendada pelo fabricante de sabão e usualmente aplicada em lavagens domésticas e comerciais).

A norma ISO 105/C06 foi utilizada como referência para os testes de lavagens, (esta norma corresponde a Norma DIN 54017).

Após as 5 lavagens, as amostras foram analisadas e avaliadas conforme as normas ISO 105/A01 (que definem os princípios gerais de avaliação do ensaio e corresponde a Norma DIN 54000), e ISO 105/A02 (escala cinza para avaliar a alteração de cor, que corresponde a Norma DIN 54001).

A Tabela 3.1 apresenta os resultados de alteração de cor obtidos.

Tabela 3.1 Resultados experimentais de alteração de cor para concentração de 5 g/L de sabão.

Amostras	Nota de alteração	% de perda de cor
1	4/5	5
2	5	0
3	4/5	5
4	5	0
5	4/5	5

Referindo-se a nota de alteração de cor das amostras de poliéster a pior nota foi de 4/5 na escala cinza de alteração de cor, o que corresponde a uma perda de aproximadamente 5 % de sua cor, e a melhor nota foi 5 confirmando que não houve perda de cor.

A Tabela 3.2 apresenta os resultados de transferência de cor obtidos.

Tabela 3.2 Resultados experimentais de transferência de cor para concentração de 5 g/L de sabão.

Amostras de tecido PES	Nota de transferência para o tecido testemunha					
	CA	CO	PA	PES	PAC	WO
1	2/3	4/5	3/4	3/4	5	2/3
2	3	5	4	3	5	3
3	3	5	4	3	5	3
4	2/3	4/5	3/4	3/4	5	2/3
5	3	4/5	4	3	5	2/3

Onde no tecido testemunha as siglas correspondem a CA - acetato; CO - algodão; PA 6.6 - poliamida 6.6.; PES - poliéster; PAC - acrílico; e finalmente WO – lã.

Com relação a transferência de cor das amostras para o tecido testemunha verificou-se que o melhor resultado foi a baixa transferência para o acrílico, nota 5, e a pior nota de transferência foi para o acetato e a lã, ambos com nota 2/3 de transferência de cor.

3.2 Solidez a Lavagem com Concentração de Sabão 10 g/L

Utilizando-se uma concentração de 10 g de sabão por litro de água realizou-se esta segunda etapa do experimento.

A norma ISO 105/C06 foi utilizada como referência para os testes de lavagens, (esta norma corresponde a Norma DIN 54017).

Após as 5 lavagens, as amostras foram analisadas e avaliadas conforme as normas ISO 105/A01 (que definem os princípios gerais de avaliação do ensaio e corresponde a Norma DIN 54000), e ISO 105/A02 (escala cinza para avaliar a alteração de cor, que corresponde a Norma DIN 54001). A Tabela 3.3 apresenta os resultados de alteração de cor obtidos.

Tabela 3.3 Resultados experimentais de alteração de cor para concentração de 10 g/L de sabão.

Amostras	Nota	% de perda de cor
1	3	20
2	3	20
3	3/4	15
4	3/4	15
5	4	10

Referindo-se a nota de alteração de cor das amostras de poliéster a pior nota foi de 3 na escala cinza de alteração de cor, o que corresponde a uma perda de aproximadamente 20% de sua cor, e a melhor nota foi 4 o que corresponde a uma perda de aproximadamente 10 % de sua cor.

A Tabela 3.4 apresenta os resultados de alteração de cor obtidos.

Tabela 3.4. Resultados experimentais de transferência de cor para concentração de 10 g/L de sabão.

Amostras	Nota de transferência para o tecido testemunha					
	CA	CO	PA	PES	PAC	WO
1	2/3	4/5	3/4	4	5	2/3
2	2	4/5	3	3/4	5	2
3	2	4	3/4	3/4	5	2/3
4	2/3	4/5	3/4	4	5	2/3
5	2/3	4/5	3/4	4	5	2/3

Onde no tecido testemunha as siglas correspondem a CA - acetato; CO - algodão; PA 6.6 - poliamida 6.6.; PES - poliéster; PAC - acrílico; e finalmente WO – lã.

Com relação a transferência de cor das amostras para o tecido testemunha verificou-se que a melhor nota foi para a transferência para o acrílico, nota 5, e a pior nota de transferência foi para o acetato e a lã, ambos com nota 2/3 de transferência de cor.

3.3 Solidez a Lavagem com Concentração de Sabão 15 g/L

Uma concentração de 15 g de sabão por litro de água foi utilizada na terceira etapa do experimento. A norma ISO 105/C06 foi utilizada como referência para os testes de lavagens, (esta norma corresponde a Norma DIN 54017).

Após as 5 lavagens, as amostras foram analisadas e avaliadas conforme as normas ISO 105/A01 (que definem os princípios gerais de avaliação do ensaio e corresponde a Norma DIN 54000), e ISO 105/A02 (escala cinza para avaliar a alteração de cor, que corresponde a Norma DIN 54001). A Tabela 3.5 apresenta os resultados da alteração de cor obtidos.

Tabela 3.5 Resultados experimentais de alteração de cor para concentração de 15 g/L de sabão.

Amostras	Nota	% de perda de cor
1	3/4	15
2	3/4	15
3	2/3	25
4	2/3	25
5	2/3	25

Referindo-se a nota de alteração de cor das amostras de poliéster a pior nota foi 2/3 na escala cinza de alteração de cor, o que corresponde a uma perda de aproximadamente 25% de sua cor, e a melhor nota foi 3/4, o que corresponde a uma perda de aproximadamente 15 % de sua cor.

A Tabela 3.6 apresenta os resultados de alteração de cor obtidos.

Tabela 3.6 Resultados experimentais de transferência de cor para concentração de 15 g/L de sabão.

Amostras	Nota de transferência para o tecido testemunha					
	CA	CO	PA	PES	PAC	WO
1	1/2	4/5	3	3/4	5	1/2
2	1	4	3	3/4	5	1
3	1/2	4/5	2/3	3/4	5	1
4	1/2	4/5	2/3	3/4	5	1/2
5	1	4	3	3	5	1

Onde no tecido testemunha as siglas correspondem a CA - acetato; CO - algodão; PA 6.6 - poliamida 6.6.; PES - poliéster; PAC - acrílico; e finalmente WO – lã.

Com relação a transferência de cor das amostras para o tecido testemunha verificou-se que a melhor nota foi para a transferência para o acrílico, nota 5, e a pior nota de transferência foi para o acetato e a lã, ambos com nota 1 de transferência de cor.

3.4. Solidez a luz - Xenotest

Para este trabalho utilizou-se nos testes de solidez a luz o equipamento Xenotest (Arco de luz de xenônio) alternando o curso das amostras, uma volta exposto a luz e outra volta escondido da luz, repetitivamente, conforme norma ISO 105/B02 (corresponde a Norma DIN 54004). A avaliação dos resultados obtidos é definida conforme Norma ISO 105/B01 (corresponde a Norma DIN 54003) e os resultados experimentais obtidos estão representados na Tabela 3.7.

Tabela 3.7 Resultados experimentais de solidez a luz.

Amostra	Tempo de exposição horas
1	178
2	181
3	183
4	176
5	183
Média	180,5

As amostras de poliéster apresentaram boa resistência a luz atingindo um total de tempo de exposição de até 180 horas.

Conclusões e Sugestões

O presente trabalho permitiu estudar as características da fibra de poliéster, visando estudar também, as suas principais propriedades de solidez a lavagem e solidez a luz.

Referindo-se a solidez a lavagem pode-se verificar que ao utilizar a concentração de sabão recomendada (5 g/L) observou-se que melhores resultados são obtidos tanto para avaliações de alteração de cor como para avaliações de transferência de cor para o tecido testemunha utilizado.

No caso de concentrações mais elevadas de sabão que a recomendada pelos fabricantes (10 g/L e 15 g/L) uma piora nos resultados é observada tanto nas avaliações de alteração de cor, quanto para as avaliações de transferência de cor.

É possível observar com mais nitidez que em altas concentrações de sabão as amostras são mais suscetíveis a perderem a cor, além de, verificar a ocorrência de uma maior transferência de cor para o tecido testemunha.

Nos testes de solidez a luz observou-se que os tecidos de fibras de poliéster apresentam excelentes notas de solidez, apresentando prolongada resistência a exposição a luz sem ocorrer uma alteração de cor das mesmas.

Para a realização de trabalhos futuros, propõe-se o desenvolvimento de um estudo sobre a utilização de diferentes concentrações de sabões com alvejante nas lavagens, além da utilização de diferentes temperaturas durante a lavagem. Estas variações também podem ser aplicadas a outras fibras para uma possível comparação com o poliéster.

Propõe-se também a comparação das propriedades de solidez a luz estudadas no presente trabalho a outros tipos de fibras como o algodão ou a seda comparando-se ao poliéster. Propriedades físicas como a tração, a torção e a elasticidade também poderiam ser estudadas.

Referências Bibliográficas

ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química. Aplicações: Usos de corantes, pigmentos e branqueadores ópticos. Texto capturado on line em 07/03/2006 no site: http://www.abiquim.org.br/corantes/cor_aplicacoes.asp

CANTERI, A., AVANCINI, F., NEVES, J. D., CRESPIM, L. Solidez de cor. Universidade Estadual de Maringá, Engenharia Têxtil, Maringá, 2000.

CLARIANT S/A. Dyeing methods and dye selection for blends of PÉS and anionic modified-PES fibres. Switzerland, 2002.

CLARIANT S/A. Normas de solidez. São Paulo, Brasil, 2002.

CLARIANT S/A. Corantes dispersos. Seminário, São Paulo, Brasil, 2004.

DYSTAR LTDA. Dyeing of Polyester Elastane fibre blends. Information Guide. Frankfurt: Dystar, 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. Norma ISO 105/A01. Genebra, Suíça 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. Norma ISO 105/A02. Genebra, Suíça 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. Norma ISO 105/A03. Genebra, Suíça 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. Norma ISO 105/B01. Genebra, Suíça 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. Norma ISO105/B02. Genebra, Suíça 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. Norma ISO 105/C06. Genebra, Suíça 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. Norma ISO 105/E01. Genebra, Suíça 2002.

KEHAYOGLOU, A. H., TSATSARONI, E. G., ELEFThERIADIS, I. C., LOUFAKIS, K. C., & KYRIAZIZ, L. E. Effectiveness of Various UV-absorber in dyeing of polyester with disperse dye – Part III. Laboratory of Organic Chemical Technology, Aristotle University of Thessaloniki, 540 06 Thessaloniki, Grécia. Viochrom S.A., 123 51 Aghia Varvara, Attiki, Grécia, 1997.

KRELL, R. Texto capturado on line em 17/05/2003 no site: <http://members.tripod.com/alkimia/corantes.htm>.

KUNZ, A. et al. Novas tendências no tratamento de efluentes têxteis. Química Nova, v. 25, n.1, 78 – 82, 2002.

MALUF, E. et al. Introdução a tecnologia têxtil. IPT, 1997.

NAKAMURA, T., BOMMU, R. R., KAMIISHI, Y., Dyeing Properties of a Polyester Ultrafine Fiber. Textile Research Institute of Gunma Prefecture, Kiryu 367-0011, Japão. Kakao Shibusawa – Department of Biological and Achemical Engeneering, Gunma University, Kiryu 3673 8151, Japan, 2000.

NEVES, J. D., CRESPIM, L. Análise da Solidez de cor em tecidos sujeitos a ensaios de lavagens com sabões em pó de diferentes propriedades. Universidade Estadual de Maringá, Engenharia Têxtil, Maringá, 2000.

NEVES, J. D., CRESPIM, L. Tingimento Reativo. Universidade Estadual de Maringá, Engenharia Têxtil, Maringá, 2000.

OLGAARD, H., FROST, L., GALSTER, J. et al . Survey of azo-colorants in Denmark: consumption, use, health and environmental aspects. Texto capturado on line em 03/03/2003 no site: [http://www.mst.dk/udgiv/ Publications/](http://www.mst.dk/udgiv/Publications/). Danish Technological Institute, 1998.

QMCWEB.Revista eletrônica de departamento de química-UFSC. Texto capturado on line em 11/09/2004 no site: <http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/artigos/dye/corantes.html>

REVISTA ABTT. Publicação da associação brasileira de técnicos têxteis, Rio de Janeiro, v.004, ano 2, 2003.

ROBINSON, T., McMULLAN, G., MARCHANT, R. et al. Remediation of dyes in textile effluent: a critical review on current treatment technologies with a proposed alternative. Bioresource Technology, v. 77, p. 247-255, 2001.

ROQUES, J. E., BERALDO, O. Tingimento de Fibras Sintéticas. Apostila de treinamento Divisão Têxtil - Clariant S/A. São Paulo, 1999.

SALEM, V., DE MARCHI, A., MENEZES, F.G., - O Beneficiamento têxtil na prática. Golden Química do Brasil LTDA. São Paulo, 2005.

SANDOZ. PES - Polyester Finishing. Textile Department. Switzerland, 2002.

SEBRAE. Defina seu Negócio. Tinturaria. Texto capturado on line em 07/03/2006 no site: http://www.sebrae.com.br/br/parasuaempresa/ideiasdenegocios_969.asp

SBRT, Formulário de Respostas Técnicas Padrão. Corantes Têxteis. Sistema Brasileiro de Resposta Técnica. Ministério da Ciência e Tecnologia. Texto capturado on line em 07/03/2006 no site: <http://sbrt.ibict.br/upload/sbrr644-1.html>

SON, Y.-A, HONG, J.-P., KIM, T.-K. An approach to the dyeing of polyester fiber using indigo and its extended wash fastness properties. Department of textile engineering, Chungnam National University, Dayeon, 305-764, Korea do Sul. Korea Dyeing Technology Center, Daegu 703-834, Korea do Sul, 2004.

SON, Y.-A, LIM, H.-T., HONG, J.-P., KIM, T.-K. Indigo adsorption properties to polyester fibres of different levels of fineness. Department of textile engineering, Chungnam National University, Dayeon, 305-764, Korea do Sul. Korea Dyeing Technology Center, Daegu 703-834, Korea do Sul, 2005.

TEXTEL - Poliéster filamento têxtil, informações técnicas e Fibra SI A. Texto capturado on line em 20/09/2004 no site: http://www.fibra.com.br/dados/pdf/textel_info_01.pdf

TINTURARIA ECO – Noções Básicas de Beneficiamento Têxtil. Texto capturado on line em 07/03/2006 no site: <http://tinturariaeco.com.br/infteco1.htm>

TMX - Representação têxtil, comércio, exportação e importação Ltda. Texto capturado on line em 11/09/2004 no site: <http://www.tmx.com.br/download.htm/corantesdispersos>, 2003. Acesso em 11/09/2004.

TSATSARONI, E. G., ELEFTHERIADIS, I. C. UV-absorbers in the dyeing of polyester with disperse dyes. Department of Chemical Technology and Industrial Chemistry, School of Chemistry, Aristotle University, 541 24 Thessaloniki, Grécia, 2004.

TSATSARONI, E. G., KEHAYOGLOU, A.H., ELEFTHERIADIS, I. C., KYRIAZIS, L. E. Effectiveness of various UV-absorbers on the dyeing of polyester with

disperse dyes. Part IV. Laboratory of Organic Chemical Technology, Aristotle University of Thessaloniki, Grécia, 2004.

UJHELYIOVA, A., BOLHOVA, E., ORAVKINOVA, J., TIÑO, R., MARCINČIN, A. Kinetics of dyeing process of blend polypropylene/polyester fibers with disperse dye. Slovak University of Technology, Faculty of Chemistry and Food Technology, Radlinskeho 9,812 37 Bratislava, Republica Eslovaca, 2005.

VICUNHA. Silkyline e Textel, fios de poliéster. Texto capturado on line em 07/03/2006 no site: <http://www.vicunha.com.br>

WEBTEX -Consultoria, assistência técnica e representação no setor têxtil. Texto capturado on line em 07/03/2006 no site: <http://www.webtex.com.br/arquivosPDF/fibraPES.pdf>

WEI, Q.F., WANG, X.Q. AFM Characterization of technical fibers. Journal of Industrial Textiles. China, 2004.