



**Desenvolvimento e controlo de processos de
Tinturaria na FITECOM S.A.
Versão final após defesa**

Luana Gabriela Costa Santos

Relatório de estágio curricular para obtenção do Grau de Mestre em
Química Industrial
(2^o ciclo de estudos)

Orientador UBI: Prof. Doutora Ana Carreira Lopes
Orientador na FITECOM: Eng.^a Rosário Grazina

Abril de 2024

Folha em branco

Declaração de Integridade

Eu, Luana Gabriela Costa Santos, que abaixo assino, estudante com o número de inscrição M11912 de Química Industrial da Faculdade de Ciências, declaro ter desenvolvido o presente trabalho e elaborado o presente texto em total consonância com o **Código de Integridades da Universidade da Beira Interior**.

Mais concretamente afirmo não ter incorrido em qualquer das variedades de Fraude Académica, e que aqui declaro conhecer, que em particular atendi à exigida referência de frases, extratos, imagens e outras formas de trabalho intelectual, e assumindo assim na íntegra as responsabilidades da autoria.

Universidade da Beira Interior, Covilhã

Folha em branco

Agradecimentos

Em primeiro lugar, queria agradecer à Professora Doutora Ana Carreira Lopes, orientadora por parte da Universidade da Beira Interior, e à Eng.^a Rosário Grazina, orientadora no local de estágio, por toda a paciência, por toda a ajuda, por todo tempo que investiram em mim e, principalmente, pelos momentos bem passados.

A realização deste Relatório de Estágio apenas foi possível graças à gerência da FITECOM - Comercialização Industrialização Têxtil, S.A., em particular ao Eng.º João Carvalho, por todo o apreço demonstrado.

Aos meus pais e, às minhas irmãs e irmão, pois sem eles não seria capaz de concluir este trabalho, por toda a ajuda ao longo deste percurso e na vida. Obrigado por serem um farol, mesmo nos dias mais escuros.

Aos meus avós, aos meus tios e à Mariana por terem acreditado sempre em mim e nunca desistirem. Sem o vosso apoio e carinho não seria capaz.

A todos os meus colegas do estágio por todo o conhecimento transmitido, em particular ao Eng.º Francisco Cutelo.

À Sara e à Margarida por estarem sempre comigo e me terem proporcionado momentos inesquecíveis que de alguma forma me levaram até hoje.

À EncantaTuna – Tuna Académica Feminina da Universidade da Beira Interior por me colocar sempre um sorriso na cara quando mais precisava, mas especialmente à Juliana, à Inês Henriques e à Daniela pela amizade e apoio constante. Agradeço também à Carlota, a minha bruxinha preferida, por todas as gargalhadas e momentos bem passados.

Por fim, a todos que direta ou indiretamente fizeram parte deste percurso,

Obrigada!

Folha em branco

Resumo

A Indústria Têxtil e Vestuário (ITV) é um dos setores mais importantes da economia portuguesa. Contudo, para o sucesso da ITV, é necessário que as empresas que operam neste setor apresentem produtos de qualidade e de acordo com as exigências de cada cliente, sendo constante a necessidade de inovação. A realização do estágio curricular numa empresa do setor têxtil, FITECOM – Comercialização Industrialização Têxtil, SA, permitiu um maior conhecimento sobre esta indústria e de todos os processos a ela associados, em especial do processo de desenvolvimento da cor – tinturaria.

Considerada uma arte e uma ciência, a origem da Tinturaria é difícil de precisar ao certo. A descoberta do primeiro corante sintético, a mauveína, no ano de 1856 por Perkin, ditou o início de uma grande evolução nas técnicas de tingimento que até então eram bastante rudimentares. O desenvolvimento de novos corantes e fibras levaram a um estudo cada vez mais profundo dos processos de tingimento, sempre com o objetivo de diminuir os custos e riscos ecológicos, assim como aumentar a solidez dos tingimentos.

Desta forma, estão apresentados os vários procedimentos realizados ao longo do estágio, tanto no laboratório de tinturaria como no laboratório de controlo de qualidade, sendo abordados também mais ao pormenor os testes de solidez dos tintos.

A necessidade da utilização de produtos e certificações sustentáveis na indústria têxtil é imperativa mediante os desafios ambientais, pois a indústria têxtil ainda é conhecida pelo seu impacto significativo no meio ambiente, devido ao consumo intensivo de recursos naturais, emissões de poluentes e produção de resíduos. A incorporação de produtos sustentáveis e de certificações adequadas são medidas essenciais para mitigar esse impacto negativo. Desta forma, foi desenvolvido, na empresa, um procedimento com recurso a corantes naturais no processo de tingimento.

Palavras-chave

ITV; Tinturaria; corantes naturais; sustentabilidade.

Folha em branco

Abstract

The Textile and Clothing Industry (TCI) is one of the most important sectors of the Portuguese economy. However, for TCI to be successful, it is necessary that companies operating in this sector present quality products in accordance with the requirements of each client, with the need for innovation being constant. In this context, completing an internship at a textile sector company, FITECOM – Comercialização Industrialização Têxtil, SA, provided a deeper understanding of this industry and all the processes associated with it, particularly the color development process – dyeing.

Considered an art and a science, the exact origin of dyeing is difficult to pinpoint. The discovery of the first synthetic dye, mauveine, in 1856 by Perkin, marked the beginning of a significant evolution in dyeing techniques, which were quite rudimentary until then. The development of new dyes and fibers led to an increasingly in-depth study of dyeing processes, always with the goal of reducing costs and ecological risks, as well as enhancing the colorfastness of dyes.

This summary outlines the various procedures carried out during the internship, both in the dyeing laboratory and the quality control laboratory, with a more detailed focus on colorfastness tests. The imperative need for the use of sustainable products and certifications in the textile industry is emphasized in light of environmental challenges, as the textile industry is still known for its significant impact on the environment, due to the intensive consumption of natural resources, pollutant emissions and waste production. The incorporation of sustainable products and appropriate certifications are essential measures to mitigate this negative impact. In this way, a procedure was developed in the company using natural dyes in the dyeing process.

Keywords

TCI; Dyeing; Natural dyes; Sustainability.

Folha em branco

Índice

1.	Introdução	1
1.1.	Motivação do Estágio.....	1
1.2.	Objetivos de Estágio	1
1.3.	Estrutura do relatório de Estágio	2
2.	A Empresa FITECOM	3
2.1.	Informação geral.....	3
2.1.1.	Visão, Missão e Valores	4
2.1.2.	Política Ambiental	4
2.1.3.	Política social	5
2.2.	Processo Produtivo	6
3.	Enquadramento Teórico.....	9
3.1.	Indústria têxtil e vestuário.....	9
3.2.	Tinturaria.....	11
3.2.1.	Fibras	11
3.2.1.1.	Fibras Naturais	15
3.2.1.2.	Fibras Não-Naturais	18
3.2.2.	Corantes têxteis	20
3.2.3.	Produtos Auxiliares	24
3.2.4.	Tingimento.....	25
3.3.	Sustentabilidade	28
3.3.1.	Impactos ambientais.....	29
3.3.1.1.	Consumo de água.....	29
3.3.1.2.	Emissões de Gases com Efeito de Estufa.....	30
3.3.1.3.	Perda de Biodiversidade	31
3.3.1.4.	Resíduos e efluentes gerados	31
3.3.2.	Economia Circular	33
3.3.3.	Tingimentos sustentáveis	33

3.3.4.	Certificações	34
4.	Trabalho Experimental	37
4.1.	Laboratório de Tinturaria	37
4.1.1.	Equipamentos disponíveis no laboratório	37
4.1.2.	Estudo de cores novas	38
4.1.3.	Ensaios de comparação de substratos.....	40
4.1.4.	Estudo da influência da razão de banho na cor final em diferentes substratos	40
4.1.5.	Processos de Tingimento	41
4.1.6.	Processo de tingimento utilizando Corantes Naturais.....	46
4.2.	Laboratório de Controlo de Qualidade	49
4.2.1.	Solidez dos tintos à lavagem doméstica e industrial (EN ISO 105-Co6)	51
4.2.2.	Solidez dos tintos à limpeza a seco usando percloroetileno (EN ISO 105-Do1)	51
4.2.3.	Solidez dos tintos à água (EN ISO 105-E01)	52
4.2.4.	Solidez dos tintos ao suor ácido e suor alcalino (EN ISO 105-E04)	52
4.2.5.	Solidez dos tintos à fricção (EN ISO 105-X12).....	52
5.	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro	53
5.1.	Conclusões.....	53
5.2.	Perspetivas futuras.....	54

Folha em branco

Lista de Figuras

Figura 1: Principais mercados da FITECOM.	4
Figura 2: Fluxograma de produção da empresa, com indicação dos setores em que intervém o controlo de qualidade.	6
Figura 3: Consumo de vestuário, calçado e têxteis-lar no período de 2010-2020, na UE [4].	10
Figura 4: Esquema simplificado da cadeia de produção têxtil. Adaptado de [13].	11
Figura 5: Classificação das fibras têxteis. Adaptado de [16].	14
Figura 6: Fórmula geral do aminoácido [29].	16
Figura 7: Tipos de interações moleculares entre as cadeias da Lã [19].	16
Figura 8: Estrutura química da celulose [30].	18
Figura 9: Estrutura química da fibra de poliéster [34].	19
Figura 10: Etapas do processo têxtil e os respetivos impactos ambientais [12]	28
Figura 11: Consumo de água ao longo da cadeia de produção têxtil. Adaptado de [48].	29
Figura 12: Emissões de Gases de Efeito de Estufa ao longo da cadeia de produção têxtil. Adaptado de [48]	30
Figura 13: Impacto do uso dos solos ao longo da cadeia de produção têxtil. Adaptado de [48].	31
Figura 14: Esquema das operações realizadas na secção de Tinturaria.	37
Figura 15: Escala de cinzentos para avaliar alteração de cor [65].	51

Folha em branco

Lista de Tabelas

Tabela 1: Caracterização do setor em Portugal (2022) [10].....	10
Tabela 2: Classificação de corantes com base na sua aplicação. Adaptado de [38, 40].	23
Tabela 3: Alguns produtos auxiliares e a sua função, respetivamente [18, 32, 41].24

Folha em branco

Lista de Gráficos

Gráfico 1: Método de tingimento para um substrato 100% poliéster.	42
Gráfico 2: Método de tingimento de um substrato 100% Lã.	43
Gráfico 3: Método de tingimento de um substrato com uma mistura de fibras Poliéster/Lã.	44
Gráfico 4: Método de tingimento da mistura poliéster/linho em dois banhos.	45
Gráfico 5: Pré-tratamento das fibras antes do tingimento com corantes naturais.	47
Gráfico 6: Tingimento com corantes naturais.	48
Gráfico 7: Ensaboamento após o tingimento com corantes naturais.	48

Folha em branco

Lista de Acrónimos

AATCC	American Association of Textile Chemists and Colourists
CI	Colour Index
GEE	Gases de Efeito de Estufa
GRS	Global Recycled Standard
ISO	International Organization for Standardization
ITV	Indústria Têxtil e Vestuário
Li	Linho
PES/PL	Poliéster
PET	Politereftalato de etileno
RWS	Responsible Wool Standard
SDC	Society of Dyers and Colourists
UE	União Europeia
UNEP	United Nations Environment Programme
Wo	Wool (Lã)
ZDHC	Zero Discharge of Chemical Substances

Folha em branco

1. Introdução

O presente relatório pretende sintetizar o trabalho desenvolvido durante o estágio curricular, realizado na empresa FITECOM – Comercialização Industrialização Têxtil, SA, entre os meses de janeiro e julho de 2023, no âmbito da unidade curricular Dissertação/Projeto/Estágio, com vista à obtenção do grau de Mestre em Química Industrial na Universidade da Beira Interior.

1.1. Motivação do Estágio

A Indústria Têxtil e Vestuário (ITV) é um dos setores mais importantes da economia portuguesa. No entanto, está associada a vários problemas, principalmente a nível ambiental. É necessário que as empresas que operam neste setor apresentem produtos de qualidade e de acordo com as exigências de cada cliente. Desta forma, é importante a existência de laboratórios de desenvolvimento e controlo de qualidade, por forma a desenvolver produtos mais inovadores e sustentáveis em conformidade com as exigências do mercado. Neste sentido, a realização do estágio curricular numa empresa do setor têxtil permitiu um maior conhecimento sobre esta indústria e de todos os processos a ela associados, em especial do processo de desenvolvimento de cor – tinturaria. Para além disso, foi muito importante aplicar os conhecimentos adquiridos em ambiente académico num contexto laboral.

1.2. Objetivos de Estágio

O estágio decorreu na secção da Tinturaria, fundamentalmente, no laboratório de tinturaria e colorimetria, onde são efetuados ensaios de desenvolvimento de cor, de reprodutibilidade das receitas de tingimento em função do lote de material, de desenvolvimento de processos de tinturaria e de controlo de qualidade de todo o processo de tingimento. Para este fim, os objetivos a atingir foram:

- Reduzir o tempo de desenvolvimento de cada cor;
- Melhorar as performances do processo de tingimento;
- Capacitar o laboratório de tinturaria com meios humanos especializados, capazes de fazer I&D nesta área, com o objetivo de dar resposta às exigências e dinâmicas do mundo e do mercado.

Cerca de 20% do estágio foi realizada no laboratório de qualidade da FITECOM, onde foram adquiridos conhecimentos teóricos e práticos nos principais testes de controlo de qualidade, efetuados na empresa, em especial associados ao processo de Tinturaria.

1.3. Estrutura do relatório de Estágio

Este relatório de estágio é composto por 5 capítulos.

Neste primeiro capítulo faz-se uma breve introdução ao trabalho desenvolvido na empresa, dando-se conta da motivação e dos objetivos para a realização do estágio. Este capítulo contém, ainda, uma descrição do conteúdo do relatório aqui apresentado.

No segundo capítulo, descreve-se com mais pormenor a empresa onde foi realizado o estágio, FITECOM – Comercialização Industrialização Têxtil, S.A., desde os processos produtivos até aos produtos fabricados.

No terceiro capítulo são abordados os conceitos teóricos para um melhor entendimento do trabalho que foi desenvolvido, nomeadamente a indústria têxtil, tinturaria e os impactos ambientais desta indústria.

No quarto capítulo é feita uma descrição do trabalho realizado durante o decorrer do estágio no laboratório de Tinturaria e Colorimetria e no laboratório de Controlo de Qualidade.

Por fim, no quinto capítulo são apresentadas as principais conclusões do estágio assim como os planos ou objetivos futuros.

2.A Empresa FITECOM

Neste capítulo faz-se uma descrição da empresa onde foi realizado o estágio, a FITECOM – Comercialização Industrialização Têxtil, S.A.. A informação aqui contida é proveniente, na sua maioria, da página da empresa.

2.1. Informação geral

Em 1993, a FITECOM foi fundada por três quadros com longa experiência nos principais setores da indústria têxtil. Nos dois primeiros anos de atividade, a empresa centrou-se em estudar os mercados que pretendia atingir e os produtos que esses mercados poderiam consumir, tendo como objetivo proporcionar aos potenciais clientes qualidade ao melhor preço.

Atualmente, a FITECOM dispõe de departamentos próprios de fiação, tecelagem, acabamento e tinturaria. Uma das principais preocupações continua a ser a qualidade do produto, dispondo para o efeito, de um laboratório, certificado pela DUPONT, equipado com a mais recente tecnologia e onde é feito o controlo dos vários produtos, desde as matérias-primas até ao produto final. A FITECOM produz maioritariamente tecidos compostos pela mistura lã/polyester/lycra e 100% lã. São destinados à produção de vestuário exterior de homem, senhora e criança e visam os mercados de gama média e média/alta.

A FITECOM encontra-se certificada com o rótulo OEKO-TEX, GRS e RWS. É licenciada pela “The Woolmark Company” para a produção e comercialização dos produtos “Woolmark”. É acreditada pela DUPONT no programa “Lycra Assured” e na aplicação e venda de tecidos de diversos acabamentos, por forma a conferir propriedades funcionais aos tecidos. Possui homologação para uso da marca TREVIRA-Clasixx.

A empresa tem como ambição uma melhoria constante do trinómio qualidade/serviço/preço, bem como desenvolver com os principais clientes uma política de parceria direcionada para o sucesso das partes envolvidas.

Cerca de 90% da sua produção é exportada para mercados internacionais (Figura 1) como França, Inglaterra e Alemanha.



Figura 1: Principais mercados da FITECOM [64].

2.1.1. Visão, Missão e Valores

A FITECOM estabeleceu diretrizes para uma melhor gestão da empresa, incluídas na Visão, Missão e Valores:

- A Visão da empresa baseia-se em não só produzir, mas satisfazer as necessidades dos clientes, adotando um ambiente relacional de confiança.
- Como Missão, a FITECOM pretende assegurar a qualidade dos produtos e serviços, assim como, em consequência, melhorar a eficiência interna da fábrica.
- Os Valores da empresa assentam na satisfação do cliente, apostando num ambiente de confiança, garantindo a qualidade dos produtos, contribuindo para a melhoria dos processos e serviços e zelando por uma boa relação com os fornecedores.

2.1.2. Política Ambiental

É cada vez mais essencial uma boa política ambiental e, por essa razão, a FITECOM procura aplicá-la em todas as operações possíveis. O objetivo é uma melhoria contínua, que tem por base uma seleção rigorosa dos produtos químicos utilizados, assim como, uma gestão mais responsável da utilização da água, dos efluentes, dos resíduos, da energia e das emissões gasosas e a escolha de matérias-primas de base mais sustentáveis.

Visando a preocupação com o meio ambiente e tudo o que o envolve, foram desenvolvidas coleções em que a lã utilizada é recolhida de rebanhos que pastam em terrenos livres de qualquer tipo de pesticida ou outro químico que possa prejudicar o ambiente ou o bem-estar do animal. Todos os produtos químicos utilizados foram adquiridos na UE. Assim sendo, estão de acordo com os Regulamento (CE) nº 1907/2006 (REACH) e Regulamento (CE) nº 1272/2008 (CLP), zelando pela proteção da saúde humana e do ambiente, e minimizando a pegada de carbono.

A FITECOM participa no projeto Giatex- Gestão Inteligente de Água na Indústria Têxtil e Vestuário, coordenado pelo CITEVE, tendo como propósito gerir de forma mais eficiente e racionalizada o consumo de água. A recuperação e reutilização das águas já é realizada, sendo as águas recuperadas usadas nos serviços de aquecimento e arrefecimento, assim como em enxaguamentos. Apesar disso, e para reduzir a pegada de carbono da empresa, é previsto um investimento na construção de uma ETAR que fará com que seja possível reutilizar mais de 50% da água que é consumida, principalmente pelos setores da tinturaria e ultimateção.

Uma das fibras mais utilizadas na FITECOM é a lã, que tem como principal vantagem a sua biodegradabilidade. Todos os resíduos gerados nos vários processos existentes são separados e tratados de modo a serem reprocessados, apostando assim numa economia circular. Assim, é importante o uso responsável de matérias-primas sustentáveis e/ou recicladas.

Com o objetivos de reduzir o consumo de energia, têm sido implementadas novas medidas, sendo realizadas regularmente auditorias energéticas. Recentemente a FITECOM completou a instalação de painéis fotovoltaicos de forma a reduzir a sua dependência energética. A qualidade do ar também é uma preocupação, sendo realizado regularmente controlo dos efluentes gasosos. A sua monitorização possibilita a implementação de soluções que conduzam a uma diminuição de emissões para a atmosfera.

2.1.3. Política social

A área da responsabilidade social é uma preocupação permanente para a FITECOM, quer a nível interno, principalmente pela saúde e bem-estar e ambiente, quer externo. A formação e promoção dos seus trabalhadores é uma realidade na empresa, sem qualquer discriminação, independentemente da raça, cultura, religião e género.

2.2. Processo Produtivo

A FITECOM é constituída pelas unidades produtivas de fiação, tecelagem, tinturaria e acabamentos (Figura 2). A empresa tem uma capacidade produtiva na ordem dos 3 milhões de metros de tecido por ano. Aqui é assegurado um fluxo de produção, de fácil acesso e controlo, por forma a garantir a qualidade dos produtos.

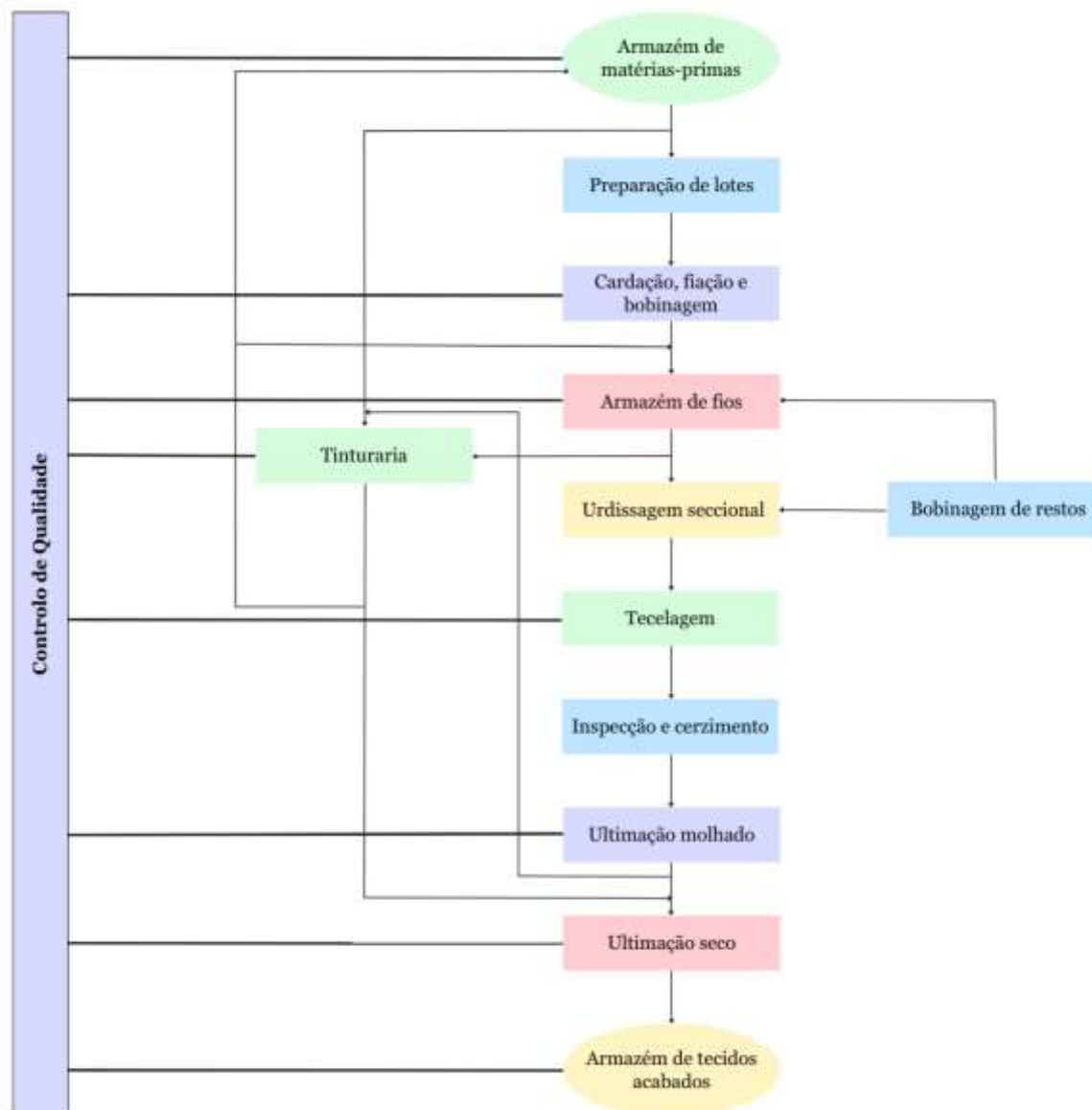


Figura 2: Fluxograma de produção da empresa, com indicação dos setores em que intervém o controlo de qualidade.

No Armazém de Matérias-primas, são recebidas as fibras utilizadas na produção, como lã e poliéster, entre outras. Chegam compactadas em fardos, em forma de rama. Aqui são confirmados os lotes, pesados e armazenados, sendo efetuados ensaios de controlo de qualidade. Na secção de Preparação de Lotes é realizada a mistura e homogeneização dos lotes de matéria-prima de forma a seguirem para a secção seguinte.

Na cardação/fiação, a rama é convertida em fio, sendo este destinado à tecelagem. O setor é subdividido em cardação, onde a matéria-prima é cardada e transformada em mecha, e fiação, onde a mecha é convertida em fio. Estes fios cardados podem ser 100% lã ou mistura de lã com outras fibras. Seguidamente, estes fios são recebidos no Armazém de Fios, conferidos, pesados e armazenados juntamente com os fios penteados adquiridos pela empresa. Antes da secção de Tecelagem, onde é produzido o tecido, ainda existe uma secção onde são preparadas as teias, denominada por urdissagem. À saída da tecelagem, o tecido é controlado numa máquina de revista, onde é medido, pesado e onde são detetados os defeitos, por forma a atuar no imediato na sua correção, evitando assim a sua propagação ao longo da produção da encomenda. Posteriormente, o tecido passa para a secção seguinte. As Metedeiras de Fios corrigem manualmente os defeitos que existam no tecido.

A Tinturaria é a secção onde se dá cor à matéria têxtil, que pode ser rama, fio ou tecido, conforme a especificidade do tecido final. É assim possível realizar esta operação em diferentes fases do processo de criação do tecido.

Na secção de Ultimação em Húmido, o tecido resultante da tecelagem é lavado e seco, podendo ser sujeito a diversos tratamentos em húmido, conforme o acabamento final pretendido e a sua finalidade, e na secção de Ultimação em Seco, é efetuado o restante processo de acabamento do tecido, com o objetivo de conferir, por um lado toque e por outro, boas características de estabilidade dimensional aos processos de manutenção dos tecidos, após a sua transformação em peça de vestuário.

Após o processo de acabamento, que finaliza com o enrolamento do tecido, o seu embalamento e etiquetagem, todos os tecidos produzidos na FITECOM são guardados no Armazém de Tecidos.

A FITECOM tem um armazém de amostras de tecido, onde estão pequenas quantidades de tecido por cor e onde são efetuados cartazes de amostras de tecido por padrão com as respetivas cores. É através destes cartazes que a Fitecom dá a conhecer as suas coleções de tecidos ao mercado, através das várias feiras do setor disponíveis e ou através do seu envio para os agentes que posteriormente apresentam os apresentam aos clientes.

Na secção Comercial, são recebidas as encomendas e encaminhadas para o departamento do planeamento da produção. É no departamento comercial que estão os comerciais dos diferentes mercados que efetuam um especial acompanhamento aos agentes e por sua vez aos clientes, através de visitas periódicas.

Desenvolvimento e controlo de processos de Tinturaria na FITECOM S.A.

Nos Serviços Administrativos, são tratadas todas as informações recebidas do exterior, relacionados com clientes, com fornecedores, e também são resolvidos os assuntos relativos aos funcionários da FITECOM.

Existem ainda cinco secções de apoio:

- A Manutenção, onde são realizadas as operações de manutenção preventiva e corretiva de apoio às necessidades de produção e das instalações;
- O Laboratório de Qualidade, onde se realizam ensaios físicos e químicos, de modo a controlar a qualidade da matéria-prima, produto intermédio e produto final;
- O Laboratório de Tinturaria e Colorimetria, onde se efetua o desenvolvimento de novas cores e diferentes reajustes a vários substratos, dando apoio à produção e garantindo um elevado nível de qualidade e satisfação dos clientes, em conjunto com uma elevada reprodutibilidade e rendimento do processo industrial;
- O Departamento de Design, Investigação e Desenvolvimento de novos produtos, que cria tecidos capazes de cativar o mercado da moda, de forma a satisfazer os consumidores mais exigentes, sendo, para isso, criadas duas coleções por ano, Primavera/Verão e Outono/Inverno, que são apresentadas nas principais feiras de especialidade na Europa, na América e na Ásia.
- O Gabinete de Informática, onde é desenvolvido o software de gestão integrado da produção e a manutenção de hardware.

3. Enquadramento Teórico

Neste capítulo do relatório irão ser apresentados diversos conceitos importantes com o propósito de adquirir conhecimento teórico suficiente sobre o setor têxtil, para uma melhor compreensão do trabalho.

Desta forma, apresenta-se uma breve contextualização sobre a Indústria Têxtil na atualidade, a nível global e nacional; aborda-se o tingimento têxtil assim como as fibras usadas, os corantes e produtos auxiliares, e, por fim, referem-se algumas noções relacionadas com o impacto ambiental desta indústria.

3.1. Indústria têxtil e vestuário

A Indústria Têxtil e Vestuário (ITV) remonta à Era Pré-Histórica, quando o homem primitivo começou a usar peles de animais para se proteger do frio e do calor. Esta indústria começou a evoluir e a expandir-se pelo mundo. A China, a Turquia, a Índia e Europa Ocidental tornaram-se os principais disseminadores deste mercado. Com a revolução industrial e os avanços da tecnologia, o fabrico de têxteis passou a ser considerado moda e, conseqüentemente, uma arte [2].

O ITV engloba dois setores essenciais, que são o setor têxtil e o setor do vestuário. O primeiro diz respeito à preparação de fibras têxteis, desde a maceração e carbonização até à penteação, fiação e tecelagem. Compreende também o acabamento têxtil, tinturaria e ultimação. O segundo setor está ligado à transformação da matéria têxtil em vestuário, para qualquer tipo de atividade, seja trabalho, passeio ou desporto [3].

Atualmente, a indústria têxtil está representada em todo o mundo, tendo especial importância na economia europeia, sendo uma das indústrias de produção que mais gente emprega (cerca de 13 milhões na UE, em 2020) [4]. O vestuário representa 45% das importações efetuadas na Europa, sendo importado, principalmente, para o Reino Unido, Suíça e Estados Unidos. Desta forma, os produtos têxteis tornaram-se uma necessidade básica do quotidiano. Para além de serem utilizados no fabrico de vestuário, podemos encontrá-los nas mais simples peças de mobiliário assim como em equipamento médico e de proteção, veículos e edifícios [4-7].

O setor da Indústria Têxtil e Vestuário é, também, um dos mais importantes para a economia portuguesa, pois representa atualmente 10% do total das exportações portuguesas, compreendendo 20% do emprego da Indústria Transformadora (cerca de 128.600 pessoas), 9% do volume de negócios e 9% da produção. As pequenas e médias

empresas deste ramo da indústria representam uma grande percentagem, num total de 6339 sociedades existentes em Portugal (Tabela 1). São conhecidas pela flexibilidade e resposta rápida, assim como pela inovação. Localizam-se maioritariamente no Norte de Portugal (Porto, Braga, Guimarães e Famalicão), mas também no interior do país, especialmente na Covilhã, dedicando-se aqui principalmente aos lanifícios [8,9].

Tabela 1: Caracterização do setor em Portugal (2022) [10].

	<i>Microempresas</i>	<i>Pequenas empresas</i>	<i>Médias empresas</i>	<i>Grandes empresas</i>
<i>Número de empresas</i>	61,45%	29,69%	8,23%	0,63%
<i>Volume de negócios</i>	5,85%	24,11%	49,05%	20,99%
<i>Número de pessoas ao serviço</i>	9,62%	32,95%	43,45%	11,98%

Apesar da queda generalizada no consumo, devido à pandemia COVID-19, o setor de vestuário e calçado manteve-se relativamente constante ao longo da última década (Figura 3). Atualmente, tem aumentado a compra de vestuário de baixa qualidade, fabricado a baixo custo, apenas concebido para poucas utilizações. Esta prática é designada como Fast Fashion, e o seu consumo exagerado origina diversos problemas, em particular a nível ambiental, pois existe um maior desperdício de têxteis e recursos, uma vez que o vestuário acaba por ter um ciclo de vida mais curto [7,10,11].

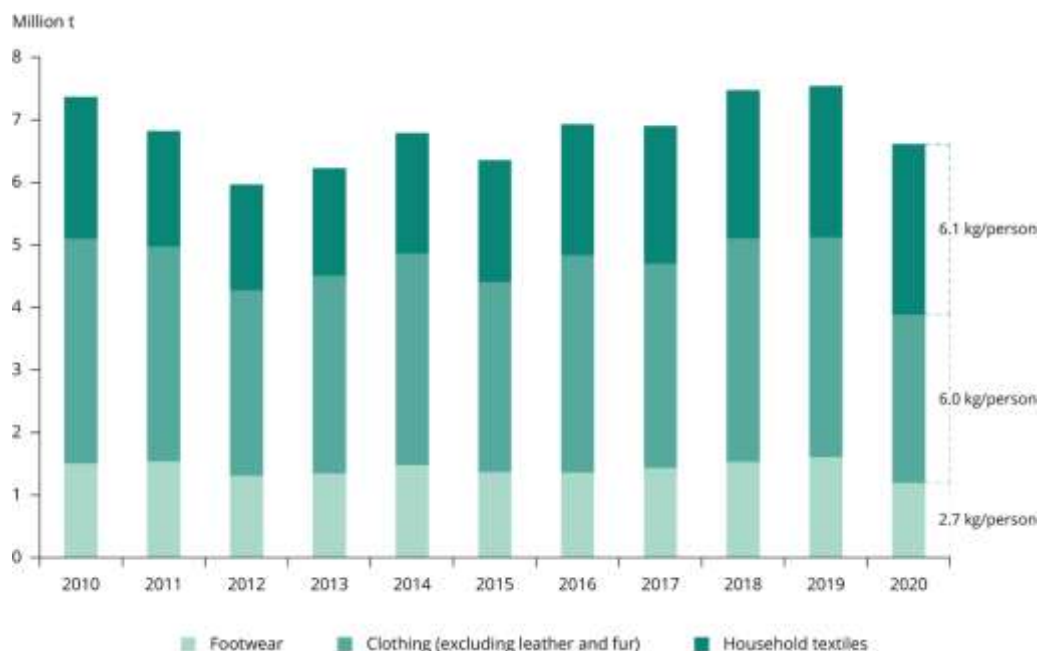


Figura 3: Consumo de vestuário, calçado e têxteis-lar no período de 2010-2020, na UE [4].

A Figura 4 representa um esquema simplificado do processo de fabrico de um produto têxtil, onde a matéria-prima é transformada em fios, sendo estes mais tarde convertidos em tecidos, conforme o pretendido, até chegar ao consumidor final [11,12]. A tinturaria é uma etapa de grande importância ao longo do processo de produção da matéria têxtil, sendo este tópico abordado na secção seguinte.

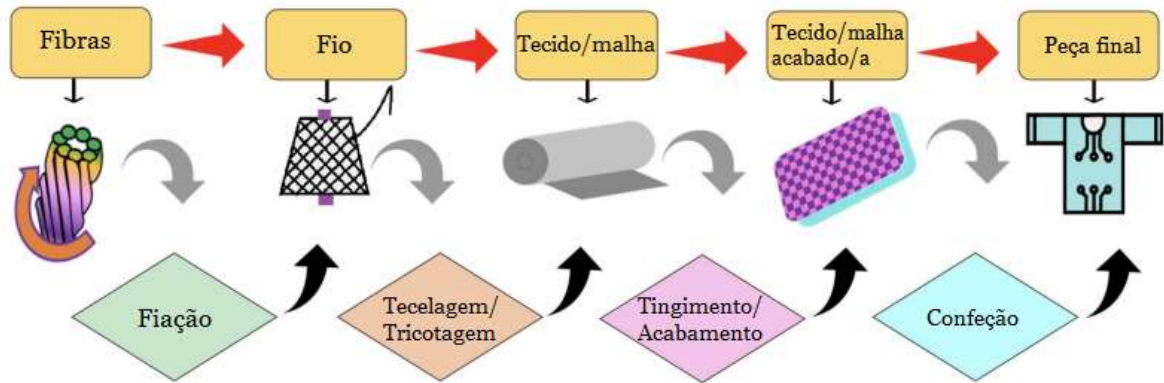


Figura 4: Esquema simplificado da cadeia de produção têxtil. Adaptado de [13].

3.2. Tinturaria

Considerada uma arte e uma ciência, a origem da Tinturaria é difícil de precisar ao certo. Até ao final do século XIX, o Homem recorria a corantes naturais que a natureza providenciava, extraídos de plantas, árvores ou insetos, de forma a produzir as tonalidades que lhes era permitido obter. A descoberta do primeiro corante sintético, a mauveína, no ano de 1856 por Perkin, ditou o início de uma grande evolução nas técnicas de tingimento que até então eram bastante rudimentares [13,14].

Este acontecimento impulsionou de tal forma a indústria têxtil que, devido às exigências do mercado, o setor foi obrigado a dar uma resposta rápida através da introdução de tecnologias inovadoras, sempre ligadas ao setor da Moda e, mais recentemente, ao do Ambiente. O desenvolvimento de novos corantes e fibras levaram a um estudo cada vez mais profundo dos processos de tingimento, sempre com o objetivo de diminuir os custos e riscos ecológicos, assim como, aumentar a solidez dos tingimentos [13,14].

3.2.1. Fibras

De acordo com [15,16], uma fibra pode ser definida como “matéria-prima têxtil, geralmente caracterizada pela flexibilidade, finura e grande comprimento relativamente à dimensão transversal máxima”. Atualmente, a maioria dos produtos têxteis são compostos por misturas de duas ou mais fibras. Esta junção permite melhorar

propriedades que, de forma isolada, as fibras não possuem, melhorando a eficiência do processamento (fiação ou tecelagem) ou o desempenho do produto final.

As fibras têxteis são constituídas por moléculas de grande dimensão (macromoléculas) que se encontram distribuídas de forma linear e apresentam regiões densas e altamente orientadas (zonas cristalinas), rodeadas por regiões amorfas, menos densas. Apresentam um vasto leque de propriedades químicas, físicas, mecânicas, térmicas e óticas, que variam com a origem da fibra, tais como [15–19]:

- Propriedades físicas
 - Cor e Lustro (brilho) – As fibras podem apresentar cores distintas. No caso da lã existem diversos graus de brancura, castanho e preto, dependendo da raça do animal. As fibras não naturais podem ser produzidas com elevado grau de brancura. Relativamente ao lustro, representa o brilho ou aspeto polido que as fibras possuem. Dependendo das fibras pode ser mais ou menos brilhante.
 - Dimensões (comprimento e finura) – A dimensão transversal (finura) das fibras é uma das propriedades mais importante das fibras uma vez que permite uma boa flexibilidade e fiabilidade. Esta propriedade também pode ser considerada o diâmetro para alguns tipos de fibras. As fibras naturais apresentam finuras variáveis enquanto as fabricadas pelo homem são produzidas com o valor desejado. Esta dimensão transversal é sempre inferior ao comprimento da fibra. O comprimento pode variar dependendo da origem das fibras. De um modo geral, as fibras naturais têm um comprimento limitado enquanto as fibras não naturais apresentam um comprimento ilimitado pois são produzidas sob a forma de filamentos contínuos.
 - Comportamento com a humidade – As fibras têxteis podem ser consideradas fibras hidrófilas (capacidade de absorver água) ou hidrófobas (não conseguem absorver água). Esta propriedade é bastante importante principalmente nas etapas de tingimento e acabamento.
- Propriedades mecânicas – São propriedades importantes de uma fibra têxtil, pois contribuem para o seu comportamento durante o processamento e para as propriedades do produto final.

- Resistência à tração – o conceito de tração está relacionado com uma força exercida sobre a fibra segundo o seu eixo, enquanto o alongamento é uma deformação que se traduz pelo aumento do comprimento quando a fibra é sujeita a uma força. Estas duas propriedades estão sempre associadas. A tenacidade mede a força de tração necessária para atingir a rotura da fibra, geralmente expressa em N/Tex. Quanto maior o valor de tenacidade, mais resistente é a fibra.
- Elasticidade – capacidade de a fibra recuperar o seu comprimento original após ter sido submetida a uma força que causou uma deformação. Esta propriedade é medida através da recuperação elástica.
- Propriedades químicas
 - Resistência a produtos químicos – São diversas as etapas pelas quais as fibras passam onde são expostas a produtos químicos, nomeadamente lavagens, branqueamentos, tinturaria e acabamento. É necessário um especial controlo nestas etapas e, também, na concentração de produtos químicos utilizada de modo a evitar a degradação das fibras. Nomeadamente, as fibras proteicas são mais sensíveis a pH alcalino e pode resultar na sua degradação, ao contrário das fibras celulósicas, onde um pH mais alcalino pode melhorar as suas propriedades.
 - Capacidade de serem tingidas - A maioria das fibras é naturalmente de cor esbranquiçada. Desta forma, as fibras têm de ser coloridas, idealmente por tingimento, numa fase mais tardia do processo de fabrico. Para isto é necessário que exista uma atração entre as moléculas do corante e a fibra e, conseqüentemente, da acessibilidade da fibra para que as moléculas de corantes se difundam.
- Propriedades térmicas – A resposta das fibras ao calor depende da sua composição química. Estas são afetadas em maior ou menor grau quando expostas à ação do calor, podendo estar sujeitas à degradação, alteração da afinidade tintorial e encolhimento. A condutividade térmica é a capacidade de conduzir calor através da fibra. De modo geral, as fibras naturais são as que apresentam menor condutividade térmica.

- Propriedades óticas – Quando incidida sobre uma fibra têxtil, a luz pode ser refletida, transmitida ou absorvida. Dependendo destes três fenómenos, de forma isolada ou da sua combinação, a aparência visual da fibra irá ser diferente.

Para ser considerada uma fibra têxtil é necessário que essa fibra possua certas propriedades físicas, mecânicas, térmicas e óticas, assim como propriedades químicas como a capacidade de serem tingidas por corantes ou pigmentos [13].

De um modo geral, as fibras são a base de todos os produtos têxteis, podendo ser classificadas como naturais, de origem mineral, vegetal ou animal, ou não naturais, sintéticas, artificiais ou inorgânicas, como demonstra a Figura 5 [15–17].

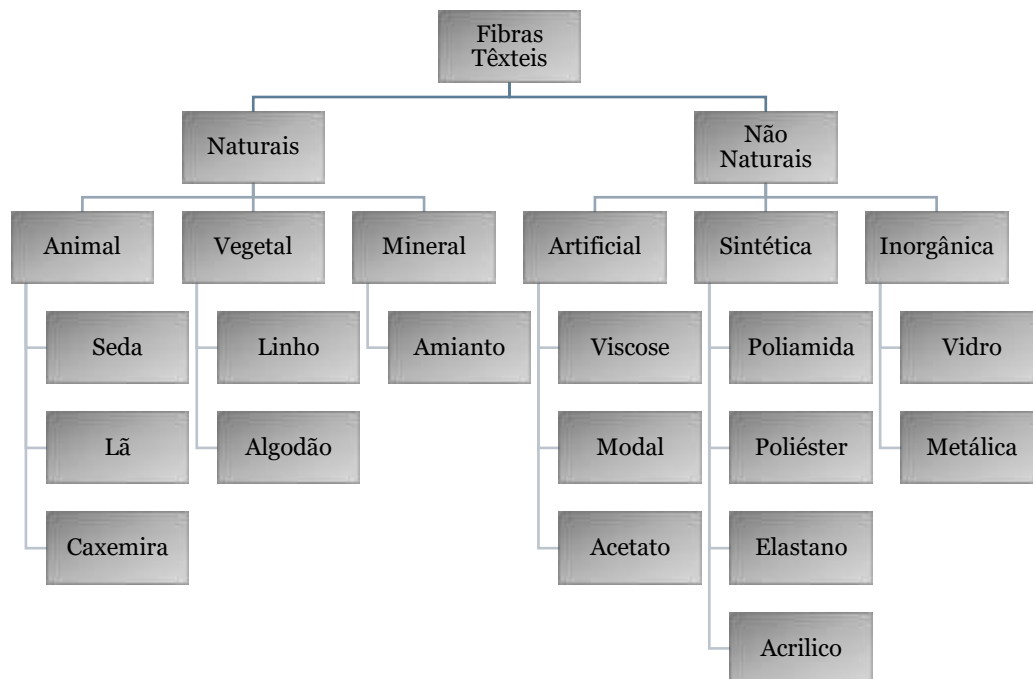


Figura 5: Classificação das fibras têxteis. Adaptado de [16].

Ao contrário das fibras de origem orgânica, as fibras inorgânicas não têm um papel muito ativo no setor têxtil. Estas são aplicadas maioritariamente em compósitos para reforçar propriedades da matriz original. Apresentam qualidades únicas, tais como elevada resistência, estabilidade térmica e química, e, no caso das fibras metálicas, excelente condutividade. Uma vez que é mais difícil alcançar estas propriedades com as fibras orgânicas, o fabrico e a utilização das fibras inorgânicas justifica-se, apesar das técnicas de fabrico e dos custos dos materiais [20,21].

Assim, para além dos produtos têxteis serem aplicados na indústria têxtil e vestuário, também são aplicados noutras áreas consoante da fibra que os constitui. Por exemplo,

para a indústria aeroespacial, são necessárias propriedades como alta elasticidade e resistência à tração, sendo as fibras mais adequadas as fibras inorgânicas de vidro e carbono. Para têxteis técnicos, como fatos de combate ao fogo, são utilizadas fibras de aramida pela sua resistência térmica. Para além destas áreas, as fibras têxteis ainda podem ser utilizadas na indústria automóvel, construção civil, em compósitos, entre outros [13].

3.2.1.1. Fibras Naturais

Como foi demonstrado na Figura 5, as fibras naturais podem subdividir-se em 3 grupos, de acordo com a sua origem. As fibras de origem animal, também conhecidas por fibras proteicas, são constituídas maioritariamente por aminoácidos, e podem ser obtidas a partir do pelo do animal ou da secreção de alguns insetos. Já as fibras de origem vegetal ou fibras celulósicas são constituídas, como o nome indica, por celulose natural, podendo ser extraídas do caule, da folha, da semente ou do fruto da planta em questão. E por fim, as de origem mineral são provenientes de rochas com estrutura fibrosa [15,18].

Este subgrupo caracteriza-se pela sua disponibilidade na natureza. Desta forma, a sua abundância vai depender do Homem. Ou seja, no caso das fibras de origem vegetal, quantas mais plantações existirem, maior a quantidade da fibra em questão. No entanto, isto leva a um uso intensivo do solo, que irá ser mencionado na secção dos Impactos Ambientais [17,22].

As fibras de origem natural são biodegradáveis e renováveis, e a sua produção requer baixa energia e produz poucas emissões de CO₂, relativamente as fibras sintéticas. O seu baixo peso específico resulta numa maior resistência e rigidez, e são bons isolantes térmicos e acústicos. No entanto, apresentam algumas desvantagens, como a fraca resistência à humidade, que faz com que as fibras inchem, e ao calor, levando a que haja uma temperatura máxima de utilização [22,23].

- Lã

A lã é uma fibra capilar proteica de origem natural, proveniente de ovinos e caprinos. Ao longo dos anos tem sido usada pelo homem pela sua capacidade de proteger dos agentes exteriores ambientais, como o frio, chuva, entre outros, e pelas suas propriedades únicas, como a elasticidade, secagem rápida e propriedades anti estáticas [24,25].

O principal componente da lã é a queratina (representando cerca de 82%), uma proteína constituída maioritariamente por carbono, oxigénio, hidrogénio, nitrogénio,

enxofre e uma pequena percentagem de outros elementos químicos [18,26,27]. Esta proteína é um polímero natural de elevado peso molecular, ou seja, é formada por cadeias polipeptídicas constituídas por diversos aminoácidos, que podem ser representados de acordo com a Figura 6. Um aminoácido tem uma base comum, formada pelos grupos funcionais amina ($-NH_2$) e ácido carboxílico ($-COOH$), e um grupo lateral (R), sendo este responsável pelas diferenças entre os vários aminoácidos. Relativamente à lã, o grupo R pode ser um dos 18 aminoácidos presentes na queratina, como a cisteína, glicina, alanina, ácido glutâmico, entre outros, que conferem diferentes propriedades à fibra [24,28].

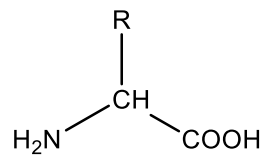


Figura 6: Fórmula geral do aminoácido [29].

Adicionalmente, a presença dos grupos NH_2 e $COOH$ permite que os aminoácidos se comportem como substâncias anfotéricas, uma propriedade bastante importante na etapa do tingimento [29]. Como mencionado anteriormente, as cadeias polipeptídicas são formadas por vários aminoácidos através de ligações covalentes ou ligações polipeptídicas. Da mesma forma que estes monómeros se ligam, também as várias cadeias polipeptídicas se podem ligar entre si através de interações moleculares (Figura 7). As ligações cistina ou dissulfureto são as mais importantes. Trata-se de ligações covalentes estabelecidas entre os átomos de enxofre da cisteína permitindo a ligação entre cadeias polipeptídicas. Isto contribui para a estabilidade da fibra e,

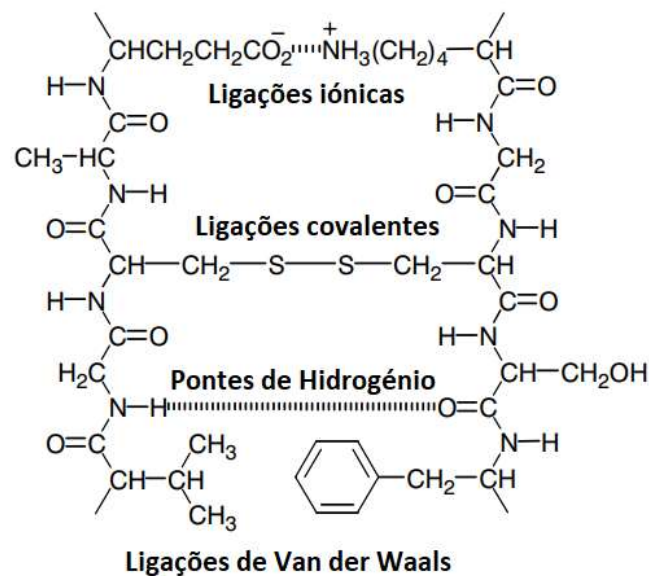


Figura 7: Tipos de interações moleculares entre as cadeias da Lã [19].

consequentemente, para as propriedades mecânicas. Existem também outras ligações como pontes de hidrogénio que ocorrem entre os grupos (-CO) e (-NH) das cadeias lineares que contribuem também para a estabilidade da estrutura da queratina; ligações iónicas (ou salinas) que se estabelecem entre grupos amino e carboxílico ionizados e, por fim, ligações de Van der Waals que ocorrem entre a cadeia lateral polar ou apolar dos aminoácidos [18,24,27].

Relativamente às propriedades físicas e químicas da lã, estas podem depender da raça do animal, assim como do animal em si ou da zona onde é realizada a tosquia. Assim, a lã é caracterizada como uma fibra que pode apresentar várias tonalidades e apresenta uma certa ondulação natural. Quanto à finura, esta pode variar entre 15 e 70 μm de diâmetro, sendo que quanto mais fina, melhor é a qualidade da fibra, assim como o comprimento que pode variar entre 35 a 350 mm. Apresenta uma resistência à tração não muito elevada, no entanto, é caracterizada pela sua elevada elasticidade e recuperação elástica em quase 100% no caso de extensões curtas. Relativamente à humidade, esta fibra é a mais higroscópica de que há conhecimento sendo que consegue absorver mais água que qualquer outra fibra, seja natural ou não. Esta fibra natural tem boas propriedades de isolamento que se caracterizam por uma baixa condutividade térmica. No caso das propriedades óticas, quando expostas à luz por tempo indeterminado, as fibras podem degradar-se, levando a um amarelecimento. Por fim, é bastante sensível a soluções alcalinas, sendo essencial que o valor de pH não ultrapasse 8 [15–17,25].

Uma outra característica típica da lã é a feltragem. É uma forma de encolhimento irreversível, ou seja, não é possível reverter este processo por esticamento. As fibras agrupam-se de forma compacta formando um tecido compacto, embora poroso. Pode ser provocado através de calor, humidade ou efeitos mecânicos [17,27].

- Linho

O linho, uma das matérias-primas têxteis mais antigas, é uma fibra celulósica, que provém do caule da planta *Linum Usitatissimum*, constituída maioritariamente por celulose (cerca de 70%). A celulose é um polímero linear constituído por vários monómeros de glucose (Figura 8), ligados através de pontes de hidrogénio nos grupos hidroxilos (-OH). Para além da celulose, o linho contém impurezas como ceras, pectinas e gorduras que são eliminadas através de vários processos ao longo da sua produção [18,29]. É uma fibra acinzentada e rugosa, quando no seu estado crú. No entanto, torna-se macia após sucessivas lavagens e branqueamentos. É flexível, possui uma baixa elasticidade e grande resistência à tração. Apresenta também uma elevada tenacidade,

mesmo quando molhada, resistência ao desgaste e abrasão, e uma enorme capacidade de absorver água em grandes quantidades [18,30]. Uma outra característica do linho é a impossibilidade de observar a fibra a olho nu, pelas suas dimensões bastante reduzidas, sendo necessário o recurso a um microscópio para observar os detalhes [32].

É possível a hidrólise de fibras celulósicas através de soluções quentes de ácidos minerais. Por esta razão, estas fibras nunca são tingidas a um pH inferior a 3-4. O ácido acético (CH_3COOH) é o ácido recomendado para a neutralização após o tratamento de um material celulósico com uma solução alcalina. Trata-se de um ácido fraco que se evapora durante o tingimento, antes que a sua concentração alcance um pH suficientemente baixo de modo a hidrolisar a celulose [19].

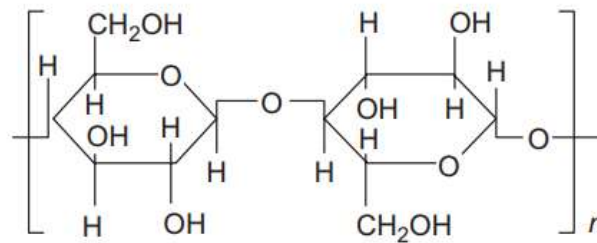


Figura 8: Estrutura química da celulose [30].

3.2.1.2. Fibras Não-Naturais

As fibras sintéticas são uma classe muito importante e significativa de fibras utilizadas na produção de têxteis, nos dias de hoje. Em meados do século XIX, foi testemunhada uma grande evolução destas fibras quimicamente sintetizadas, pois passaram a ter um melhor desempenho relativamente às fibras naturais. A primeira fibra não natural completamente sintetizada a partir de produtos petroquímicos foi o Nylon, na década de 1930. A partir desta data, a indústria têxtil sofreu uma revolução pois a produção de novas fibras permitiu a exploração de novos mercados [15,32].

Esta classe de fibras pode ser dividida em três grupos, sendo estes fibras artificiais, fibras sintéticas e fibras inorgânicas. As fibras artificiais são obtidas a partir de polímeros disponíveis na natureza, mas transformadas por ação de reagentes químicos, como é o caso da viscose ou do acetato. Por outro lado, as fibras sintéticas são exclusivamente fabricadas a partir de compostos orgânicos simples, derivados principalmente do petróleo, sendo o poliéster uma das fibras mais conhecidas e utilizadas. Por fim, as fibras inorgânicas são fibras não poliméricas, constituídas por compostos químicos inorgânicos, tal como indica o nome [17,32,33].

As fibras sintéticas são as mais consumidas a nível global pelas suas inúmeras vantagens, como a sua alta resistência a químicos, durabilidade e resistência, entre outros [34]. Em 2018, num total de 4,02 milhões de toneladas de fibras sintéticas, cerca de 3,66 milhões de toneladas foram consumidas, apenas na Europa [35].

- Poliéster

O termo “poliéster” refere-se a polímeros com vários grupos funcionais éster presentes na sua cadeia principal. São formados a partir de reações de condensação e podem ser divididos em poliésteres termoendurecidos e poliésteres termoplásticos. Desta forma, existe uma grande variedade de poliésteres. No entanto, o termoplástico PET (politereftalato de etileno) é o mais conhecido e importante em vários setores, mas particularmente no setor têxtil e no fabrico de garrafas de plástico [18,33].

A fibra de poliéster (PES) (Figura 9) é obtida a partir de uma reação de condensação de etilenoglicol ($C_2H_4(OH)_2$) com ácido tereftálico ($C_6H_4(COOH)_2$), que ocorre a uma temperatura de cerca de $290^\circ C$, por extrusão. De seguida, é realizado a etapa de estiramento, com o propósito de orientar as macromoléculas segundo o eixo da fibra. Este processo promove a cristalização, dado que os anéis aromáticos da cadeia principal tendem a unir-se de forma ordenada, dando origem a cristais de elevada resistência à tração e rigidez. As forças de Van der Waals são as forças de interação predominantes entre as moléculas desta fibra [15,33,35].

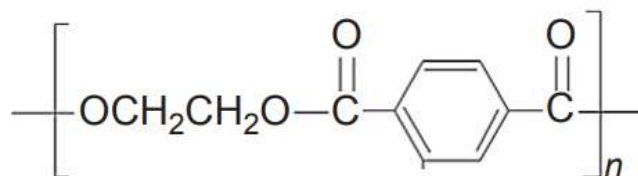


Figura 9: Estrutura química da fibra de poliéster [34].

Estas fibras sintéticas são produzidas sob a forma de filamentos contínuos ou transformadas em fibras curtas, consoante o objetivo final, sendo que, normalmente, o comprimento varia entre 38 e 150 mm. Assim como o comprimento, a finura do poliéster também varia consoante o desejado. Estas fibras tem um carácter hidrofóbico principalmente devido à ausência de grupos funcionais polares capazes de formar ligações de pontes de hidrogénio com as moléculas de água e, tendo em conta esta propriedade, o poliéster repele a água e seca rapidamente quando molhado. Apresenta uma excelente resistência à tração, com valores de tenacidade que variam entre 0,4 e 0,5 N/Tex, e uma resistência ao alongamento de 15-25%. Relativamente à cristalinidade, a fibra de poliéster apresenta cadeias bem orientadas, tendo um grau de cristalização que

ronda os 55%. Por fim, este polímero é bastante resistente a soluções diluídas de ácidos e bases. Contudo, em soluções concentradas, o poliéster é degradado. Também é importante referir que existe uma forte tendência à criação borboto [15,18,33].

Por ser um termoplástico, pode ser fundido e moldado de modo a adquirir uma nova forma, sendo esta uma das principais vantagens desta fibra, a possibilidade de ser reciclada. Apresenta também outras vantagens como a resistência ao enrugamento, a resistência mecânica e a secagem rápida [34].

3.2.2. Corantes têxteis

De um modo geral, um corante é uma substância química capaz de conceder ou alterar a cor de um substrato [19]. Os corantes podem ser compostos orgânicos ou inorgânicos, e podem ainda ser subdivididos em naturais ou sintéticos. Contudo, esta segunda diferenciação nem sempre é muito significativa, uma vez que, atualmente, muitos corantes naturais são produzidos sinteticamente [37]. Os corantes naturais derivam de plantas, insetos e minerais, são ecológicos e têm sido utilizados durante séculos para tingir têxteis, cosméticos e alimentos [38].

É importante diferenciar corantes de pigmentos. Segundo a Color Index (CI) [39], os corantes são “substâncias orgânicas intensamente coloridas ou fluorescentes, que conferem cor a um substrato por absorção seletiva de luz”. Devem ser, total ou parcialmente, solúveis no meio aquoso, podendo ser aplicados em vários substratos, e é necessário que possuam afinidade com o substrato a tingir [18,36]. Por outro lado, os pigmentos são “sólidos orgânicos ou inorgânicos particulados, coloridos, pretos, brancos ou fluorescentes, que geralmente são insolúveis no substrato em que se encontram” [39]. Normalmente estão presentes na superfície do substrato por serem moléculas relativamente grandes. Desta forma, são facilmente removidos caso não sejam fixados [18,36].

Os corantes são moléculas complexas orgânicas insaturadas que absorvem radiação e emitem na zona visível do espectro (380-750 nm) [40]. A maioria das moléculas de corantes contém vários anéis aromáticos ligados entre si num sistema totalmente conjugado. Existe, desta forma, uma longa sequência que alterna entre ligações simples e duplas, criando assim uma estrutura de ressonância [36,39]. A este sistema conjugado é dado o nome cromóforo, e os grupos de átomos mais comuns são nitro (-NO₂), azo (-N=N-), carbonilo (-C=O-), entre outros. O tingimento só é possível devido aos auxocromos (-NH₂, -OH), pois este grupo é dador de elétrons e permite a fixação dos corantes. O resto dos átomos presentes correspondem à matriz [40]. As propriedades

químicas e físicas das fibras e a estrutura dos corantes e os seus grupos funcionais vão influenciar bastante a forma como cada corante se fixa ao substrato [41].

Posto isto, com a introdução dos corantes sintéticos no mercado, a *Society of Dyers and Colourists* (SDC) e *American Association of Textile Chemists and Colourists* (AATCC) desenvolveram um catálogo com todos os corantes e pigmentos existentes, o CI, de forma a facilitar a procura por estas substâncias, assim como, dar a conhecer a estrutura e as propriedades de cada corante e pigmento [37,39]. Neste sentido, estes podem ser classificados da seguinte forma:

- Com base na estrutura química – dependendo da estrutura do cromóforo, é possível obter diferentes corantes, como os corantes azo, nitro, nitroso e antraquinona.
- Com base na aplicação – o processo de fixação à fibra está relacionado com o método de aplicação. Estes corantes podem ser classificados como diretos, dispersos, ácidos, reativos, entre outros.

De seguida, vão ser apresentados com mais pormenor os corantes classificados com base na sua aplicação.

- Corantes Ácidos

O termo “corante ácido” resulta da utilização de corantes que necessitam de um pH ácido durante o tingimento de um substrato. São corantes aniónicos e solúveis em água, que contêm um grupo ou mais de natureza ácida (SO_3H ou COOH). O intervalo de pH do banho de tingimento pode variar entre 2 e 6,5, utilizando ácido sulfúrico (H_2SO_4) e acetato de amónio ($\text{NH}_4\text{CH}_3\text{CO}_2$), respetivamente. Através de ligações iónicas, os grupos ácidos do corante ligam-se aos grupos amina presentes na fibra. Normalmente, estes corantes são utilizados para tingir fibras de origem proteica (lã) e fibras de poliamida. A vasta gama de cor que estes corantes podem proporcionar e o grau de fixação depende do grupo presente no cromóforo, podendo ter grupos azo, antraquinona, nitro, nitroso, entre outros [18,38].

- Corantes Pré-Metalizados 1:1 e 1:2

Esta classe de corantes é constituída por um átomo metálico (geralmente Cr mas também pode utilizado Co e Cu) ao qual uma ou duas moléculas de corante estão ligadas. Os corantes pré-metalizados são normalmente usados para tingir a lã e nylon em condições semelhantes às dos corantes ácidos. Ligam-se quimicamente à lã através de

ligações iónicas, principalmente. Esta classe de corantes está a substituir gradualmente os outros tipos de corantes ácidos pois apresentam melhor solidez. No entanto, o corante não fixado, que permanece no banho após o tingimento, pode ser um problema devido à carga de iões metálicos presentes no banho residual. Durante o tingimento, é necessário o uso de auxiliares, como igualizadores, eletrólitos e ácidos, e um controlo constante da temperatura e do pH [18,28].

- Corantes Dispersos

Estes corantes não iónicos apresentam, na sua grande maioria, estruturas azo e baixo peso molecular. São insolúveis em água à temperatura ambiente e, a temperaturas mais elevadas, apresentam uma solubilidade limitada. Habitualmente, são utilizados no tingimento de fibras sintéticas (hidrofóbicas), a partir de uma dispersão aquosa, sendo necessário um agente dispersante para facilitar o processo. Embora possam ser aplicados em várias fibras sintéticas (nylon, fibras acrílicas, etc), estes corantes apresentam melhores resultados a nível de solidez nas fibras de poliéster, sendo aplicados essencialmente neste substrato. No entanto, também apresentam algumas desvantagens como a necessidade de utilizar “carriers” e temperaturas de tingimento elevadas. Estes corantes podem ligar-se à fibra através de ligações iónicas, pontes de hidrogénio, ligações covalentes ou ligações de Van der Waals [18,38].

- Corantes Diretos

Os corantes diretos são compostos aniónicos e caracterizam-se pela sua solubilidade em água, tendo especial afinidade com fibras celulósicas. No entanto também podem tingir fibras proteicas. Apesar de serem semelhantes aos corantes ácidos, estes apresentam um peso molecular mais elevado e estruturas moleculares mais extensas. O grupo azo é o grupo predominante nos cromóforos nesta categoria de corante. É necessário a adição gradual de um eletrólito (cloreto ou sulfato de sódio) no banho, pois este promove o tingimento, dado que facilita a aproximação do corante à fibra. A principal desvantagem é a fraca solidez à lavagem [18,28,38].

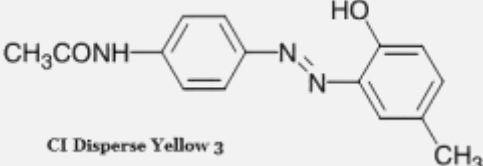
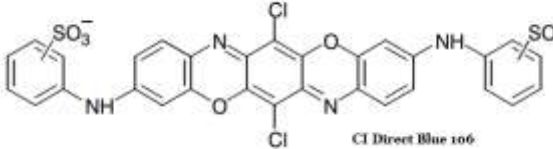
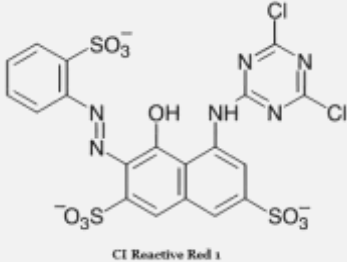
- Corantes Reativos

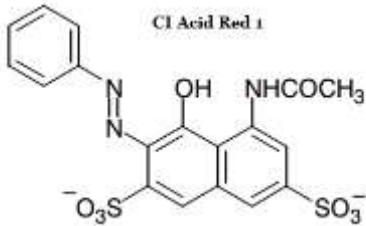
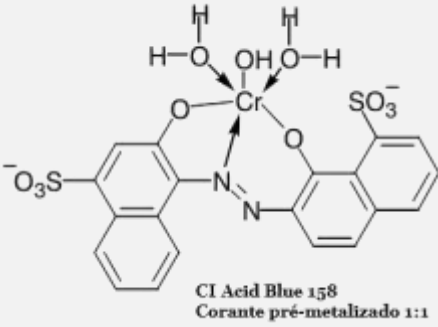
Os corantes reativos são usados para tingir fibras celulósicas, assim como uma pequena percentagem de fibras de seda e de lã. Contêm um grupo reativo que permite formar ligações covalentes com os grupos hidroxilos (-OH) das fibras celulósicas e com os grupos amina (-NH₂) ou tiol (-SH) das fibras proteicas. Existe uma grande variedade de corantes reativos, sendo os principais grupos cromóforos os grupos azo e

antraquinona. Uma das desvantagens destes corantes é a capacidade de reagir com as moléculas de água, dando origem a corante hidrolisado que posteriormente pode causar problemas a nível de solidez. Os corantes reativos tornaram-se muito populares devido à sua elevada solidez à luz e à lavagem, elevado brilho e uma vasta gama de tonalidades [18,38,40].

A Tabela 2 apresenta um resumo da classificação de corantes de acordo com o substrato onde cada um é aplicado.

Tabela 2: Classificação de corantes com base na sua aplicação. Adaptado de [38,40].

Categoria de corante	Exemplo de Estrutura Química	Principais substratos	Características
Corantes Dispersos	 <p>CI Disperse Yellow 3</p>	Poliéster, poliamida, acrílico e acetato	São os mais adequados para tingir as fibras de PET
Corantes Diretos	 <p>CI Direct Blue 106</p>	Algodão, nylon, poliamida e viscose	São relativamente baratos e estão disponíveis numa vasta gama de tonalidades
Corantes Reativos	 <p>CI Reactive Red 1</p>	Algodão, lã, seda e nylon	Podem tingir no intervalo de temperatura entre 50°C a 80°C

Categoria de corante	Exemplo de Estrutura Química	Principais substratos	Características
Corantes Ácidos	 <p>CI Acid Red 1</p>	Nylon, lã, e seda	O grau de solidez da cor varia diretamente com o tamanho da molécula do corante
Corantes Pré-Metalizados	 <p>CI Acid Blue 158 Corante pré-metalizado 1:1</p>	Lã, seda e nylon	São corantes ácidos que possuem sítios quelantes para permitir a sua combinação com átomos de metal

3.2.3. Produtos Auxiliares

A indústria têxtil consome uma grande quantidade de produtos químicos auxiliares, sendo a maior parte produtos químicos orgânicos complexos, como detergentes, agentes molhantes, agentes de dispersão, amaciadores, entre outros. São utilizados não só na tinturaria, mas também na preparação dos tecidos, pré-tratamentos e acabamentos. Na etapa do tingimento, estes têm como finalidade promover o esgotamento dos corantes e a igualização dos tingimentos. É necessário escolher os produtos auxiliares para cada processo de acordo com o tipo de fibra a tingir e a quantidade, e o tipo de tingimento. [18,32,41]. Na tabela 3 estão apresentados alguns produtos auxiliares e a sua respetiva função.

Tabela 3: Alguns produtos auxiliares e a sua função, respetivamente [18,32,41].

Produto auxiliar	Função
Molhante	Homogeneiza e torna o tecido mais hidrofílico evitando manchas, permitindo um tingimento mais uniforme
Antiespuma	Evita a formação de espuma em equipamentos de alta agitação

Produto auxiliar	Função
Sequestrante	Este produto aniónico forma um complexo com os iões metálicos presentes na água e evita que estes formem agregados com os corantes e, conseqüentemente, resulte numa falta de reprodutibilidade por diminuição da concentração de corante.
Igualizador	Ajuda a distribuir o corante pela fibra de forma a promover um tingimento uniforme, podendo ser de vários caracteres iónicos
Carrier ou transportador	Permite uma elevada difusão do corante para o interior de uma fibra altamente cristalina. Normalmente utilizados em tingimentos entre 100°C-120°C. Apresentam um carácter não-iónico.
Dispersante	Usado para dispersar corantes não solúveis em água. Tem um carácter aniónico e apresenta boas propriedades de igualização.
Agente Tampão	Tamponiza o banho de tingimento e permite o ajuste e controlo do pH pretendido. Neutraliza a alcalinidade de tratamentos prévios ou posteriores ao tingimento
Sais	Ajuda no processo de difusão do corante, aumentando a força iónica do meio; diminui a quantidade de corante residual na solução após o tingimento
Antifeltrante	Devido à utilização de elevadas temperaturas, é necessário um agente que previna a feltragem da lã. Este é ligeiramente aniónico.
Agentes protetores	Previne ou reduz danos nas fibras durante os tingimentos a temperaturas elevadas. Este produto apresenta um carácter aniónico.

3.2.4. Tingimento

De um modo geral, o processo de tingimento têxtil consiste na introdução de matéria têxtil numa solução aquosa que contém corantes, à qual também se adicionam produtos auxiliares [44]. A esta solução dá-se o nome de banho de tingimento, sendo necessário que as seguintes fases se cumpram [13,43]:

- Difusão do corante, inicialmente no banho, até à superfície da fibra;
- Formação de uma camada de corante à superfície da fibra (adsorção);
- Difusão ou deslocação do corante para o interior das fibras até encontrar um sítio capaz de o fixar;
- Ligação ou fixação do corante à fibra em sítios ou locais específicos.

Um material tinto resulta de uma transferência progressiva do corante para o substrato até atingir um equilíbrio. É importante ter em consideração as diferentes variáveis envolvidas no processo como a natureza da fibra e do corante, e as suas interações, a temperatura, o pH e os produtos auxiliares utilizados, pois todos estes fatores influenciam o processo de tingimento [44].

A água também é um fator de grande importância. Esta deve ser isenta de sólidos suspensos e iões metálicos, que dariam origem a tingimentos não uniformes, ter um pH de aproximadamente 7 e ser livre de substâncias que produzam espumas e odores indesejados. Em alguns casos, é necessário ainda alguns tratamentos prévios como a filtração e a redução da dureza da água [19].

Como mencionado em secções anteriores, as fibras têxteis apresentam diferentes características. Assim, a matéria a tingir pode estar sob a forma de rama, fio ou tecido. Dependendo da matéria-prima, o tingimento requer a utilização de equipamentos com características diferentes [19]. Outro aspeto importante é a cristalinidade das fibras. As zonas amorfas apresentam espaços livre da fibra, permitindo, desta forma, a penetração do corante. Logicamente que este processo é mais complexo, pois basta que as moléculas de corantes estejam aglomeradas para impossibilitar a penetração nas fibras. É neste momento que a natureza química da fibra utilizada se torna importante para o tingimento [19]. As ligações intermoleculares são importantes para fornecer a resistência necessária às fibras, bem como para a fixação de moléculas de corante na sua estrutura. Assim, existem 4 tipos de forças que se podem estabelecer sendo estas forças de Van der Waals, pontes de hidrogénio, forças iónicas e forças covalentes [15,18].

Esta etapa não deve ser nem demasiado lenta nem demasiado rápida. Um tingimento mais lento implica tempos de tingimento extensos, aumentando o risco de danos nas fibras e de degradação do corante, especialmente a temperaturas mais elevadas. Um tingimento mais rápido, por outro lado, resulta frequentemente numa cor não uniforme [19].

Existem dois métodos de tingimento, que são o tingimento por esgotamento (processo descontínuo) e tingimento por impregnação (processo contínuo).

- Tingimento por esgotamento (processo descontínuo)

Neste método, o material têxtil encontra-se constantemente em contacto com o banho de tingimento durante algumas horas. Por esta razão, caso seja necessário, é possível a correção em tingimentos não uniformes. O corante, que se encontra dissolvido ou disperso no banho, migra para a fibra têxtil, por ação das forças intermoleculares existentes entre corante-fibra. A fibra vai absorvendo gradualmente o corante ao longo do processo, até atingir um equilíbrio em que a concentração de corante no banho seja, idealmente, igual à concentração de corante que penetrou na fibra [18,28,44].

É necessário o controlo de alguns parâmetros que determinam o desempenho do tingimento, sendo estes os seguintes [46]:

- Razão de banho, que é a razão entre a massa de fibra têxtil (kg) a ser tingida pelo volume (L) de banho usado. Por motivos ambientais, o grande objetivo é alcançar a menor razão de banho possível em função da especificidade do material e do processo em causa;
- Tipos de corantes e auxiliares de tingimento;
- Agitação, gradiente de temperatura e pH;
- Grau de esgotamento do corante.

Este processo é mais adequado para tingimentos de lotes com metragens menores ou no caso de haver pouca produção. Também apresenta desvantagens como a necessidade de utilizar mais água e energia, quando comparado com outros métodos [46].

- Tingimento por impregnação seguida de fixação de corante (processo contínuo)

Neste processo, o tingimento e a fixação do corante ocorrem de forma contínua, em etapas consecutivas, sendo que se aplica primeiro o corante, depois ocorre a fixação e, finalmente, uma lavagem. O objetivo é passar a matéria-prima pelo banho de tingimento, que apresenta um volume reduzido. O tempo em que o material está em contacto com o banho normalmente é curto. Assim sendo, o material a tingir deve ser bastante absorvente e passar por pré-tratamentos que facilitem este processo. Posteriormente, a fibra passa entre dois cilindros que exercem uma determinada pressão, de forma a retirar o excesso de banho e a distribuir o corante uniformemente. Ao contrário do método anterior, neste tingimento não é possível realizar correções, daí a importância da uniformidade do tingimento. Após o tingimento, é necessária a fixação do corante por meio de produtos químicos, ar quente e seco, ou vapor superaquecido [18,28,44].

Assim como no método anterior, é necessário controlar alguns parâmetros, durante o processo [18,40]:

- A pressão aplicada nos cilindros;
- Hidrofilicidade do material;
- Afinidade do corante à fibra;
- Composição do banho de tingimento.

Este processo é indicado para lotes com maior quantidade de tecido ou grandes produções. Tendo em conta que é um processo que ocorre de forma contínua, existe a

possibilidade de o tecido ficar com imperfeições ou manchado, por ficar demasiado tempo na máquina, caso um dos equipamentos tenha uma avaria [46,47].

A última etapa de qualquer processo de tingimento é o ensaboamento que consiste numa lavagem que retira o excesso de corante, eliminando o corante não fixado na fibra e evitando que este se liberte posteriormente, em contacto com suor ou durante o uso da roupa pelo consumidor [33].

3.3. Sustentabilidade

Um dos problemas que acompanha de perto o sector têxtil são as preocupações ambientais que resultam desta atividade. Apesar do crescimento económico que a produção e o consumo de produtos têxteis proporcionaram, houve, igualmente, um aumento do consumo de água, de energia e de emissão de poluentes químicos e de gases de efeito de estufa (GEE), para o meio ambiente [6,10]. A Figura 10 representa todas as etapas do processo têxtil e os principais impactos ambientais que estas podem causar.



Figura 10: Etapas do processo têxtil e os respetivos impactos ambientais [12]

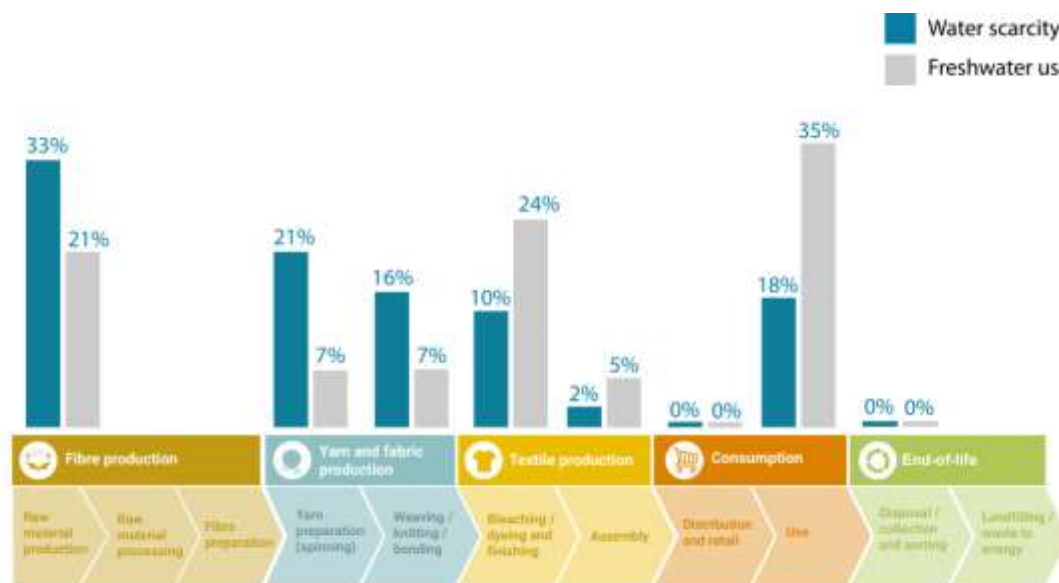
(A) – Cultivo de fibras naturais; (B) – Produção de fibras químicas; (C) – Processo de fição; (D) – Processo de tecelagem; (E) – Processo de tricotagem; (F) – Processo de enobrecimento; (G e H) – Processo de corte e costura; (I) – Processo de envio e entrega; (J) – Comercio por grosso e a retalho; (K) – Consumidor final

O sector está a trabalhar para resolver o seu impacto na tripla crise global das alterações climáticas, da perda de recursos naturais e da poluição. Num estudo publicado no ano de 2023, estimam que a indústria têxtil seja responsável por 2-8% das emissões globais de gases com efeito de estufa, consumindo o equivalente a 86 milhões de piscinas olímpicas de água e contribuindo anualmente para 9% da contaminação por microplásticos nos nossos oceanos. A indústria têxtil tem consequências sociais significativas, incluindo exploração, pagamento insuficiente, trabalho forçado, problemas de saúde e abusos para os trabalhadores. As mulheres representam 68% da mão de obra no sector do vestuário e 45% do emprego no sector têxtil [48].

3.3.1. Impactos ambientais

3.3.1.1. Consumo de água

A utilização de água potável é necessária desde o cultivo da fibra até as últimas etapas do fabrico de um produto têxtil. A Figura 11 ilustra o consumo deste recurso ao longo da cadeia de produção. Em 2020, estima-se que foram consumidos 4024 milhões m³ de água (9 m³ por pessoa), sendo o setor que mais gasta depois do setor alimentar e cultural, respetivamente [4]. Dependendo do tipo de fibra, das características da área de cultivo, das condições meteorológicas e da localização geográfica, para a produção de 1 kg de fibra são consumidos cerca de 4600 litros de água e para obter 1 kg de produto têxtil são necessários 200 a 400 litros de água, aproximadamente [12]. É importante referir que os valores aqui mencionados podem variar consoante as técnicas utilizadas ou outros fatores.



Source: UNEP (2020). Sustainability and Circularity in the Textile Value Chain: Global Stocktaking. (NB data is from previous UNEP report and is out of scope for this study. For details on methodology and limitations please refer to UNEP 2020.)

Figura 11: Consumo de água ao longo da cadeia de produção têxtil. Adaptado de [48].

3.3.1.2. Emissões de Gases com Efeito de Estufa

O consumo de têxteis na UE, em 2020, geraram cerca de 270 kg de emissões de CO₂ equivalente por pessoa, resultando em cerca de 121 milhões de toneladas de emissões de GEE's. A Figura 12 ilustra a quantidade de emissões libertadas para a atmosfera durante a produção de artigos têxteis. Para além disto, os produtos têxteis, no seu fim de vida, são geralmente incinerados ou depositados em aterros. Em 2017, apenas 1% dos produtos têxteis foram reciclados e transformados em novos produtos [4,7].

O tipo de fibra utilizada nas peças de vestuário, dependendo da sua origem, pode agravar ainda mais este problema. A utilização de fibras sintéticas é cada vez mais usual, especialmente o poliéster. No entanto, na produção de uma simples t-shirt de poliéster são emitidos cerca de 5,5 kg de CO₂, mais 3,4 kg de CO₂ do que na produção de uma t-shirt de algodão. Isto deve-se ao facto de a síntese desta fibra englobar processos que consomem muita energia e combustíveis fósseis, contribuindo, desta forma, para as alterações climáticas. Adicionalmente a estes procedimentos, são gerados compostos orgânicos voláteis (COV), matéria particulada (PM) e gases, como o ácido clorídrico, podendo originar doenças respiratórias [2,10].

Vários projetos, incluindo *Fashion Industry Charter for Climate Action* e *The Fashion Pact*, visam atingir emissões líquidas nulas até 2050, isto é, a quantidade de GEE's removidos da atmosfera é pelo menos igual à quantidade emitida. Pretendem atingir estes objetivos através da utilização de energias renováveis, ou de uma redução nas emissões de GEE's de, no mínimo, 50%, até 2030, entre outros objetivos [48].



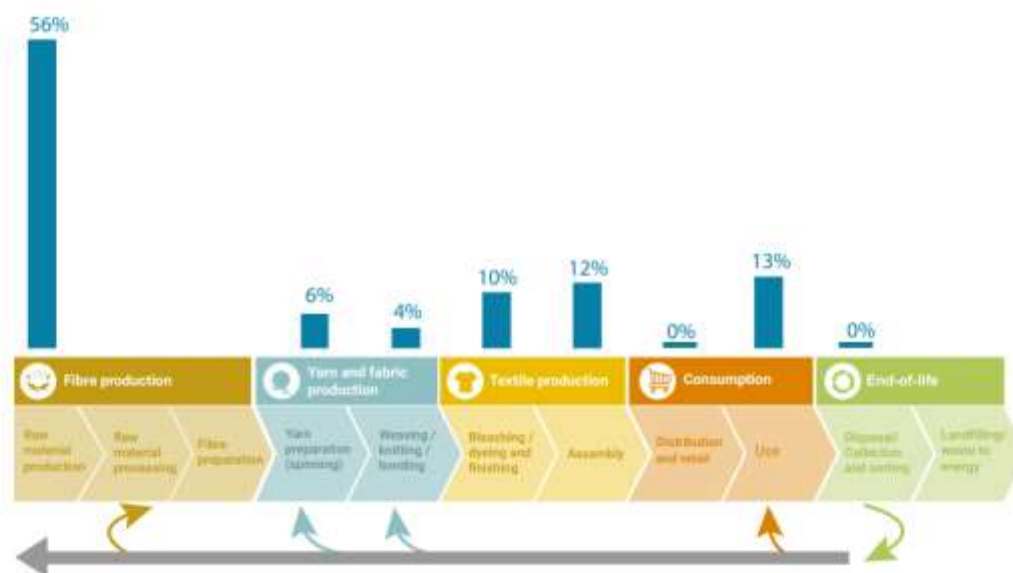
Figura 12: Emissões de Gases de Efeito de Estufa ao longo da cadeia de produção têxtil. Adaptado de [48].

3.3.1.3. Perda de Biodiversidade

A perda de biodiversidade está a atingir níveis perigosos. As pressões exercidas pela indústria e pela agricultura sobre a utilização dos solos, os recursos de água doce e os oceanos podem gerar perdas de ecossistemas, espécies e serviços ecossistémicos que sustentam a vida humana. A indústria têxtil pode ter impactos significativos no uso do solo durante a produção de matérias-primas, e grande parte da produção de fibras têxteis e do processamento têxtil pode poluir e esgotar os recursos de água doce e afetar os oceanos através da poluição, das microfibras e da navegação [48].

Relativamente ao uso dos solos, com a necessidade de produzir cada vez mais também cresceu a produção em grande escala de fibras, em particular, fibras naturais. A procura por matérias-primas mais sustentáveis originou um cultivo excessivo de fibras, como a viscose ou algodão, dando origem à desflorestação ou práticas florestais inadequadas de vastas áreas. Desde 1990, cerca de 420 milhões de hectares de floresta foram eliminados assim como a fauna e flora presentes nestas áreas [10,11,47]. A Figura 13 representa o uso deste recurso.

Algumas empresas comprometeram-se a atingir objetivos como apoiar a desflorestação zero e a gestão sustentável das florestas até 2025 e participar no desenvolvimento e implementação de novas estratégias baseados na ciência para a natureza [48].



Source: UNEP (2020). Sustainability and Circularity in the Textile Value Chain: Global Stocktaking. (NB data is from previous UNEP report and is out of scope for this study. For details on the methodology and limitations, please refer to UNEP 2020.)

Figura 13: Impacto do uso dos solos ao longo da cadeia de produção têxtil. Adaptado de [48].

3.3.1.4. Resíduos e efluentes gerados

Uma das principais consequências da indústria têxtil são os resíduos não-biodegradáveis, maioritariamente o plástico e os efluentes gerados ao longo de toda a cadeia têxtil.

O plástico tornou-se um produto essencial no dia-a-dia da população mundial pela sua versatilidade, propriedades únicas e múltiplas utilizações. Contudo, o recurso constante a este polímero causou uma profunda poluição devido, principalmente, à forma incorreta de o descartar, sendo o ecossistema marinho o principal afetado [11, 34, 48]. Segundo [50], os resíduos plásticos representam cerca de 80% da poluição marítima. Desta forma, podemos definir microplásticos como pequenas partículas, ou fragmentos, provenientes de plástico. Estas, com um diâmetro inferior a 5 mm, são constantemente libertadas para o meio ambiente [51,52].

É evidente que, ao longo do seu ciclo de vida, as fibras têxteis vão se deteriorando, seja durante o processo de fabrico ou, posteriormente, durante as várias lavagens a que são submetidas, dando assim origem a microfibras. A principal preocupação é a origem destas fibras. Caso sejam de origem natural não apresentam qualquer perigo, uma vez que são biodegradáveis. Contudo, se a fibra for de origem sintética, estas microfibras que se vão libertando são microplásticos. Neste sentido, a indústria têxtil é uma das principais causas de contaminação por microplásticos nos oceanos [49–51].

Segundo alguns estudos [49, 52], o principal veículo de transporte destes fragmentos de plástico são as águas residuais que, quando descartadas de forma incorreta, acabam por chegar aos oceanos. Apesar do ecossistema marítimo ser o mais prejudicado, estes fragmentos de plástico também se podem difundir no ar, assim como no solo [49,53]. Para além do meio ambiente, os microplásticos também têm um impacto bastante negativo na saúde humana. Tal como o plástico vulgar, não se degradam nem a curto nem a longo prazo e, desta forma, vão se acumulando, entrando na cadeia alimentar [51,53].

Adicionalmente aos microplásticos, os efluentes provenientes da indústria têxtil também apresentam elevadas concentrações de produtos químicos prejudiciais. As fibras passam por inúmeros processos em que são utilizados químicos com o objetivo de melhorar a qualidade final do produto. Deste modo, para além do consumo exagerado de água, como mencionado em secções anteriores, este escasso recurso hídrico ainda é usado como solvente de produtos auxiliares e corantes, e nos processos de tingimento e acabamento [12,56]. Segundo estatísticas recentes [7], estima-se que a Indústria Têxtil seja responsável por cerca de 20% da poluição global de água potável, devido às etapas mencionadas. Desta forma, a Indústria Têxtil encontra-se no top 10 das indústrias que

mais água consomem, levando à produção de grandes quantidades de efluentes e, conseqüentemente, a uma elevada poluição [12].

Nos dias de hoje, o setor têxtil tem-se focado no desenvolvimento de melhores práticas, como um maior controlo na utilização dos produtos químicos, tratamentos mais eficazes das águas residuais e, a longo prazo, eliminação destes compostos prejudiciais da cadeia de produção têxtil [48].

3.3.2. Economia Circular

Para reduzir os impactos do setor têxtil no ambiente e, conseqüentemente, nas alterações climáticas, a mudança para um modelo de negócio circular é fundamental, de forma a poupar em matérias-primas, energia, consumo de água, emissões e resíduos [4]. Segundo a UNEP (United Nations Environment Programme), a “circularidade fornece um modelo para transformar o atual modelo econômico têxtil linear num futuro sustentável” [48]. Este modelo permite uma qualidade superior do produto final, assim como períodos de vida mais longos, uma utilização mais eficiente dos materiais e uma melhor reciclagem. Devem ter como prioridade o prolongamento da vida útil do produto têxtil, embora sejam também fundamentais a reciclagem e a reutilização de materiais [4].

Desta forma, segundo o relatório da UNEP [48], os objetivos para alcançar a circularidade nas indústrias têxteis baseiam-se nos seguintes pontos:

- A cadeia de valor têxtil deve atingir emissões líquidas nulas (o que significa que a quantidade de GEE removida da atmosfera é pelo menos igual à quantidade emitida);
- Minimizar a utilização de água doce e eliminar a poluição da água;
- A biodiversidade atingir um saldo líquido positivo;
- Investir todos os anos 30 mil milhões de dólares na transição para têxteis circulares e sustentáveis.

Para atingir estes objetivos é necessário o investimento das indústrias em infraestruturas, a existência de uma mudança nos padrões de consumo e uma otimização de práticas e comportamentos dos processos existentes [48].

3.3.3. Tingimentos sustentáveis

À medida que aumenta a consciencialização em relação à proteção ambiental e as preocupações com a saúde, os produtos derivados de recursos biológicos, que não são tóxicos para o ambiente, estão a ter cada vez mais relevância em diversas áreas. Os corantes naturais e a matéria-prima reciclada surgem como alternativas sustentáveis na área da "Química Verde" [37,56].

Em comparação com os corantes sintéticos, os corantes de origem natural oferecem diversas vantagens, como tingimentos a baixas temperaturas, a ausência de produtos químicos nocivos, propriedades antibacterianas e antifúngicas, são biodegradáveis e apresentam um processamento mais sustentável, promovendo, conseqüentemente, uma agricultura mais sustentável. É importante notar que também apresentam desvantagens, como custos potencialmente mais elevados, baixa reprodutibilidade e tingimentos com solidez inferiores [37,56].

As iniciativas e tecnologias de reciclagem de têxteis estão a crescer rapidamente, sendo este processo semelhante à reciclagem de plásticos vulgares. Desta forma, a reciclagem de fibras sintéticas, como o poliéster e a poliamida, proporcionam diversas vantagens ambientais e económicas, que contribuem para a sustentabilidade na indústria têxtil. A reciclagem destes materiais requer menos energia e, conseqüentemente, menor emissão de GEE's para a atmosfera; promovem uma economia circular e as fibras conseguem manter as suas propriedades originais, como alta resistência e durabilidade [58].

3.3.4. Certificações

As certificações ambientais são uma mais-valia para as empresas, refletindo as preocupações relativamente ao meio ambiente. Este compromisso é uma forma de responsabilidade social, reconhecido pelo consumidor, por fornecedores e parceiros internacionais. Assim, serão abordadas algumas das certificações mais comuns e implementadas na FITECOM:

- Oeko-Tex®

A certificação Oeko-Tex® garante que os tecidos utilizados são ecológicos, desde a matéria-prima até ao produto acabado, passando por todos os produtos intervenientes no processo de produção. Com esta certificação, o consumidor tem a garantia de que estes produtos não apresentam quaisquer substâncias nocivas para a saúde do ser humano nem para o ambiente [59].

- REACH

O REACH é uma legislação da UE promulgada para melhorar a proteção da saúde humana e do meio ambiente contra os perigos apresentados pelos produtos químicos, contribuindo simultaneamente para reforçar a competitividade do sector químico da UE. A fim de reduzir o número de ensaios em animais, esta certificação incentiva outras formas de testar produtos químicos [60].

- GRS

A Global Recycled Standard (GRS) é uma certificação internacional de toda a cadeia de valor e de produtos têxteis, com produtos reciclados e obtidos de forma ambientalmente e socialmente responsável. O GRS tem como objetivo promover a utilização de materiais reciclados, minimizando o impacto ambiental [61].

- RWS

O Responsible Wool Standard (RWS) é uma certificação da cadeia de valor e de produtos têxteis que sejam constituídos por fibras de lã provenientes de quintas certificadas, centrando-se no bem-estar dos animais e conhecida como lã responsável [62].

- ZDHC

A certificação ZDHC (*Zero Discharge of Chemical Substances*), significa Zero Descarga Produtos Químicos Perigosos, que é uma organização dedicada à eliminação de produtos químicos perigosos, à implementação de produtos químicos sustentáveis nos setores de couro, têxteis e sintéticos, e garantir que os efluentes sejam devidamente tratados. É constituída por um programa de certificação e testes com o objetivo de ajudar as empresas a gerir a sua cadeia de abastecimento para reduzir a quantidade de produtos químicos perigosos que são descarregados através das águas residuais: efluente.

A Fundação ZDHC é uma organização multissetorial composta por marcas, fabricantes, fornecedores de produtos químicos e fornecedores de soluções que trabalham em colaboração para implementar uma gestão química responsável em toda a indústria global da moda e têxtil para desintoxicar as cadeias de abastecimento e proteger os trabalhadores, os consumidores e o nosso planeta.[63].

- *Proposition 65*

A *Proposition 65* tornou-se lei em novembro de 1986, quando os eleitores da Califórnia a aprovaram por uma margem de 63-37 por cento. O nome oficial da *Proposition 65* é Lei de Água Potável Segura e Repressão a Tóxicos de 1986.

O “Office of Environmental Health Hazard Assessment” (OEHHA) administra o programa da Proposição 65. A OEHHA, que faz parte da Agência de Proteção Ambiental da Califórnia (CalEPA), determina em muitos casos se os produtos químicos atendem aos requisitos científicos e legais para serem colocados na lista da *Proposition 65* e administra os regulamentos que regem os avisos e outros aspetos da *Proposition 65*.

A *Proposition 65* também proíbe as empresas da Califórnia de descarregar conscientemente quantidades significativas de produtos químicos listados em fontes de água potável e exige que a Califórnia publique uma lista de produtos químicos conhecidos por causar cancro, defeitos congênicos ou outros danos reprodutivos. Esta lista, que deve ser atualizada pelo menos uma vez por ano, cresceu e inclui aproximadamente 900 produtos químicos desde que foi publicada pela primeira vez em 1987

O cumprimento da *Proposition 65* exige que as empresas forneçam avisos sobre a exposição significativa a substâncias químicas que possam causar cancro, defeitos congênicos ou outros danos reprodutivos. Ao exigir esta informação, a Proposta 65 permite que os cidadãos tomem decisões informadas sobre a exposição a substâncias nocivas [64].

4.Trabalho Experimental

Neste capítulo será abordado todo o trabalho realizado na secção de tinturaria da empresa, em particular os processos realizados no laboratório de tinturaria, e os testes de solidez realizados no laboratório de controlo de qualidade. É de notar que a tinturaria e o laboratório estão dependentes um do outro, para que haja maior eficiência e reprodutibilidade. Na Figura 14 é possível observar o fluxograma das principais operações e procedimentos realizados nesta secção.

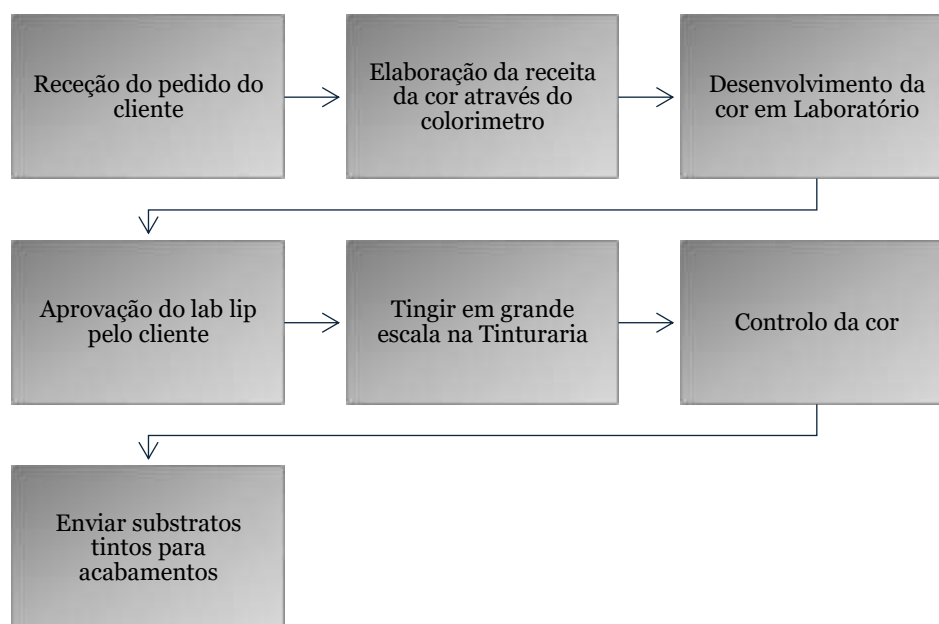


Figura 14: Esquema das operações realizadas na secção de Tinturaria.

4.1. Laboratório de Tinturaria

Nesta secção são abordadas as diferentes atividades realizadas ao longo do estágio, desde o processo de desenvolvimento de cores novas e ensaios de reprodutibilidade em diferentes lotes de substrato, até aos diversos processos de tingimentos efetuados.

4.1.1. Equipamentos disponíveis no laboratório

Na realização dos ensaios e, posteriormente, na sua análise são utilizados equipamentos que facilitam o seu desenvolvimento.

As máquinas de tingimento laboratorial, com um processo de funcionamento muito semelhante aos equipamentos da produção, permitem um tingimento preciso de diversos substratos com uma elevada reprodutibilidade laboratório/produção. São máquinas que permitem instalar programas de processos de tinturaria, possibilitando o

tingimento de diversos substratos com um controlo muito preciso de todos os parâmetros do processo de tingimento.

O espectrofotómetro permite por um lado o controlo de qualidade da cor, relativamente ao padrão de cor, e por outro a formulação da receita de tingimento para obtenção da mesma.

4.1.2. Estudo de cores novas

Para iniciar o desenvolvimento de cores novas é necessário ter em consideração dois aspetos: o tipo e caracterização do substrato e o padrão de cor, para onde vai ser efetuado o desenvolvimento da mesma.

Os substratos em branco chegam ao laboratório da tinturaria, para desenvolvimento da cor, já devidamente preparados. No caso dos tecidos, a preparação é efetuada na secção de ultimação, passando pelos processos de lavagem e secagem; termofixação, no caso de terem poliéster e/ou lycra na sua composição; e, eventualmente, outras operações como batanagem e *crabing* conforme a sua estrutura, composição e o objetivo final de acabamento para o tecido. No caso das ramas e dos fios, os mesmos já foram comprados ou já foram produzidos com as preparações necessárias.

Com base na composição do substrato e no padrão de cor, vai-se formular a receita para se reproduzir à escala laboratorial. A cor pretendida pode já existir no cartaz de cores da empresa e vai servir de base à formulação da mesma num diferente substrato; ou a cor vai ser formulada através do padrão de cor enviado pelo do cliente. O padrão de cor enviado pode ser obtido através de uma amostra física de material, de coordenadas colorimétricas da cor ou de uma referência de Pantone®, do qual é possível retirar as coordenadas colorimétricas com auxílio de um instrumento designado por *capsure* da Pantone®. Para além da escolha da cor, o cliente pode enviar informações adicionais sobre acabamentos funcionais a aplicar, e nestes casos é necessário ter em conta essa informação por forma a desenvolver a cor corretamente.

Para iniciar o desenvolvimento de uma nova cor é necessário o auxílio de equipamentos e softwares apropriados, como o espectrofotómetro e a máquina de tingir laboratorial. O espectrofotómetro está equipado com um software que permite, por um lado, fazer o controlo colorimétrico de amostras e, por outro, a formulação das mesmas. No espectrofotómetro, é lida a amostra física enviada pelo cliente ou são introduzidas as coordenadas colorimétricas do padrão. Para além disto, é lido o substrato a tingir, introduzindo a composição fibrosa do mesmo e são selecionados os corantes mais

adequados para a formulação da receita. O programa disponibiliza várias possibilidades de receita, com diferentes combinações de corantes. Para a seleção da receita mais adequada, é necessário ter em conta o metamerismo, as solidez e os custos associados. A receita selecionada é impressa e reajustada com todos os dados necessários para tingir à escala de laboratório, consoante a quantidade de substrato a tingir.

Para a execução dos banhos de tingimento, é pesada a quantidade de corantes e produtos auxiliares referida na receita e ambos são dissolvidos em conformidade com as especificações da ficha técnica do mesmo. Normalmente, o substrato (amostra a tingir) tem cerca de 10g e deve ser numerada, de acordo com o respetivo ensaio, com um marcador próprio para têxteis (exceto no caso de fios e ramas). Mediante a razão de banho a utilizar, o banho de tingimento e a amostra a tingir são colocados dentro de um pote de inox. As máquinas de tingir da FITECOM têm 15 potes de 300 mL e todos estão identificados com um número. Depois de se colocar a tampa no pote e de se ter registado, na receita de tingimento, o número do mesmo, este é colocado dentro da máquina, no respetivo suporte. Na máquina de tingir é selecionado o programa de tingimento, tendo em conta a temperatura, o gradiente e o tempo de tingimento. Um dos parâmetros mais importantes no processo de tingimento é o controlo do valor do pH, no início, ao fim de 10 min de tingimento e no final, para assegurar que o pH do banho está correto e que não teve oscilações durante o processo de tingimento. Após o tingimento, numa grande maioria das cores, são feitos tratamentos por forma a melhorar as solidez finais. Finalmente, as amostras são devidamente enxaguadas e secas numa estufa apropriada. Estas são controladas colorimetricamente e analisadas visualmente.

No caso de a cor não estar de acordo com o pretendido, são realizados novos ensaios com as devidas correções, auxiliadas pelo espectrofotómetro. Caso a amostra esteja em conformidade com o desejado, esta é enviada para a ultimação para ser acabada e, posteriormente, enviada ao laboratório de qualidade. Aqui irão ser analisadas as solidez da cor, de modo a controlar a qualidade do produto. Posteriormente, se esta tiver em conformidade com o solicitado, é elaborada uma ficha de aprovação da cor, com as possíveis amostras, e é enviada ao cliente para seleção e aprovação.

Após a aprovação, a cor selecionada passa a padrão, tendo sempre como base a amostra do cliente. É iniciado o processo, à escala de produção, em conformidade com a encomenda, quantidade e prazo de entrega. Antes de iniciar o tingimento na produção, se o substrato da encomenda for diferente do lote da amostra onde foi efetuado o desenvolvimento de cor, é necessário proceder a ensaios de análise da reprodutibilidade da receita e ao seu reajuste, se necessário.

Os ensaios de análise da reprodutibilidade da receita são executados antes de iniciar o tingimento na produção, sendo efetuados num pote de 5000 mL com amostras de 100g. O objetivo destas condições é ter uma amostra tinta suficientemente grande para ser submetida aos processos de acabamento e garantir uma reprodutibilidade de cor com o mínimo desvio possível.

Após a aprovação de cor no laboratório, a mesma é tinta na produção, onde é realizado o mesmo processo de tingimento e a receita reajustada à quantidade de substrato a tingir. Ao longo do processo, são retiradas pequenas amostras de forma a controlar a cor. Devido a vários fatores, como a diferença entre equipamentos e eventuais erros humanos, é possível que a receita de laboratório não seja, numa primeira instância, bem-sucedida na produção e que necessite de uma correção antes de finalizar o processo de tingimento.

4.1.3. Ensaios de comparação de substratos

As alterações de lote de substrato implicam a necessidade de realizar ensaios de reprodutibilidade da receita em diferentes substratos. As alterações podem dever-se a:

- Mudança do fornecedor da matéria-prima base;
- Apesar de ser o mesmo fornecedor, apresentar um lote diferente de matéria-prima base;
- Apesar do mesmo lote, a preparação da matéria-prima base ser realizada numa altura diferente.

Com a receita inicial, é preparado um banho de tingimento em que se testa o novo substrato e o anterior, de modo a ser realizada uma análise de comparação e, caso necessário, os devidos ajustes para o novo substrato.

4.1.4. Estudo da influência da razão de banho na cor final em diferentes substratos

Em determinadas misturas de fibras, dependendo do tipo de corantes a usar, a alteração da razão de banho pode ter uma maior ou menor influência na cor final. No caso particular da mistura Poliéster/Lã, a razão de banho não tem grande influência. Mas nas misturas Poliéster/Celulósicas, a alteração da razão de banho tem implicações significativas na cor, sendo necessário o ajuste das concentrações de corantes e auxiliares em conformidade com as diretrizes da literatura do fornecedor de corantes. Assim sendo, neste tipo de misturas é necessário efetuar ensaios de reprodutibilidade de receita, sempre que há alterações na razão de banho.

4.1.5. Processos de Tingimento

Nesta secção são referidos os processos realizados na empresa, de uma forma mais detalhada. É necessário um conhecimento prévio dos corantes e produtos auxiliares mais adequados para usar em cada método de tingimento, consoante as fibras utilizadas. Após cada tingimento, a cor é analisada conforme descrito na secção anterior.

- 100% Poliéster

Por ser uma fibra com um elevado grau de cristalinidade e uma estrutura muito compacta, requer temperaturas de tingimento mais elevada, idealmente a 130 °C. Caso sejam utilizadas temperaturas inferiores, é necessário o uso de transportadores também conhecidos como “carriers”. O tingimento ocorre a uma temperatura de 130 °C, durante 30 a 60 minutos, mediante a concentração de corante. A gama dos corantes dispersos é a mais adequada para tingir esta fibras. Desta forma, são necessários os seguintes produtos auxiliares:

- Agente dispersante
- Igualizador
- Agente tampão
- Molhante
- Sequestrante

Assim, conforme demonstra o Gráfico 1, o banho de tingimento, que se encontra à temperatura ambiente (cerca de 25 °C), é composto apenas por os produtos auxiliares (A) e pelo substrato a tingir. Após 10 min, são adicionados os respetivos corantes (B) e, de seguida, a temperatura sobe para os 40 °C permanecendo nesse patamar durante 15 min, para o controlo do pH. Posteriormente, volta a subir até atingir 130 °C, com um gradiente de 1 °C por minuto. Permanece nesse patamar durante 30 a 60 minutos, para depois descer até aos 40 °C. É necessário um tratamento posterior para remover o corante que não fixado à fibra. Este tem a duração de 20 a 30 minutos, a uma temperatura que pode variar entre 40 °C e 70 °C (mediante a intensidade da cor).

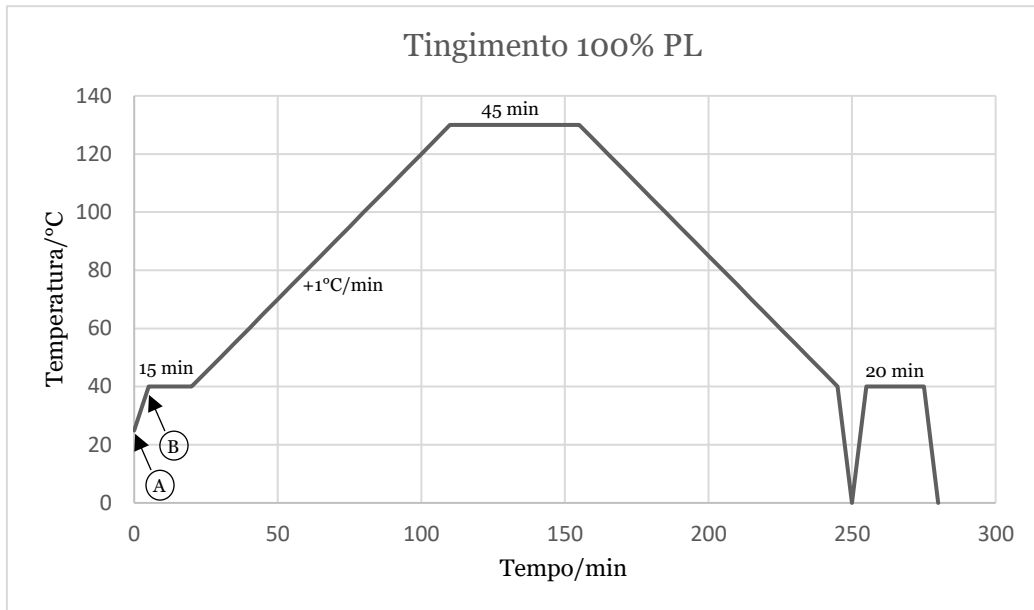


Gráfico 1: Método de tingimento para um substrato 100% poliéster. A – Produtos auxiliares e substrato a tingir; B – corantes.

- 100% Lã

Os corantes mais utilizadas para o tingimento de tecidos 100% Lã, por estabelecerem um compromisso entre solidez e igualização, são os ácidos, reativos ou pré-metálicos 1:1 e 1:2. O tingimento é realizado a uma temperatura de 100 °C, durante 30 a 60 minutos. No entanto, podem também tingir no intervalo de temperatura 85-90 °C, sendo necessário o uso de um igualizador de baixa temperatura. Assim, num procedimento normal, são utilizados os seguintes produtos auxiliares:

- Sais
- Igualizador
- Tampão
- Molhante
- Sequestrante
- Anti-feltrante

Ao observar o Gráfico 2, o tingimento inicia-se à temperatura ambiente, com os produtos auxiliares (A) e o substrato a tingir. Após 10 min, adicionam-se os corantes (B) e sobe até atingir os 40 °C, por 15 minutos, de forma a controlar o pH. De seguida, sobe a 1 °C por minuto até atingir a temperatura de 100 °C, mantendo-se no patamar durante 30 a 60 minutos, para depois descer até aos 40 °C. Tal como no processo anterior, é efetuado um tratamento posterior para retirar o corante em excesso não fixado. Este tem a duração de 20 a 30 minutos, a uma temperatura que pode variar entre 40 e os 70 °C (mediante a intensidade da cor).

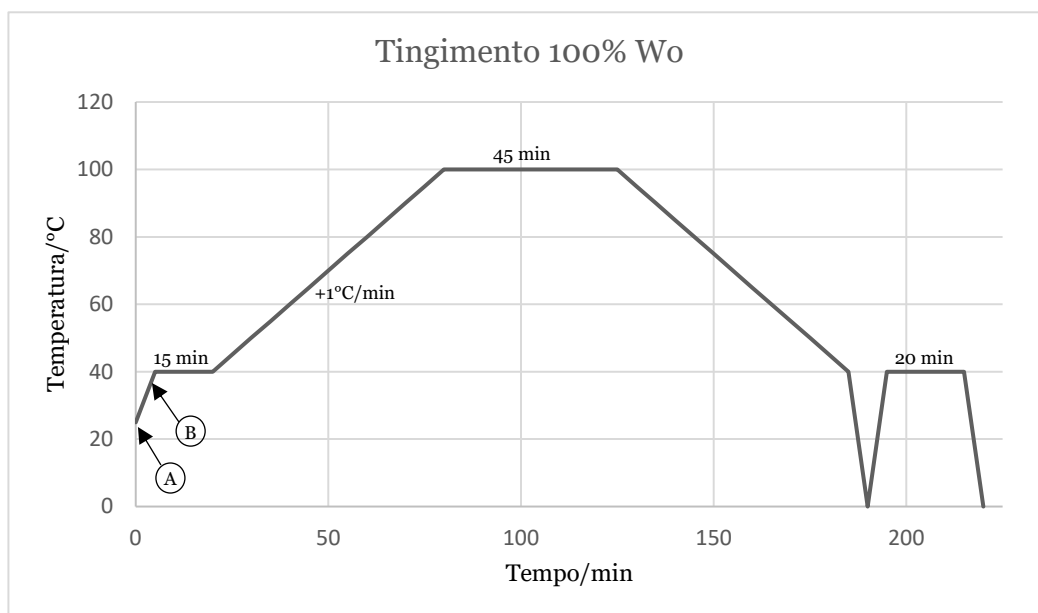


Gráfico 2: Método de tingimento de um substrato 100% Lã. A – Produtos auxiliares e substrato a tingir; B – corantes.

- Mistura de fibras Poliéster/Lã

Neste método, as fibras são tingidas simultaneamente, ou seja, num só banho. No procedimento mais usual, o tingimento ocorre a uma temperatura de 120 °C, durante 30 a 60 minutos, mediante a concentração de corante. A gama dos corantes dispersos é a mais adequada para tingir o poliéster e, para a lã, tanto os corantes ácidos como os pré-metalizados 1:2 podem ser utilizados. Os produtos auxiliares são escolhidos em conformidade com a seleção de corantes. Desta forma, podem ser necessários os seguintes produtos auxiliares:

- Agente dispersante
- Igualizador
- Agente protetor
- Transportador ou “carrier”
- Agente tampão

- Molhante
- Sequestrante
- Anti-feltrante

Apesar das misturas PL/Wo serem, normalmente, tingidas a 120 °C, também é possível o tingimento a 108 °C ou a 100 °C, com uma seleção adequada de corantes. Existem situações que, devido à vivacidade da cor ou à baixa intensidade da mesma, o processo a 120 °C provoca um amarelecimento acentuado da fibra de lã. Desta forma, recorre-se ao tingimento a temperatura de 108 °C ou 100 °C, com reajuste da receita.

Desta forma, conforme demonstra o Gráfico 3, o banho de tingimento, que inicialmente se encontra com os respetivos produtos auxiliares (A) e o substrato a temperatura ambiente (cerca de 25 °C), sobe para os 40 °C, permanecendo nesse patamar durante 15 min, para o controlo do pH. Posteriormente, volta a subir até atingir 120 °C, com um gradiente de 1 °C por minuto. Permanece nesse patamar num intervalo de tempo que pode variar entre 30 a 60 minutos, consoante a concentração de corante, para, em seguida, descer até aos 40 °C.

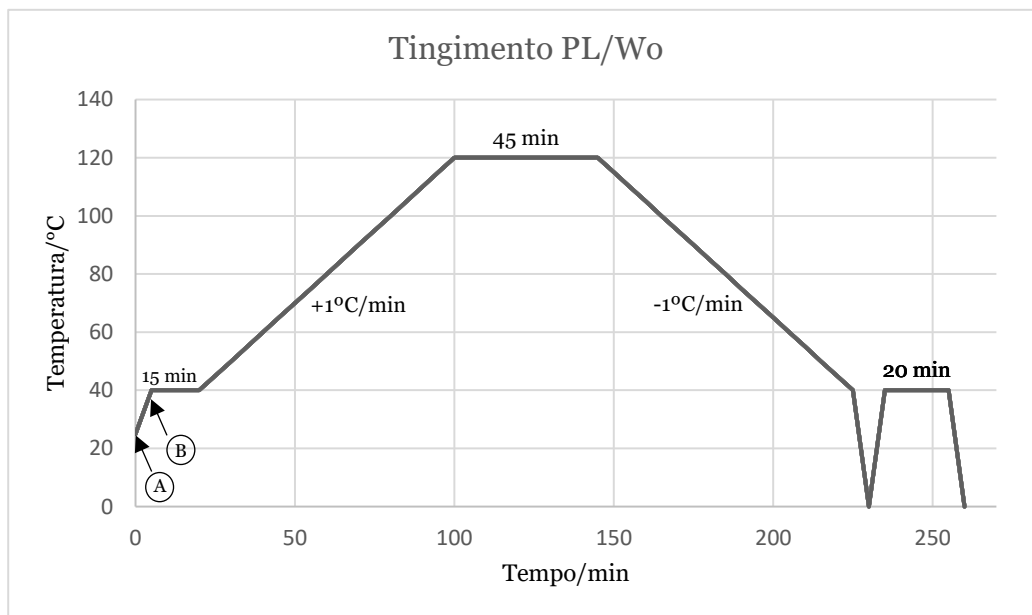


Gráfico 3: Método de tingimento de um substrato com uma mistura de fibras Poliéster/Lã. A – Produtos auxiliares e substrato a tingir; B – corantes.

Ao tingir esta mistura, os corantes dispersos também têm alguma afinidade com a lã, no entanto, apenas “sujam” a fibra. Por esta razão, é necessário um tratamento final para remover o excesso de contante disperso não fixado e “agarrado” à fibra de lã. Este tratamento pode ter a duração de 20 a 30 minutos, num intervalo de temperatura entre 40 e 70 °C.

- Mistura de fibras Poliéster/Linho

O tingimento de fibras sintéticas e celulósicas, em particular o Linho, pode ser realizado num ou em dois banhos. Mediante a intensidade da cor e a solidez pretendida, escolhesse a gama de corantes a utilizar na fibra celulósica. Com corantes reativos tem de se fazer obrigatoriamente em dois banhos e com corantes diretos, dependendo da intensidade da cor, pode fazer-se num banho ou em dois banhos.

Os corantes reativos tingem num intervalo de temperatura entre 50 e 80 °C, sendo os mais utilizados pela empresa os que apresentam na sua constituição o grupo reativo vinil sulfúricos, que tingem a 60 °C. Nesta situação utiliza-se o processo de dois banhos, uma vez que as duas fibras tingem a temperaturas diferentes.

No tingimento em dois banhos (Gráfico 4), a fibra a tingir em primeiro lugar é o poliéster, de acordo com o procedimento já descrito no processo de tingimento 100% poliéster. Depois, é necessário realizar um tratamento/lavagem redutora de forma a eliminar o corante à superfície da fibra (não fixado) para melhorar a solidez. Inicia-se o tingimento do linho, à temperatura ambiente e com os seguintes produtos auxiliares (C):

- Sais
- Sequestrante
- Agente tampão

Os corantes (D) são adicionados após um patamar de 10 minutos a 60 °C e é efetuado o controlo do pH. Após 40 minutos é adicionada a Soda Solvey (E), deixando o

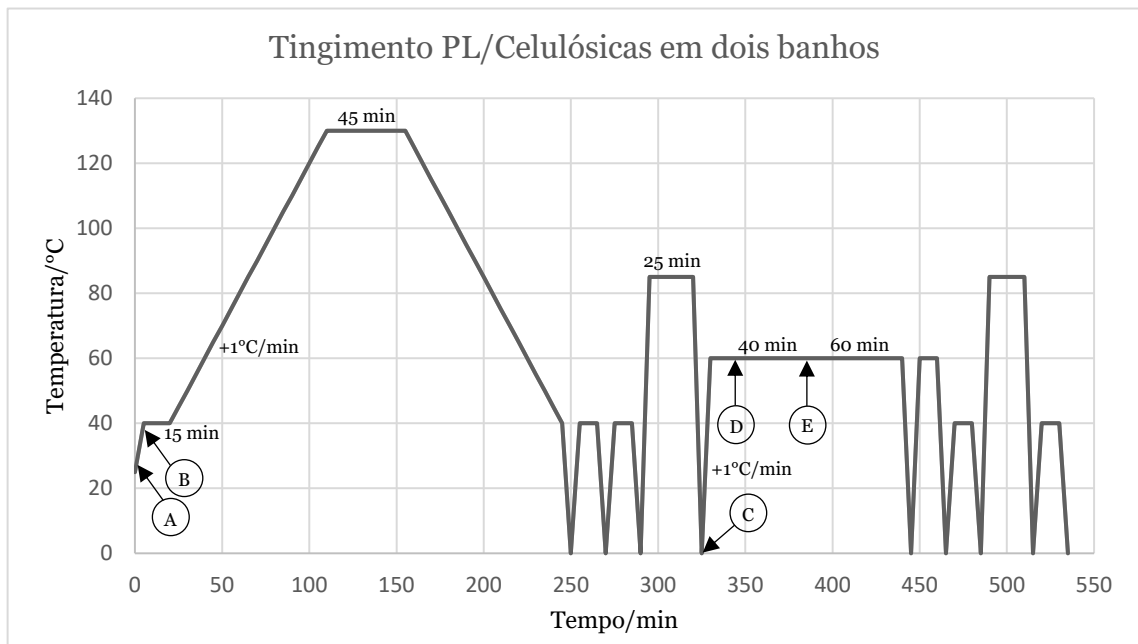


Gráfico 4: Método de tingimento da mistura poliéster/linho em dois banhos. A – Produtos auxiliares e substrato a tingir (PL); B – corantes (PL); C- Produtos auxiliares e substrato a tingir (Li); D – corantes (Li); E – soda solvey.

tingimento decorrer por mais 60 minutos. Em cores mais escuras é necessário a adição de soda cáustica por mais 30 minutos. O substrato é submetido a dois enxaguamentos e é realizado um ensaboamento a 85 °C, durante 20 minutos. Por fim, é realizado outro enxaguamento.

Com razões de banho superiores a 1:20/1:25, é necessário o uso de anti redutores para impedir que as moléculas de corantes reagem com a água.

No caso do tingimento em um banho (dispersos e diretos), este processo é semelhante ao processo de tingimento da mistura PL/Wo. O tingimento ocorre a uma temperatura de 120 °C, durante 30 a 60 minutos, mediante a concentração de corante. São utilizados corantes dispersos para a fibra de poliéster e corantes diretos para o linho. Os produtos auxiliares utilizados são os seguintes:

- Agente dispersante
- Igualizador
- Transportador ou “carrier”
- Agente tampão
- Molhante
- Sequestrante
- Sais

Após o tingimento, para além do enxaguamento, é necessário realizar uma fixação a 40 °C durante 30 minutos, de modo a melhorar a solidez à lavagem.

4.1.6. Processo de tingimento utilizando Corantes Naturais

De forma a experimentar abordagens mais ecológicas, a FITECOM realizou alguns ensaios utilizando corantes naturais, em substratos de mistura de fibras Poliéster/Linho.

Como mencionado anteriormente, para além das vantagens de se tratar de corantes ecológicos também utilizam processos mais sustentáveis e amigos do ambiente, uma vez que utilizam menos quantidade de água e temperaturas mais baixas. Desta forma, antes de se iniciar o tingimento, é necessário a realização de um pré-tratamento ao substrato para uma melhor fixação do corante à fibra. Este procedimento (Gráfico 5) inicia-se à temperatura ambiente e sobe até aos 40 °C. Quando atinge esta temperatura é adicionado um agente que favorece a ligação corante-fibra (A) e, após 10 min, um agente catalisador (B). De seguida, a temperatura sobe, a 1° C por minuto, até atingir 60 °C, permanecendo no patamar cerca de 45 minutos. Após esse tempo, a temperatura desce

até atingir os 40 °C. São realizados dois enxaguamentos, um a 40 °C e outro a 20 °C, ambos com a duração de 10 minutos.

Depois disto, inicia-se o tingimento (Gráfico 6), adicionando-se primeiro o dispersante juntamente com o corante (C) e, após 10 minutos, o agente tampão (D), permanecendo 15 minutos no patamar depois de atingir 40 °C. Posteriormente, sobe, com o gradiente de 1 °C por minuto, até 60 °C e mantém-se a essa temperatura durante 45 minutos. O banho é arrefecido até aos 40 °C e o substrato é submetido a dois enxaguamentos, a 40 e a 20 °C, ambos durante 10 minutos.

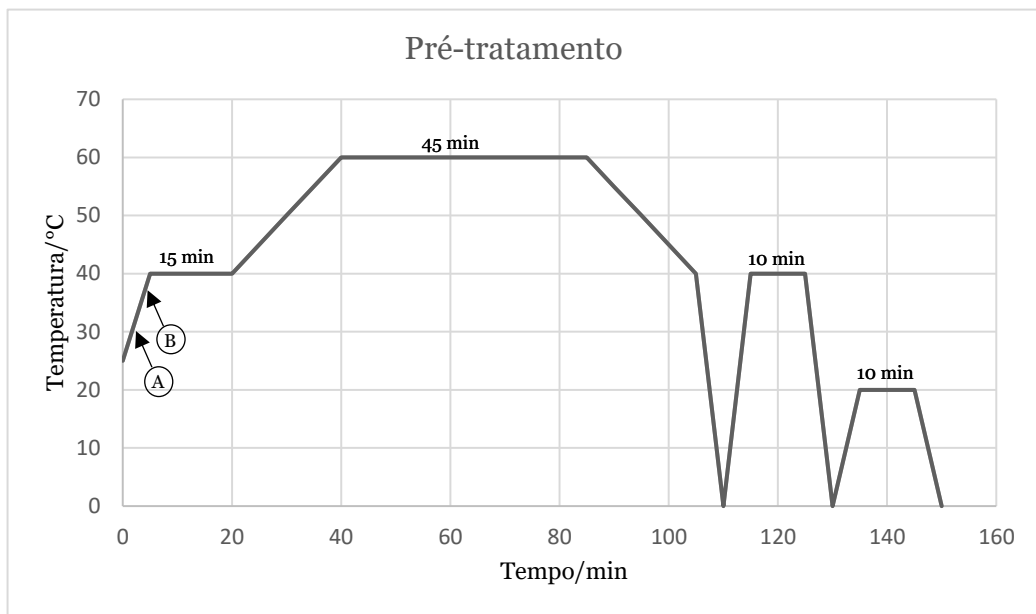


Gráfico 5: Pré-tratamento das fibras antes do tingimento com corantes naturais. A – agente que favorece a ligação corante-fibras; B – agente catalisador

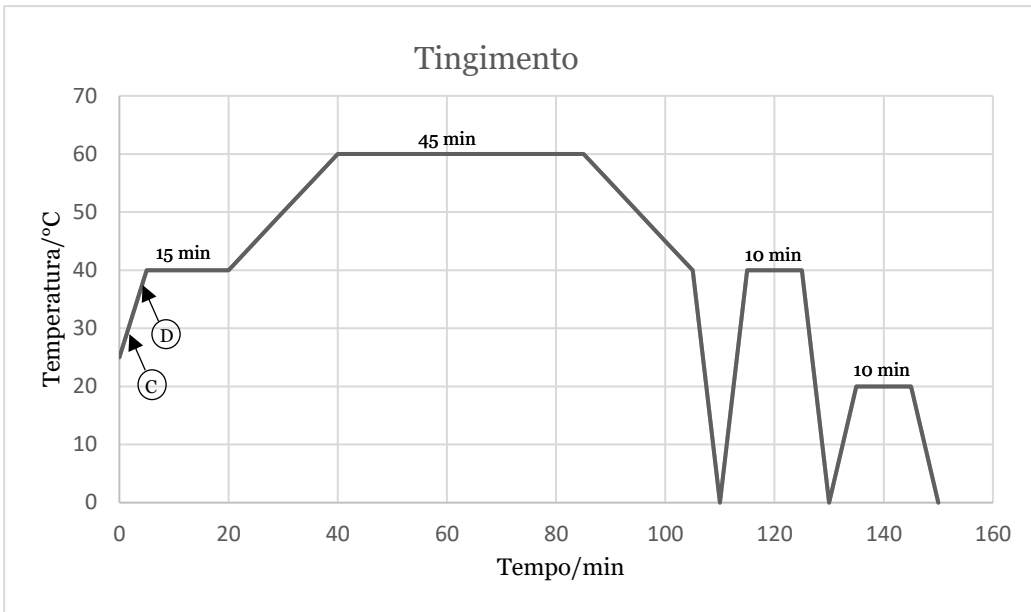


Gráfico 7: Tingimento com corantes naturais. C – Produtos auxiliares e substrato a tingir; D – corantes.

Por fim, é necessária uma etapa de ensaboamento (Gráfico 7), de forma a retirar o corante não fixado. Este processo inicia-se à temperatura ambiente com a adição de um agente de ensaboamento (E), permanecendo, após atingir os 40 °C, 15 minutos no patamar. Com um gradiente de 1 °C por minuto, sobe até atingir 60 °C durante 20 minutos. A seguir, a temperatura desce até atingir 40 °C e são realizados, novamente, dois enxaguamentos a 40 e a 20 °C, respetivamente.

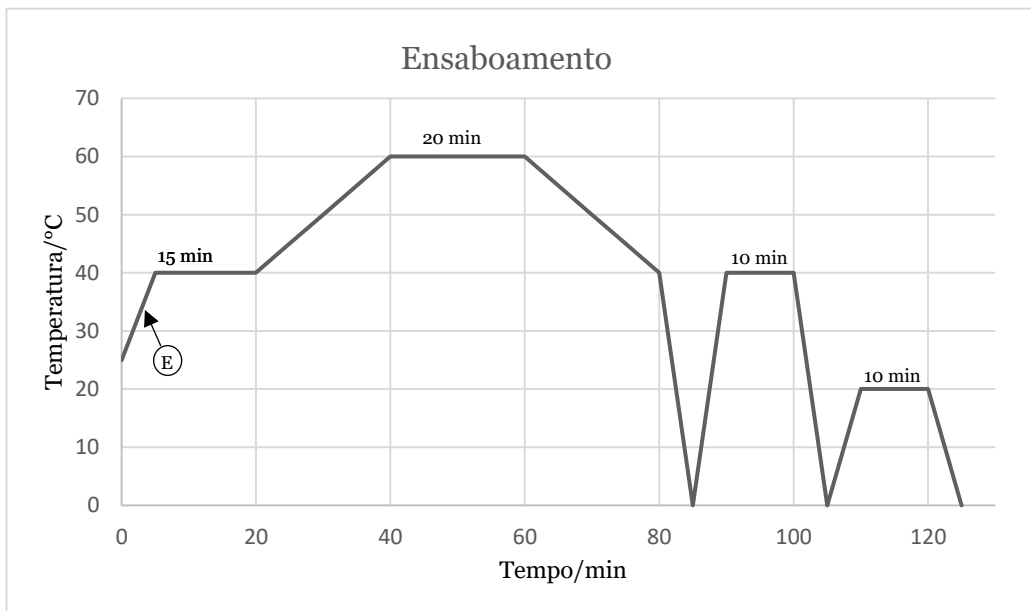


Gráfico 6: Ensaboamento após o tingimento com corantes naturais. E – agente de ensaboamento.

4.2. Laboratório de Controlo de Qualidade

O Laboratório de controlo da Qualidade da FITECOM efetua os mais diversos ensaios para a caracterização dos materiais têxteis nas várias fases de produção, desde a matéria-prima, passando pelos produtos intermédios até ao produto final completamente acabado. Todos os ensaios são efetuados de acordo com normas Nacionais ou Internacionais, com o objetivo de efetuar uma caracterização completa e objetiva das matérias-primas e de todos os produtos envolvidos no processo de produção.

Realiza um vasto leque de ensaios a materiais e produtos para a caracterização e medição de parâmetros físicos e químicos. A capacidade instalada abrange as mais variadas áreas como o desempenho mecânico, conforto, performance de funcionalidades, avaliação microscópica e avaliação da cor.

Caracterização Física e Química de fibras:

- Determinação do teor de matérias solúveis (extração com solventes);
- Percentagem de água e materiais voláteis (secagem em estufa);
- Observação no microscópio ótico;
- Análise de composição.
- Caracterização Física de Fios:
 - Massa linear de fios;
 - Retorção e torção de fios;
 - Resistência à rotura e alongamento;
 - Análise de composição.
- Caracterização Física de tecidos:
 - Debuxo;
 - Massa linear de um fio retirado de tecidos;
 - Massa por unidade de comprimento e de superfície (gramagem);
 - Número de fios ou malhas por unidade de comprimento;
 - Análise de composição;
 - pH do extrato aquoso.

Tendo em consideração as situações de uso diário, os têxteis devem possuir uma resistência adequada a parâmetros como por exemplo a abrasão, a formação de borbotos a força de tração, solidez das cores, entre outros.

Com a finalidade de garantir o desempenho de um produto, a FITECOM executa uma vasta gama de ensaios, por forma a fazer uma caracterização completa e objetiva dos seus tecidos assim como a verificação do cumprimento de especificações técnicas ou legais:

- Estabilidade dimensional à:
 - Lavagem e Secagem Doméstica;
 - Limpeza a seco;
 - Lavagem e secagem industrial;
 - Ao enviesamento.
- Avaliação do aspeto:
 - Tendência para o enrugamento;
 - Ângulo de recuperação do vinco.
- Resistência:
 - Resistência ou deslizamento dos fios na costura;
 - Resistência ao rasgo;
 - Resistência à rotura e alongamento;
 - Extensão residual ou recuperação de elasticidade;
 - Resistência à abrasão pelo método do Martindale;
 - Resistência à formação de borbotos pelos métodos do Pilling Box, e ou do Martindale.
- Análise de performances:
 - Repelência à água;
 - Repelência ao óleo.
- Solidez dos Tintos:
 - à lavagem ou à limpeza a seco;
 - à água;
 - à fricção a seco e húmido;
 - à prensagem a quente;
 - ao suor ácido ou suor alcalino.

Dentro desta vasta lista de ensaios realizados, os ensaios de solidez dos tintos irão ser abordados de forma mais pormenorizada.

A solidez dos tintos entende-se pela resistência da cor dos têxteis, aos diversos agentes a que podem estar submetidos durante a fabricação e a utilização do consumidor. A avaliação da cor é determinada através da alteração da cor da amostra em relação à amostra inicial, antes do processo, ou pelo manchamento da multifibra (ou provete testemunho) causado pela transferência da cor. A multifibra é um tecido composto por

várias fibras: lã, acrílico, poliéster, poliamida, algodão e acetato. Este método aplica-se a têxteis feitos de todo o tipo de fibras na forma de fio, tecido ou rama.

Desta forma, foi desenvolvida a escala de cinzentos que permite classificar, por comparação, as alterações da cor dos têxteis submetidos aos ensaios de solidez. A escala básica de cinzentos apresenta cinco graus, que consistem em cinco pares de tiras de padrões de cor cinzenta neutra, existindo uma diferença visual de cor que correspondem aos índices de solidez 1, 2, 3, 4 e 5. Também se pode adicionar à escala tiras-padrão semelhantes que representam índices intermédios de solidez, 1-2, 2-3, 3-4 e 4-5, sendo neste caso denominada como escala de nove graus (Figura 15). O índice de solidez 5 representa que não houve qualquer alteração em relação ao padrão e o índice de solidez 1 indica que ocorreu uma alteração de cor significativa.



Figura 15: Escala de cinzentos para avaliar alteração de cor [65].

4.2.1. Solidez dos tintos à lavagem doméstica e industrial (EN ISO 105-C06)

A solidez dos tintos à lavagem doméstica e industrial permite avaliar a solidez da cor de têxteis em qualquer estado de transformação, em comparação com os procedimentos de lavagem domésticos e industriais utilizados para produtos domésticos comuns, utilizando um detergente de referência. O provete têxtil em contacto com a multifibra, é lavado, enxaguado e seco. As amostras são lavadas em condições adequadas de temperatura, alcalinidade, branqueamento e condições abrasivas de forma a alcançar o resultado desejado num período de tempo razoável. A ação abrasiva é produzida através da utilização de uma razão de banho baixa e de um número adequada de esferas de aço. A mudança de cor da amostra e a coloração da multifibra são avaliadas numa escala de cinzentos.

4.2.2. Solidez dos tintos à limpeza a seco usando percloroetileno (EN ISO 105-DO1)

Este método permite avaliar a resistência da cor de têxteis à limpeza a seco, utilizando o solvente percloroetileno. O provete têxtil em contacto com a multifibra é colocado num

saco de tecido de algodão, com discos de aço não corrosíveis. O saco é colocado num pote e agitado em percloroetileno, sendo, posteriormente, o provete e a multifibra espremidos e secos, de forma separada, com ar quente. A alteração de cor da amostra e o manchamento da multifibra são avaliadas em relação à amostra original, utilizando a escalas de cinzentos.

4.2.3. Solidez dos tintos à água (EN ISO 105-E01)

Este método determina a resistência dos tintos à imersão em água. O provete têxtil em contacto com a multifibra é imerso em água, espremido e, posteriormente, colocado entre duas placas sob uma determinada pressão, num aparelho específico. O provete e a multifibra são secos de forma separada e, através da escala de cinzentos, a alteração de cor e o manchamento são avaliados.

4.2.4. Solidez dos tintos ao suor ácido e suor alcalino (EN ISO 105-E04)

Este método avalia a resistência dos corantes têxteis à ação do suor humano. Em duas soluções diferentes contendo histidina, são colocados, em cada uma, um provete em contacto com a multifibra. Posteriormente, são espremidos e colocados entre duas placas sob uma determinada pressão, num aparelho específico. Assim como no método anterior, o provete e a multifibra são secos separadamente e é avaliada a alteração da cor e o manchamento, através da escala de cinzentos.

4.2.5. Solidez dos tintos à fricção (EN ISO 105-X12)

Este método determina a resistência dos tintos dos têxteis de qualquer tipo, à fricção e ao manchamento por fricção de outros materiais. São efetuados dois ensaios em que no primeiro, os provetes têxteis são friccionados num tecido de algodão seco, e no segundo, os provetes têxteis são friccionados num tecido de algodão húmido. Posteriormente, é avaliada a alteração da cor e o manchamento, através da escala de cinzentos.

5. Conclusões e perspetivas de trabalho futuro

5.1. Conclusões

A realização deste estágio na FITECOM - Comercialização Industrialização Têxtil, S.A. permitiu obter experiência laboral e conhecimento do modo de funcionamento de uma indústria têxtil, em particular da secção de tinturaria. Desenvolver este relatório de estágio também permitiu adquirir e aprofundar conhecimentos na área da tinturaria que poderão tornar-se uma mais-valia para o futuro, a nível profissional. Foi possível também pôr em prática os conhecimentos adquiridos ao longo do mestrado, num contexto laboral.

Uma das maiores preocupações da empresa é a reprodutibilidade laboratório-produção. Posto isto, existe uma necessidade constante de otimizar os processos de forma a diminuir o número de ensaios em produção, originando uma melhoria na resposta de produção, na qualidade dos produtos e também uma redução a nível económico.

Desta forma, a existência de laboratórios dedicados ao desenvolvimento de novas cores, ao estudo da reprodutibilidade de receita em diferentes lotes de material e ao controlo de qualidade desempenha um papel crucial no I&D de produtos inovadores e sustentáveis que atendem às exigências de cada empresa e do mercado contemporâneo.

A necessidade da utilização de produtos e certificações sustentáveis na indústria têxtil é imperativa mediante os desafios ambientais. A indústria têxtil é conhecida pelo seu impacto negativo, no meio ambiente devido ao consumo intensivo de recursos naturais, emissões de poluentes e produção de resíduos. A incorporação de produtos sustentáveis e de certificações adequadas são medidas essenciais para mitigar esse impacto negativo. Essas práticas sustentáveis trazem benefícios tanto para o meio ambiente quanto para as empresas, pois fortalece a posição destas num mercado cada vez mais consciente e preocupado com a sustentabilidade. Deste modo, o trabalho desenvolvido ao longo do estágio, com a utilização de corantes naturais e desenvolvimento de processos mais sustentáveis, foi muito enriquecedor.

5.2. Perspetivas futuras

Como trabalho futuro, é necessário continuar a desenvolver práticas e processos mais sustentáveis, como a utilização de corantes e, produtos químicos naturais e biodegradáveis, no processo de tingimento de diferentes substratos, incluindo matéria-prima reciclada e responsável. A implementação de práticas sustentáveis (redução do consumo de água, energia, emissões de GEE's, entre outros) resulta em processos mais eficientes e na redução de desperdícios, o que pode ser vantajoso a longo prazo para as empresas, sendo, sem qualquer dúvida, vantajoso para o ambiente e para todas as espécies, quer animais, quer vegetais.

Referências bibliográficas

- [1] “FITECOM | Think Total Quality.” <https://fitecom.pt/> (accessed Sep. 28, 2023).
- [2] L. Ranasinghe and V. M. Jayasooriya, “Ecolabelling in textile industry: A review,” *Resour. Environ. Sustain.*, vol. 6, 2021, doi: 10.1016/j.resenv.2021.100037.
- [3] IAPMEI, “Setor Têxtil e Vestuário,” 2023. Accessed: Dec. 27, 2023. [Online]. Available: <https://www.iapmei.pt/PRODUTOS-E-SERVICOS/Industria-e-Sustentabilidade/Informacao-Setorial.aspx>.
- [4] E. E. Agency, “Textiles and the environment: the role of design in Europe’s circular economy,” 2022. Accessed: Aug. 09, 2023. [Online]. Available: <https://www.eea.europa.eu/publications/textiles-and-the-environment-the/textiles-and-the-environment-the>.
- [5] COMISSÃO EUROPEIA, “Estratégia da UE em prol da Sustentabilidade e Circularidade dos Têxteis,” 2022. Accessed: Jun. 26, 2023. [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/eurostat>.
- [6] B. Harsanto, I. Primiana, V. Sarasi, and Y. Satyakti, “Sustainability Innovation in the Textile Industry: A Systematic Review,” *Sustain.*, vol. 15, no. 2, 2023, doi: 10.3390/su15021549.
- [7] E. Parliament, “The impact of textile production and waste on the environment (infographics) | News | European Parliament,” 2023. Accessed: Jul. 26, 2023. [Online]. Available: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20201208STO93327/the-impact-of-textile-production-and-waste-on-the-environment-infographics>.
- [8] ATP, “Caraterização - ATP,” 2023. <https://atp.pt/pt-pt/estatisticas/caraterizacao/> (accessed Jul. 02, 2023).
- [9] “Análise setorial da indústria dos têxteis e vestuário | BPstat.” <https://bpstat.bportugal.pt/conteudos/publicacoes/1292> (accessed Dec. 26, 2023).
- [10] “Análise setorial da indústria dos têxteis e vestuário | BPstat.” <https://bpstat.bportugal.pt/conteudos/publicacoes/1292> (accessed Jul. 04,

2023).

- [11] W. Leal Filho *et al.*, “An overview of the contribution of the textiles sector to climate change,” *Front. Environ. Sci.*, vol. 10, no. September, pp. 1–5, 2022, doi: 10.3389/fenvs.2022.973102.
- [12] C. R. S. de Oliveira, A. H. da Silva Júnior, J. Mulinari, and A. P. S. Immich, “Textile Re-Engineering: Eco-responsible solutions for a more sustainable industry,” *Sustain. Prod. Consum.*, vol. 28, pp. 1232–1248, Oct. 2021, doi: 10.1016/j.spc.2021.08.001.
- [13] I. I. Shuvo, “Fibre attributes and mapping the cultivar influence of different industrial cellulosic crops (cotton, hemp, flax, and canola) on textile properties,” *Shuvo Bioresour. Bioprocess*, vol. 7, p. 51, 2020, doi: 10.1186/s40643-020-00339-1.
- [14] J. M. F. P. Fiadeiro, “O Tingimento de Materiais Têxteis: de Arte a Ciência.” pp. 9–34, 1993.
- [15] R. E. Rose, “Growth of the dyestuffs industry: The application of science to art,” *J. Chem. Educ.*, vol. 3, no. 9, pp. 973–1132, 1926, doi: 10.1021/ed003p973.
- [16] S. Grishanov, “Structure and properties of textile materials,” in *Handbook of Textile and Industrial Dyeing: Principles, Processes and Types of Dyes*, vol. 1, Woodhead Publishing Limited, 2011, pp. 28–63.
- [17] R. Sinclair, “Understanding Textile Fibres and Their Properties: What is a Textile Fibre?,” in *Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology*, Elsevier Ltd, 2015, pp. 3–27.
- [18] S. Silveira, “Manual das Matérias Primas Têxteis,” *CILAN-Centro de Formação Profissional para a Indústria de Lanifícios*. 2011.
- [19] A. D. Broadbent, *Basic Principles of Textile Coloration*. Society of Dyers and Colourists, 2001.
- [20] A. E. Cropper, M. MirafTAB, and D. A. Holmes, *An Introduction to Textiles. Volume I - Fibres*. EUROTEx, 1993.
- [21] M. Shioya and T. Kikutani, “Synthetic Textile Fibres: Non-polymer Fibres,” in *Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology*, Elsevier Inc., 2015, pp.

139–155.

- [22] B. Mahltig, “Introduction to inorganic fibers,” in *Inorganic and Composite Fibers: Production, Properties, and Applications*, Elsevier, 2018, pp. 1–29.
- [23] M. Jawaid and H. P. S. Abdul Khalil, “Cellulosic/synthetic fibre reinforced polymer hybrid composites: A review,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 86, no. 1, pp. 1–18, Aug. 2011, doi: 10.1016/j.carbpol.2011.04.043.
- [24] S. Kalia, B. S. Kaith, and I. Kaur, “Pretreatments of Natural Fibers and their Application as Reinforcing Material in Polymer Composites-A Review,” doi: 10.1002/pen.21328.
- [25] M. M. Hassan and C. M. Carr, “A review of the sustainable methods in imparting shrink resistance to wool fabrics,” *J. Adv. Res.*, vol. 18, pp. 39–60, Jul. 2019, doi: 10.1016/j.jare.2019.01.014.
- [26] K. M. Babu, “Natural Textile Fibres: Animal and Silk Fibres,” *Text. Fash. Mater. Des. Technol.*, pp. 57–78, 2015, doi: 10.1016/B978-1-84569-931-4.00003-9.
- [27] F. Allafi *et al.*, “Advancements in Applications of Natural Wool Fiber: Review,” *J. Nat. Fibers*, vol. 19, no. 2, pp. 497–512, 2022, doi: 10.1080/15440478.2020.1745128.
- [28] U. H. Erdogan, Y. Seki, and F. Selli, “Wool fibres,” *Handb. Nat. Fibres Second Ed.*, vol. 1, pp. 257–278, Jan. 2020, doi: 10.1016/B978-0-12-818398-4.00011-6.
- [29] J. Cegarra, P. Puente, and J. Valldeperas, *Fundamentos Científicos y Aplicados de la Tintura de Materias Textiles*. Texilia, 1981.
- [30] C. Yu, “Natural Textile Fibres: Vegetable Fibres,” *Text. Fash. Mater. Des. Technol.*, pp. 29–56, 2015, doi: 10.1016/B978-1-84569-931-4.00002-7.
- [31] J. de S. M. F. Neves, *Tecnologia Têxtil: Matérias-primas têxteis, 1º parte*, Livraria L. 1982.
- [32] L. Barroso, “Estudo Das Potencialidades Do Linho Na Moda Contemporânea,” Universidade da Beira Interior, 2014.
- [33] M. R. Alcântara and D. Daltin, “A Química do processamento têxtil,” in *Química Nova*, 1996, pp. 320–330.

- [34] B. L. Deopura and N. V. Padaki, "Synthetic Textile Fibres: Polyamide, Polyester and Aramid Fibres," in *Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology*, Elsevier Inc., 2015, pp. 97–114.
- [35] S. Manshoven, A. Smeets, M. Arnold, and L. F. Mortensen, "Plastic in textiles : potentials for circularity and reduced environmental and climate impacts," 2021.
- [36] K. E. Perepelkin, "Physicochemical nature and structural dependence of the unique properties of polyester fibres," *Fibre Chem.*, vol. 33, no. 5, pp. 340–352, 2001, doi: 10.1023/A:1013944806849.
- [37] H. Zollinger, *Color Chemistry: Syntheses, Properties Applications of Organic Dyes*. VCH Publishers, Inc., New York, 1991.
- [38] B. Pizzicato, S. Pacifico, D. Cayuela, G. Mijas, and M. Riba-Moliner, "Advancements in Sustainable Natural Dyes for Textile Applications: A Review," *Molecules*, vol. 28, 2023, doi: 10.3390/molecules28165954.
- [39] Colour Index, "Definitions of a dye and a pigment | Colour Index," *Society of Dyers and Colourists and American Association of Textile Chemists and Colorists*. <https://colour-index.com/definitions-of-a-dye-and-a-pigment> (accessed Jan. 11, 2024).
- [40] S. Benkhaya, S. M'rabet, and A. El Harfi, "A review on classifications, recent synthesis and applications of textile dyes," *Inorg. Chem. Commun.*, vol. 115, p. 107891, May 2020, doi: 10.1016/j.inoche.2020.107891.
- [41] D. R. Waring and G. Hallas, *The Chemistry and Application of Dyes*. 1990.
- [42] K. Hunger, *Industrial Dyes: Chemistry, Properties, Applications*. Wiley, 2003.
- [43] S. M. Burkinshaw and G. Salihu, "The role of auxiliaries in the immersion dyeing of textile fibres: Part 1 an overview," *Dye. Pigment.*, vol. 161, pp. 519–530, Feb. 2019, doi: 10.1016/j.dyepig.2017.08.016.
- [44] M. Sousa, "Estudo da Reprodutibilidade Laboratorial no Processo de Tingimento Têxtil," Universidade do Porto, 2016.
- [45] J. M. D. Esteves, "Estudo da otimização de processos produtivos de tinturaria e estampania em fibras celulósicas com corantes reativos," Universidade do Minho, 2023.

- [46] H. Schönberger and T. Schäfer, “Best Available Techniques in Textile Industry,” 2003. Accessed: Dec. 28, 2023. [Online]. Available: <http://www.umweltbundesamt.de>.
- [47] Troficolor, “Ultimação - Processos Têxteis.” pp. 22–37.
- [48] United Nations Environment Programme, “Sustainability and Circularity in the Textile Value Chain - A Global Roadmap Textile Value Chain,” 2023. doi: 10.59117/20.500.11822/42580.
- [49] “Têxteis | Forest Stewardship Council.” <https://pt.fsc.org/pt-pt/mercados/texteis> (accessed Sep. 02, 2023).
- [50] “Plásticos: a maior ameaça dos oceanos | edp.com.” <https://www.edp.com/pt-pt/historias-edp/plasticos-a-maior-ameaca-dos-oceanos> (accessed Jan. 17, 2024).
- [51] European Commission, “Microplastics from textiles: Towards a circular economy for textiles in Europe,” 2022. doi: 10.2800/863646.
- [52] J. Liu *et al.*, “Microfiber Pollution in the Earth System,” *Rev. Environ. Contam. Toxicol.*, vol. 260, no. 1, pp. 1–16, 2022, doi: 10.1007/s44169-022-00015-9.
- [53] A. P. Periyasamy, “Microfiber Emissions from Functionalized Textiles: Potential Threat for Human Health and Environmental Risks,” *Toxics*, vol. 11, no. 5, pp. 1–31, 2023, doi: 10.3390/toxics11050406.
- [54] F. S. Cesa, A. Turra, and J. Baruque-Ramos, “Synthetic fibers as microplastics in the marine environment: A review from textile perspective with a focus on domestic washings,” 2017, doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.04.172.
- [55] A. P. Periyasamy and A. Tehrani-Bagha, “A review on microplastic emission from textile materials and its reduction techniques,” *Polym. Degrad. Stab.*, vol. 199, 2022, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2022.109901.
- [56] N. M. Sivaram, P. M. Gopal, and D. Barik, *Toxic waste from textile industries*. Elsevier Ltd., 2018.
- [57] M. Shahid, Shahid-Ul-Islam, and F. Mohammad, “Recent advancements in natural dye applications: A review,” *J. Clean. Prod.*, vol. 53, pp. 310–331, 2013, doi: 10.1016/j.jclepro.2013.03.031.

- [58] P. Harmsen, M. Scheffer, and H. Bos, “Textiles for circular fashion: The logic behind recycling options,” *Sustain.*, vol. 13, Aug. 2021, doi: 10.3390/su13179714.
- [59] “OEKO-TEX® - for more sustainability in the textile and leather industry.” <https://www.oeko-tex.com/en/our-standards> (accessed Jan. 26, 2024).
- [60] “Compreender o Regulamento REACH - ECHA.” <https://echa.europa.eu/pt/regulations/reach/understanding-reach> (accessed Jan. 26, 2024).
- [61] “Global Recycled Standard (GRS) - Textile Exchange.” <https://textileexchange.org/knowledge-center/documents/global-recycled-standard-grs/> (accessed Jan. 26, 2024).
- [62] “Responsible Wool Standard - Textile Exchange.” <https://textileexchange.org/knowledge-center/documents/responsible-wool-standard/> (accessed Jan. 27, 2024).
- [63] “ZDHC MRSL.” <https://mrsl.roadmaptozero.com/> (accessed Jan. 27, 2024).
- [64] “About Proposition 65 - OEHHA.” <https://oehha.ca.gov/proposition-65/about-proposition-65> (accessed Jan. 27, 2024).
- [65] “Gray Scale for Color Change and Color Staining - Textile Learner.” <https://textilelearner.net/gray-scale-for-color-change/> (accessed Jan. 27, 2024).