



Universidade do Minho

Escola de Ciências

Estudo da otimização de processos produtivos de tinturaria e estamparia em fibras celulósicas com corantes reativos

Joana Margarida Dias Esteves

Estudo da otimização de processos produtivos de tinturaria e estamparia em fibras celulósicas com corantes reativos

Joana Margarida Dias Esteves

UMinho | 2023

abril 2023



Universidade do Minho

Escola de Ciências

Joana Margarida Dias Esteves

Estudo da otimização de processos produtivos de tinturaria e estamperia em fibras celulósicas com corantes reativos

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Técnicas de Caracterização e Análise Química

Trabalho efetuado sob orientação do

Dr. Manuel de Sá Barros

e da

Doutora Susana Paula da Graça Costa

abril 2023

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Agradecimentos

Durante os últimos anos a Universidade do Minho proporcionou-me diversas oportunidades de crescimento profissional e pessoal através do ensino com professores de excelência que me permitiram desenvolver diversas competências que me vão ser úteis no decorrer da minha vida. Desta forma, agradeço à instituição, em especial à Escola de Ciências e aos professores que me acompanharam no decorrer da licenciatura em Bioquímica e do mestrado em Técnicas de Caracterização e Análise Química.

Agradeço à minha orientadora da Escola de Ciências da Universidade do Minho, a Professora Doutora Susana Costa, por me ter orientado e ajudado a desenvolver a presente dissertação mostrando-se sempre disponível. Obrigada por todos os conselhos e opiniões, de forma a assegurar a conclusão do meu trabalho.

Agradeço ao meu orientador da Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A., o Dr. Manuel Barros, pela oportunidade de estágio curricular que me permitiu adquirir e aprofundar conhecimentos numa área totalmente nova para mim. Agradeço também ao Eng. Miguel Ramôa, ao Eng. Miguel Coelho, ao Eng. Simão Oliveira e à Eng. Sofia Cunha pela ajuda ao longo do meu estágio e por se mostrarem sempre disponíveis para me esclarecer as dúvidas que pudessem surgir. Por fim, agradeço a todos os colaboradores das secções de preparação, tinturaria, estamparia, acabamento e revista, bem como aos técnicos dos laboratórios de tinturaria e de controlo de qualidade que se cruzaram comigo e me ajudaram de alguma forma.

Em especial, agradeço aos meus pais Carlos e Helena (os melhores!) pelo seu apoio, suporte e amor incondicional e por estarem sempre presentes em todos os momentos, principalmente nos de maior dificuldade, sempre com uma palavra de carinho e sempre prontos para me ajudar e motivar. Obrigada por terem acreditado sempre em mim, mesmo quando eu não acreditava.

Agradeço à minha irmã Vânia por ser o meu pilar, por estar presente em todos os momentos, melhores ou piores, por todas as gargalhadas e vivências e por ser o meu maior apoio e modelo a seguir desde pequenina. Obrigada por tudo o que fizeste por mim e por estares comigo.

Agradeço ao Miguel Costa por toda a motivação e paciência, por não me fazer esquecer os meus objetivos e as minhas conquistas, apoiando-me e compreendendo-me sempre. Fizeste com que eu acreditasse mais em mim e com que tudo fosse mais fácil.

A toda à minha família pela força, por me ouvirem, estarem presentes e por me ajudarem, como lhes fosse possível, a ultrapassar as minhas dificuldades.

Por fim, agradeço aos meus queridos amigos por todos os conselhos, pelo incentivo, por acreditarem e me apoiarem, mas principalmente pelo companheirismo. Que seja sempre assim.

O meu mais sincero 'Obrigada!' a todos vocês.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem de qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Estudo da otimização de processos produtivos de tinturaria e estamparia de fibras celulósicas com corantes reativos

Resumo

O componente básico da indústria têxtil são as fibras que poderão ser classificadas como naturais (vegetais, proteicas ou minerais) e químicas (sintéticas ou artificiais). A partir destas, é possível a fabricação de fios por métodos de fiação e, posteriormente, estes passam por processos de tecelagem e tricotagem, dando origem a telas e malhas respetivamente. De seguida, os substratos têxteis passam por um processo produtivo que consiste na preparação dos artigos, seguida do tingimento ou estampagem dos mesmos, finalizando o processo com a aplicação de acabamentos físicos ou químicos.

Nos processos de tingimento e estampagem dos artigos estudados, foram utilizados corantes reativos de uma gama específica de modo a dotar os substratos de cor através de reações químicas estabelecidas entre o corante e a fibra. No entanto, uma característica destes corantes é a hidrólise do mesmo, sendo, portanto, a lavagem dos artigos de extrema importância de modo a perceber qual a concentração de corante que não fixou na fibra. Para a análise da lavagem, dos testes de controlo de qualidade e das cores finais, foram utilizadas diferentes técnicas descritas abaixo.

O trabalho experimental da presente dissertação encontra-se dividido em dois projetos principais, sendo que o primeiro consistiu no tingimento de artigos de malha 100% CO com % de corante diferentes, e posterior lavagem descontínua dos mesmos. Nas lavagens foram utilizados diferentes detergentes, de modo a determinar os melhores resultados ao nível do ensaboamento/lavagem, bem como a otimização deste processo pela diminuição da quantidade de água por Kg de artigo e da temperatura necessária no *jet*, sem comprometer a qualidade da lavagem. Os resultados obtidos foram analisados segundo um cálculo da concentração de corante hidrolisado e testes de controlo de qualidade da solidez dos tintos específicos.

O segundo trabalho experimental consistiu no estudo de novas receitas de preparação de artigos de fibras celulósicas e de fibras de viscose, de modo a estudar a possibilidade de otimização da mesma. Para isso, após a impregnação dos artigos nas diversas receitas de preparação, prosseguiu-se à estampagem de cores e desenhos específicos e posterior análise das cores por técnicas de colorimetria ($CIE L^* a^* b^*$ e $CIE Lab L^* C^* h^*$).

De modo a perceber se ambas as otimizações propostas neste trabalho seriam viáveis, efetuou-se também um estudo financeiro das mesmas caso fossem implementadas na Adalberto.

Palavras-chave: corantes reativos, fibras celulósicas, fibras de viscose, lavagem, otimização, receita de preparação.

Study of the optimization of production processes of dyeing and printing of cellulosic fibers with reactive dyes

Abstract

The basic component of the textile industry are fibers that can be classified as natural (vegetable, protein, or mineral) and chemical (synthetic or artificial). From these, it is possible to manufacture threads through spinning methods which, subsequently, undergo weaving and knitting processes. Then, the textile substrates are submitted to a production process that consists of preparing the items, followed by their dyeing or printing, ending the process with the application of physical or chemical finishes.

In the dyeing and printing processes of the studied items, reactive dyes of a specific range were used to provide the substrates with color through chemical reactions established between the dye and the fiber. However, a characteristic of these dyes is their hydrolysis, being, therefore, the washing of the items of extreme importance in order to understand which concentration of dye did not fix in the fiber. For the analysis of the wash, the quality control tests and the final colors, were used different techniques that are described below.

The experimental work of the present dissertation is divided in two main projects, being that the first one consisted in the dyeing of 100% CO articles with different % of dye, and their subsequent discontinuous washing. In this work, different detergents were used to determine the best results in terms of soaping/washing the items, as well as the optimization of this process by reducing the amount of water per Kg of item and the temperature required in the *jet*, without compromising the quality of the wash. The results obtained were analyzed according to a calculation of the hydrolyzed dye concentration and quality control tests.

The second experimental work consisted in the study of the possibility of optimizing new recipes for the preparation of cellulosic and viscose fibers. For this, after impregnating the items in the various preparation recipes, the printing of specific colors and designs was performed with the subsequent analysis of the different colors using colorimetry techniques (*CIE L * a * b* and *CIElab L * C * h **).

In order to realize whether both optimizations proposed in this work would be viable, a financial study was also carried out in case they were implemented at Adalberto.

Keywords: reactive dyes, cellulosic fibers, viscose fibers, washing, optimization, preparation recipe.

Índice

Agradecimentos	II
Resumo	IV
Abstract	V
Lista de Figuras.....	IX
Índice de Tabelas	XI
Índice de Esquemas.....	XIII
Índice de Anexos	XIV
Lista de siglas e abreviaturas.....	XV
Capítulo 1: Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.....	1
1.3. Motivação e Objetivos	1
1.4. Metodologias	2
1.5. Estrutura da dissertação	3
Capítulo 2: Conceitos Teóricos.....	4
2.1. Fibras têxteis	4
2.1.1. Fibras Naturais.....	6
2.1.1.1. Celulósicas	7
2.1.1.2. Proteicas.....	8
2.1.2. Fibras Químicas	8
2.1.2.1. Sintéticas	9
2.1.2.2. Artificiais.....	9
2.2. Processo Produtivo	10
2.2.1. Preparação	10
2.2.1.1. Gasagem e descolagem.....	11
2.2.1.2. Fervura Alcalina	12
2.2.1.3. Branqueamento	12

2.2.1.4.	Branqueamento ótico	14
2.2.1.5.	Mercerização	14
2.2.1.6.	Termofixação	15
2.2.2.	Tingimento.....	15
2.2.2.1.	Tingimento descontínuo – Esgotamento	16
2.2.2.2.	Tingimento contínuo – Foulardagem.....	17
2.2.3.	Estamparia.....	18
2.2.3.1.	Estamparia convencional.....	19
2.2.3.2.	Estamparia digital	20
2.2.4.	Acabamento.....	21
2.2.4.1.	Acabamento mecânico.....	21
2.2.4.2.	Acabamento químico.....	23
2.3.	Materiais corantes	23
2.3.1.	Corantes reativos	23
2.3.2.	Solidez dos tintos	24
2.4.	Colorimetria.....	25
2.4.1.	Sistemas Colorimétricos	28
Capítulo 3: Parte Experimental e Análise de Resultados		30
3.1.	Otimização das lavagens por esgotamento	30
3.1.1.	Processo industrial de tingimento	30
3.1.2.	Processo industrial de lavagem.....	31
3.1.3.	Ensaio de controlo de qualidade	32
3.1.3.1.	Solidez dos tintos à lavagem.....	33
3.1.3.2.	Solidez dos tintos à água.....	33
3.1.3.3.	Solidez dos tintos à prensagem a quente.....	34
3.1.3.4.	Solidez dos tintos à fricção a seco e a húmido	35
3.1.3.5.	Análise espectrofotométrica dos banhos de lavagem	36
3.2.	Otimização da receita de preparação do estampado digital.....	39

3.2.1.	Processo de impregnação da receita	39
3.2.1.1.	Estudo das receitas 1, 2 e 3.....	40
3.2.1.2.	Estudo das receitas 4, 5, 6, 7, 8 e 9	44
3.2.1.3.	Receitas de preparação 10, 11 e 12.....	50
3.2.1.4.	Receitas de preparação 13, 14 e 15.....	54
3.2.2.	Alterações das receitas de preparação.....	57
3.2.2.2.	Estudo da receita otimizada	59
Capítulo 4:	Conclusão e Perspetivas Futuras.....	68
Capítulo 5:	Referências Bibliográficas	71
Capítulo 6:	Anexos	74

Lista de Figuras

Figura 1: Logotipo da empresa Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.	1
Figura 2: a) Fibras contínuas unidirecionais; b) Fibras descontínuas unidirecionais; c) Fibras descontínuas aleatoriamente alinhadas.....	4
Figura 3: Representação da tecelagem das fibras em tela e da tricotagem das fibras em malha (retirado de ^{12,13}). 6	6
Figura 4: Estrutura química de um elo da cadeia celulósica, a glucose (retirado de ¹⁶).....	7
Figura 5: (A) Exemplo de uma flor de algodão (retirado de ¹⁹); (B) Fibra do algodão (retirado de ²⁰).	8
Figura 6: Exemplo da estrutura química de uma fibra proteica, em que R corresponde à cadeia lateral dos aminoácidos (criado em ChemDraw).	8
Figura 7: Caule da árvore do bambu a fibra da viscose e a mesma após operações de preparação artificial (retirado de ²⁴).	10
Figura 8: Máquina de gasear - Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).	12
Figura 9: Máquina de branquear - Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria). 14	14
Figura 10: Máquina de mercerizar - Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).	15
Figura 11: Máquina de tingimento <i>jet</i> - Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).	16
Figura 12: Máquina de tingimento <i>foulard</i> - Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).	17
Figura 13: Máquina de estampar ao quadro rotativo - Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).	20
Figura 14: Máquina de estampar PIKE - Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).	20
Figura 15: Máquina de estampar JPK - Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).	20
Figura 16: Máquina de estampar sublimados - Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).	21
Figura 17: Máquina de calandrar- Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria). 22	22
Figura 18: Máquina de sanforização - Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).	22
Figura 19: Máquina de ramulagem Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).	22
Figura 20: Exemplo da reação entre o corante reativo (monoclorotriazina) e a celulose (criado em ChemDraw, adaptado de ³⁰).	24

Figura 21: Escala de cinzentos utilizada para avaliação das alterações de cor entre a amostra padrão e a amostra ensaio (níveis 1, 1-2, 2, 2-3, 3, 3-4, 4-5 e 5.....	25
Figura 22: Espectro eletromagnético apresentada em destaque a zona do visível de 400-750nm.	26
Figura 23: Círculo cromático (retirado de ³⁵).	27
Figura 24: Representação do sistema cromático CIE L * a * b.	28
Figura 25: Representação do sistema cromático CIElab L * C * h.	29

Índice de Tabelas

Tabela 1: Exemplos de fibras naturais e de onde são originárias.	6
Tabela 2: Exemplos de fibras químicas e de onde são originárias.	9
Tabela 3: Comprimento de onda no espectro eletromagnético, cor absorvida e respetiva cor visível.....	27
Tabela 4: Receitas de tingimento por esgotamento das cinco malhas 100% CO.	31
Tabela 5: Características do processo standard de lavagem de malha 100% CO tingidas com corantes reativos (1 – 3%), por Kg de malha.	31
Tabela 6: Características dos processos de lavagem das malhas 100% CO tingidas com corantes reativos (amostras 1, 2, 3, 4 e 5).	32
Tabela 7: Avaliação do manchamento dos testemunhos multifibras DW no teste de solidez dos tintos à lavagem a 40°C, segundo a escala de cinzentos.....	33
Tabela 8: Avaliação do manchamento dos multifibras DW no teste de solidez dos tintos à água, segundo a escala de cinzentos.....	34
Tabela 9: Avaliação do manchamento dos provetes no teste de prensagem a quente, segundo a escala de cinzentos.	35
Tabela 10: Avaliação do manchamento dos provetes no teste de solidez dos tintos à fricção a seco e à fricção a húmido, segundo a escala de cinzentos.....	36
Tabela 11: Equações das curvas de calibração obtidas a partir das absorvâncias medidas em função da concentração das soluções padrão.	37
Tabela 12: Absorvâncias medidas dos 4 banhos dos respetivos processos de lavagem das diversas amostras (Amostra 1: comprimento de onda de 417 nm; Amostra 2: comprimento de onda de 601 nm; Amostra 3: comprimento de onda de 515 nm; Amostra 4: comprimento de onda de 415 nm; Amostra 5: comprimento de onda de 491 nm).	38
Tabela 13: Cálculo da concentração real de corante em cada banho, relativo ao processo de lavagem da Amostra 1, Amostra 2, Amostra 3, Amostra 4 e Amostra 5.	38
Tabela 14: Receitas originais de preparação dos artigos de fibras celulósicas e das fibras de viscose.	39
Tabela 15: Receitas de preparação 1, 2 e 3 dos artigos de fibras celulósicas.	40
Tabela 16: Resultados obtidos para o ensaio 1 para as fibras celulósicas.....	41
Tabela 17: Valores de ΔL , Δa e Δb calculados tendo como padrão os valores obtidos para a receita original...	42
Tabela 18: Receitas de preparação 1, 2 e 3 dos artigos das fibras de viscose.....	42
Tabela 19: Resultados obtidos para o ensaio 1 para as fibras de viscoses.	43
Tabela 20: Valores de ΔL , Δa e Δb calculados tendo como padrão os valores obtidos para a receita original...	44
Tabela 21: Receitas de preparação 4, 5, 6, 7, 8 e 9 dos artigos de fibras celulósicas.	44
Tabela 22: Resultados obtidos para o ensaio 2 para as fibras celulósicas.....	45

Tabela 23: Resultados obtidos para o ensaio 2 para as fibras de viscose.....	46
Tabela 24: Receitas de preparação 4, 5, 6, 7, 8 e 9 dos artigos de fibras de viscose.	47
Tabela 25: Resultados obtidos para o ensaio 2 para as fibras de viscose.....	48
Tabela 26: Resultados obtidos para o ensaio 2 para as fibras de viscose.....	49
Tabela 27: Receitas de preparação 10,11 e 12 dos artigos de fibras celulósicas.	50
Tabela 28: Resultados obtidos para o ensaio 3 para as fibras celulósicas.....	51
Tabela 29: Resultados obtidos para o ensaio 3 para as fibras celulósicas.....	52
Tabela 30: Receitas de preparação 10,11 e 12 dos artigos de fibras de viscose.	52
Tabela 31: Resultados obtidos para o ensaio 3 para as fibras de viscose.....	53
Tabela 32: Resultados obtidos para o ensaio 3 para as fibras de viscose.....	54
Tabela 33: Receitas de preparação 13, 14 e 15 de ambos os substratos em estudo.	54
Tabela 34: Resultados obtidos para o ensaio 3 para o substrato de fibras celulósicas.....	55
Tabela 35: Resultados obtidos para o ensaio 3 para as fibras celulósicas.....	56
Tabela 36: Resultados obtidos para o ensaio 3 para o substrato de fibras de viscose.	56
Tabela 37: Resultados obtidos para o ensaio 3 para as fibras de viscose.....	57
Tabela 38: Receitas de preparação original e otimizada de fibras celulósicas e de fibras de viscose.	58
Tabela 39: Custo em € de cada reagente por Kg.	58
Tabela 40: Análise de custos de alteração das receitas de preparação comparativamente com a receita original da Adalberto.....	59
Tabela 41: Resultados obtidos para o substrato de fibras celulósicas preparadas com a receita original e com a receita otimizada do teste das cores.	60
Tabela 42: Resultados obtidos para o estudo da Receita Original vs Receita Otimizada para o substrato de fibras celulósicas.	60
Tabela 43: Resultados obtidos para o substrato de fibras celulósicas preparadas com a receita original e com a receita otimizada do teste dos desenhos.	61
Tabela 44: Resultados obtidos para o substrato de fibras de viscose preparadas com a receita original e com a receita otimizada do teste das cores.	64
Tabela 45: Resultados obtidos para o estudo da Receita Original vs Receita Otimizada para o substrato de fibras de viscose.	64
Tabela 46: Resultados obtidos para o substrato de fibras de viscose preparadas com a receita original e com a receita otimizada do teste dos desenhos.	65

Índice de Esquemas

Esquema 1: Classificação das fibras têxteis e de onde são originárias (adaptado de ¹⁰).	5
Esquema 2: Processo produtivo generalizado de uma empresa têxtil.....	10
Esquema 3: Mecanismo de percepção da cor (adaptado de ²⁶).....	26

Índice de Anexos

Anexo A - Resultados referentes à secção 3.1.3.1. Solidez dos tintos à lavagem	74
Anexo B – Resultados referentes à secção 3.1.3.2. Solidez dos tintos à água	74
Anexo C – Resultados referentes à secção 3.1.3.3. Solidez dos tintos à prensagem a quente	75
Anexo D – Resultados referentes à secção 3.1.3.4. Solidez dos tintos à fricção a seco e a húmido	76
Anexo E – Resultados referentes à secção 3.1.3.5. Análise espectrofotométrica dos banhos de lavagem.....	77
Anexo F – Resultados referentes à secção 3.2.1.1. Estudo das receitas 1, 2 e 3	77
Anexo G – Resultados referentes à secção 3.2.1.2. Estudo das receitas 4, 5, 6, 7, 8 e 9	78
Anexo H – Resultados referentes à secção 3.2.1.3. Estudo das receitas 10, 11 e 12	78
Anexo I – Resultados referentes à secção 3.2.1.4 Estudo das receitas 13, 14 e 15.....	79
Anexo J - Resultados referentes à secção 3.2.2.2. Estudo da receita otimizada.....	80

Lista de siglas e abreviaturas

CA Acetato de celulose

CO Algodão

CV Viscose

ORG Orgânico

PA Poliamida

PAN Acrílico

PE Poliéster

PU Pick-Up

WO Lã

Capítulo 1: Introdução

1.1. Enquadramento

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito da Dissertação no Mestrado em Técnicas de Caracterização e Análise Química, curso do Departamento de Química da Escola de Ciências da Universidade do Minho e decorreu em ambiente empresarial na Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A., com a duração de dez meses (outubro de 2021 a julho de 2022). Durante este período foi desenvolvido um conjunto de projetos de interesse para a empresa, de modo a otimizar diversos processos industriais, alguns deles estando atualmente a ser implementados na mesma.

1.2. Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.

A empresa onde decorreu o trabalho da presente dissertação foi a Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A. (Figura 1) localizada na Rua Adalberto Pinto da Silva, 4795-177 Rebordões, Santo Tirso.



Figura 1: Logotipo da empresa Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.

A Adalberto foi criada em 1969 e logo nos anos 60 foi reconhecida pelas principais marcas globais como um bom parceiro ao nível do desenvolvimento de produtos em têxtil moda. Ao longo das décadas de 70 e 80 foram implementadas novas técnicas de estampagem, o que provocou um crescimento exponencial tendo-se tornado na década de 90 a maior estamparia têxtil a nível nacional, com 362 trabalhadores. Também foi nesta década que a empresa criou a sua própria marca em têxtil lar, a GamaNatura. Atualmente os principais investimentos focam-se na criação de novas instalações e na produção digital tanto dos têxteis-lar como de têxteis-moda.

No futuro, a Adalberto tem por ambição ser reconhecida pelas principais marcas globais como o melhor parceiro de desenvolvimento de produtos de moda através de uma produção de qualidade, rápida e inovadora.

1.3. Motivação e Objetivos

Na presente dissertação irão ser abordados dois projetos principais que foram desenvolvidos ao longo do estágio. O primeiro, a otimização das lavagens em descontínuo de fibras celulósicas tingidas com corantes reativos, teve como objetivo o estudo de novos produtos detergentes e a diminuição da quantidade de banhos

necessários aquando da lavagem. Este projeto foi desenvolvido com o intuito de poupança de recursos ambientais e que proporcionem, também, uma diminuição de custos económicos para a empresa.

O segundo projeto abordado neste trabalho é a otimização da estamperia, na medida de alteração da concentração dos diversos produtos utilizados na receita da pasta de preparação da estamperia digital, de modo a poupar recursos económicos.

Em ambos os projetos foram executados diversos testes de controlo de qualidade pelo departamento de Controlo de Qualidade da empresa, para estudar se as otimizações seriam ou não favoráveis para alteração do processo, tendo sempre por base o caderno de encargos oferecido pela Estamperia Têxtil Adalberto Pinto da Silva, S.A.

1.4. Metodologias

Tal como referido na secção 1.3 deste capítulo, a presente dissertação foi desenvolvida segundo dois trabalhos realizados durante o estágio na Estamperia Têxtil Adalberto Pinto da Silva, S.A.

Relativamente à otimização das lavagens de fibras celulósicas tingidas com corantes reativos, inicialmente seleccionou-se uma gama de corantes bem como a % de corante presente em cada tingimento, De seguida, ocorreu um estudo de mercado realizado pela empresa para estudo de novos detergentes a utilizar, bem como a alteração de alguns parâmetros no processo de lavagem, descritos na secção 3.1. do capítulo 3. Tanto o tingimento como a lavagem dos artigos apresentados neste trabalho foram realizados na produção. Por fim, foram realizados em laboratório testes de controlo de qualidade fornecidos pela Adalberto e estes foram comparados com o caderno de encargos fornecido pela mesma para perceber se as alterações se tornaram positivas.

O segundo trabalho abordado é a otimização das receitas de preparação dos artigos compostos por fibras celulósicas a estampar digitalmente com corantes reativos. Inicialmente analisou-se a receita de preparação tendo em conta cada um dos seus componentes e desenvolveram-se receitas alterando as concentrações dos mesmos, de modo a perceber o efeito de cada um deles nas tricromias utilizadas para estampar (receitas apresentadas na secção 3.2. do capítulo 3). A impregnação das amostras com as diferentes receitas de preparação foi realizada em laboratório com o auxílio de um *foulard*. Seguidamente as amostras foram estampadas digitalmente, vaporizadas e lavadas. Finalizadas as amostras, foram analisadas as suas cores com o auxílio de um colorímetro, de modo a perceber se as alterações proporcionaram um melhoramento, ou não, de cor.

1.5. Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos.

No Capítulo 1 apresenta-se a Introdução, tendo como subcapítulos o enquadramento do presente estudo, uma breve introdução sobre a empresa Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva, S.A., a motivação e os objetivos do desenvolvimento do trabalho, as metodologias utilizadas e a estrutura da dissertação.

O Capítulo 2 refere-se aos Conceitos Teóricos, capítulo inteiramente dedicado aos fundamentos teóricos para o entendimento do trabalho que foi desenvolvido. Apresentam-se como subcapítulos as fibras têxteis, o processo produtivo em geral de uma empresa têxtil, os corantes e a colorimetria.

No Capítulo 3 é referente à parte experimental do presente trabalho, sendo apresentados os diversos procedimentos realizados nos dois projetos e os ensaios experimentais que foram utilizados. É também nesta secção que os resultados obtidos serão analisados.

O Capítulo 4 corresponde à apresentação de todas as conclusões, assim como sugestões de realização de projetos futuros para aprofundar esses temas.

No Capítulo 5 apresentam-se as referências bibliográficas que apoiam os conceitos teóricos descritos no presente trabalho e, por fim, no Capítulo 6 estão apresentados os Anexos onde se pode observar os resultados obtidos nos testes de controlo de qualidade, assim como valores obtidos para efetuar os cálculos dos diversos parâmetros estudados em ambos os projetos.

Capítulo 2: Conceitos Teóricos

2.1. Fibras têxteis

As fibras têxteis são usualmente macromoléculas lineares, naturais ou não naturais (químicas), que correspondem ao elemento base das estruturas têxteis aplicadas em diversas indústrias. Estas apresentam propriedades úteis para aplicações têxteis tais como flexibilidade, finura, suavidade, conforto, densidade, comportamento com a humidade, lustro, cor, rigidez, resiliência, resistência à abrasão, propriedades elétricas, propriedades térmicas, propriedades óticas, comportamento à ação dos produtos químicos e um comprimento largamente superior ao seu diâmetro, permitindo o enrolamento do fio e a produção de tecidos.^{1,2}

As fibras podem ser classificadas como contínuas (filamentos) e descontínuas, representadas na Figura 2, sendo que estas diferem entre si na estrutura química, forma transversal, superfície de contorno, largura e comprimento.³

Pode observar-se o efeito positivo do maior comprimento da fibra na melhoria da coesão da mesma, bem como um aumento da resistência, dado as fibras descontínuas apresentarem um comprimento mais curto (apenas alguns centímetros) estando mais propensas à quebra por apresentarem muitos espaços vazios ao longo da cadeia.^{4,5}

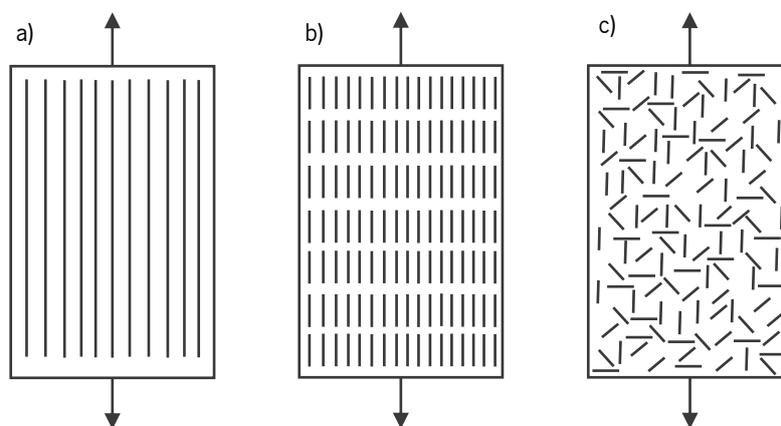


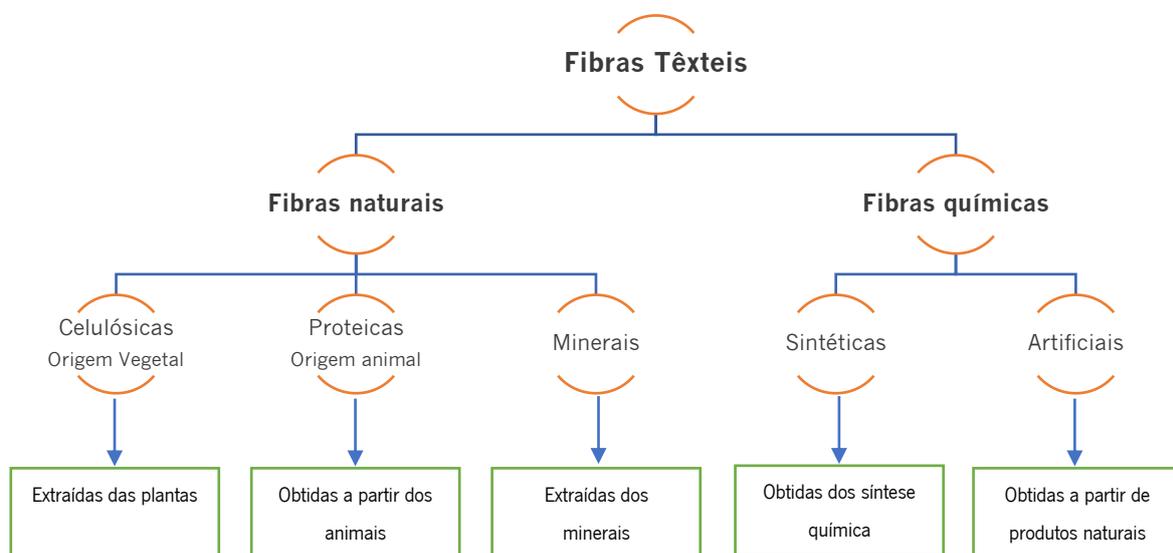
Figura 2: a) Fibras contínuas unidirecionais; b) Fibras descontínuas unidirecionais; c) Fibras descontínuas aleatoriamente alinhadas.

Para que se formem tecidos a partir das fibras para aplicação têxtil, estas deverão ter um arranjo paralelo, de modo a facilitar a torção para formar o fio, que se trata de um conjunto de filamentos.⁶ Estes deverão apresentar atração interna para dar coesão à estrutura e deverão apresentar alguma liberdade de movimento para fornecer extensibilidade no fio, bem como abertura suficiente entre as fibras para ser possível a adsorção do corante no processo de tingimento e estampagem.^{4,7}

As fibras têxteis apresentam na sua estrutura zonas cristalinas, nas quais as moléculas poliméricas apresentam grande ordenação, e por isso, com poucas zonas que possam ser ocupadas pelo corante sendo

assim caracterizadas por zonas de baixa adsorção. Por outro lado, existem zonas amorfas que representam os espaços livres das fibras onde o corante pode penetrar na estrutura.^{2,8}

Existem dois grandes tipos de fibras têxteis, as que provêm da natureza (fibras naturais) e as que são produzidas industrialmente pelo Homem (fibras químicas). As fibras naturais podem subdividir-se em três classes subjacentes, as fibras vegetais (celulósicas), as fibras animais (proteicas) e as fibras minerais. Por outro lado, existem fibras químicas sintéticas e fibras químicas artificiais. No Esquema 1 apresentam-se as classes das fibras têxteis.⁴



Esquema 1: Classificação das fibras têxteis e de onde são originárias (adaptado de⁹).

Alguns exemplos de fibras naturais são o algodão, seda e lã, de fibras químicas sintéticas, a poliamida e poliéster e de fibras artificiais, a viscose.¹⁰

É possível conjugar vários tipos de fibras (*i.e.*, algodão/poliamida, lã/poliamida, lã/poliéster, poliéster/algodão) de modo a melhorar a qualidade e propriedades dos produtos têxteis finais, o que se torna uma vantagem visto que é possível efetuar a correção de imperfeições, adicionando percentagens específicas para determinado fim (*i.e.*, novas cores, baixar o custo, aumentar a absorção das fibras, melhorar os processos de fiação, tecelagem e acabamento).²

Na Figura 3 está representado como ocorrem os cruzamentos das fibras na tecelagem de modo a se formar a estrutura coesa das telas utilizando dois fios, um no sentido transversal – trama – e outro no sentido longitudinal – teia.¹⁰ Relativamente às malhas, o processo de formação da estrutura denomina-se tricotagem que

consiste no entrelaçamento do fio através de técnicas de formação de laçadas, e utiliza apenas um fio, sendo a designação de fileiras e colunas.¹¹ Os processos de tecelagem e tricotagem permitem conferir à tela/malha diferentes composições, nomeadamente os pontos, pesos, larguras, *designs*, etc.¹²

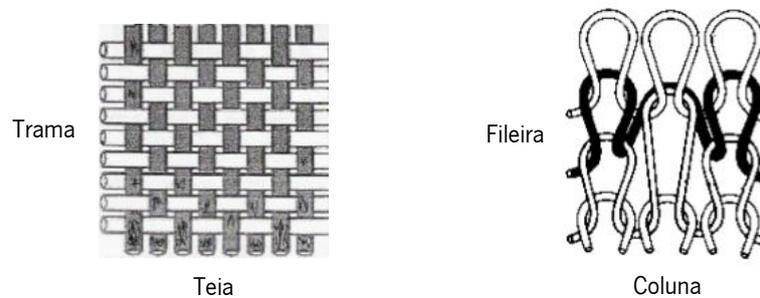


Figura 3: Representação da tecelagem das fibras em tela e da tricotagem das fibras em malha (retirado de ^{12,13}).

2.1.1. Fibras Naturais

Fibras naturais são aquelas que provêm da natureza, quer seja a nível vegetal, animal ou mineral. As fibras provenientes de natureza vegetal denominam-se fibras celulósicas e, por sua vez, as fibras de origem animal são as fibras proteicas, sendo que ambas necessitam de tratamento e transformação para que possam ser utilizadas na indústria têxtil.¹³

Ambas as fibras naturais supracitadas são amplamente utilizadas e são cadeias poliméricas lineares de glucose, no caso das fibras celulósicas (*i.e.* algodão e linho), e cadeias de diferentes aminoácidos que formam as proteínas, no caso das fibras proteicas (*i.e.* seda e lã).²

Na Tabela 1 abaixo podemos encontrar diferentes fibras naturais e qual a sua origem de acordo com a extração vegetal ou animal.

Tabela 1: Exemplos de fibras naturais e de onde são originárias.

Fibras Naturais					
Vegetais → Celulósicas			Animais → Proteicas		
Caule	Folha	Fruto e Semente	Lã e pelos finos	Pelos grossos	Seda
Cânhamo			Angorá		
Juta	Coroá		Cachemira		
Linho	Sisal	Algodão	Coelho	Cabra	Cultivada
Malva	Tucum	Coco	Ovelha		Silvestre
Rami			Mohair		

As fibras naturais têm vantagens associadas ao seu fabrico/utilização, tais como apresentarem uma maior força e rigidez devido ao baixo peso da fibra e a sua produção exige pouco gasto de energia e baixa emissão de CO_2 . As fibras naturais, apesar de possuírem um elevado custo, possuem alta resistência elétrica e capacidades termorreguladoras através da absorção da humidade e da capacidade de isolamento e, por fim, são fibras biodegradáveis e renováveis.^{5,14}

No entanto, apresentam também desvantagens tais como serem de qualidade variável, o seu processamento apresenta uma temperatura máxima de utilização pondo em risco a fibra, a durabilidade é inferior comparativamente às fibras não naturais, têm pouca resistência ao fogo e existe uma flutuação dos preços devido à sua colheita/política agrícola.¹⁴

2.1.1.1. Celulósicas

As fibras celulósicas são aquelas que são processadas através de matéria-prima que é extraída de diversas partes da planta, como o caule, folhas, frutos e sementes. Esta matéria-prima é a celulose, constituída por unidades de glucose que formam ligações glicosídicas com outras moléculas de glucose formando uma cadeia polimérica linear.¹⁵ Na Figura 4 encontra-se representada uma molécula de glucose e a ligação entre duas unidades de glucose.

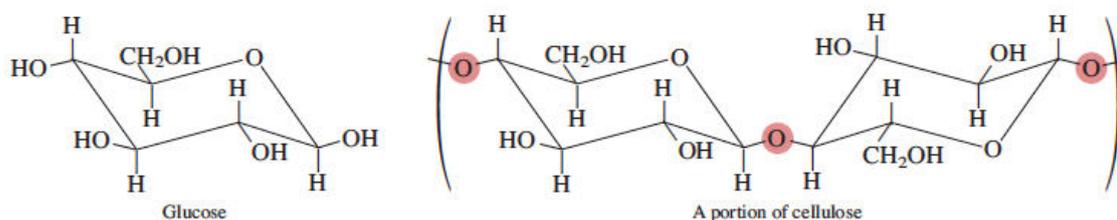


Figura 4: Estrutura química de um elo da cadeia celulósica, a glucose (retirado de ¹⁶).

Por análise raio-X, é possível observar que esta cadeia apresenta uma zona cristalina de 70% a 80% ¹⁷, caracterizada por um polissacarídeo de cadeia longa e elevado peso molecular,¹⁸ e também uma zona amorfa que contém um elevado número de grupos hidroxilo que são responsáveis por conferir ao algodão uma elevada capacidade de absorção de água, o que facilita os processos tintoriais e a lavagem em meio aquoso.¹³

Estas fibras, além da celulose, contêm diversas impurezas naturais como gorduras, ceras, pectinas e pigmentos, que posteriormente à tecelagem/tricotagem, sofrerão diversos processos para eliminação das mesmas. Mais à frente nesta dissertação estarão explicados os processos existentes na empresa Adalberto para eliminação destas contaminações.

De entre as fibras celulósicas, a fibra mais abundante e mais utilizada na indústria têxtil é o algodão.¹⁴ Trata-se de uma fibra com características de elevado interesse de utilização como a sua suavidade, ser

confortável para o seu utilizador, possuir uma boa solidez, ser hidrofílica, ser hipoalergénica, provocar uma sensação de frescura no utilizador e possui uma boa resistência à luz solar e aos solventes orgânicos.⁵ Esta fibra poderá ser conjugada com todos os outros tipos de fibras existentes no mercado, tanto naturais ou químicas. Na Figura 5 encontra-se exemplificada uma flor de algodão e a fibra a que dá origem.

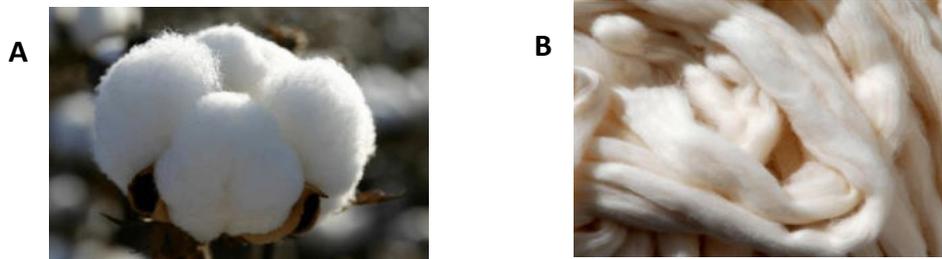


Figura 5: (A) Exemplo de uma flor de algodão (retirado de ¹⁹); (B) Fibra do algodão (retirado de ²⁰).

2.1.1.2. Proteicas

As fibras proteicas são fibras de origem natural que provêm de diversos animais, como as secreções glandulares e os bolbos pilosos. São polímeros complexos compostos por cadeias de diferentes aminoácidos, ligados através de ligações amida, que originam, por exemplo, a lã e a seda.

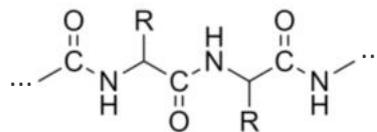


Figura 6: Exemplo da estrutura química de uma fibra proteica, em que R corresponde à cadeia lateral dos aminoácidos (criado em ChemDraw).

2.1.2. Fibras Químicas

As fibras que são manufaturadas pelo Homem constituem outra classe de fibras têxteis, denominando-se de fibras químicas ou fibras não-naturais. Estas são fornadas por macromoléculas lineares produzidas por síntese ou modificadas por processos químicos.

Dado as fibras químicas serem produzidas em laboratório, é possível dotar-lhes características diferenciadas das fibras naturais, como uma maior estabilidade dimensional e consequentemente um aumento de resistência à rutura e a diminuição do poder de absorção da humidade corporal.^{1,2} À medida que as aplicações disponíveis de fibras químicas foi aumentando, tornou-se uma necessidade o seu desenvolvimento devido ao crescimento populacional a nível mundial, que requisitou a fabricação de têxteis-moda/têxteis-lar com rapidez e com baixo custo. Isto levou à redução da vulnerabilidade têxtil para eventuais quebras na produção agrícola das fibras naturais.²¹ As fibras químicas subdividem-se em duas classes, as fibras artificiais e as fibras sintéticas. Na Tabela 2 estão exemplificados alguns tipos de fibras químicas e a sua origem.

Tabela 2: Exemplos de fibras químicas e de onde são originárias.

Fibras Químicas			
Fibras Sintéticas		Fibras Artificiais	
Derivadas do petróleo		Derivadas de fibras naturais	
Acrílico	Polipropileno	Viscose	Alginato
Poliéster	Elastano	Acetato	Borracha
Licra	Poliamida	Liocel	

2.1.2.1. Sintéticas

Uma das subclasses das fibras químicas são as fibras sintéticas, cuja origem são as matérias-primas fósseis, como o petróleo. Dado este ser um recurso natural que não depende das oscilações das colheitas ou do volume de produção como os recursos aproveitados para fabricação das fibras têxteis naturais, trata-se de um recurso de elevada importância. Através das sínteses químicas, são produzidas diversas fibras derivadas de precursores provenientes do petróleo (*i.e.* poliéster, licra e poliamida) tratando-se assim de têxteis puramente químicos.^{2,8} A fibra sintética mais produzida industrialmente a nível global é o poliéster.²²

A fabricação destas fibras contribuiu para um alargamento da gama de aplicações dos materiais à base de fibras, tendo em conta as suas propriedades físicas, químicas e mecânicas. Desta forma, além da indústria têxtil, este tipo de fibras são facilmente encontradas nas mais diversas áreas de aplicações (*i.e.* medicina, transportes, aeronáutica e construção civil).²³

2.1.2.2. Artificiais

As fibras químicas artificiais são obtidas pela transformação de matérias-primas de origem natural que não são reaproveitadas ou que não são possíveis trabalhar para a fabricação das fibras naturais (*i.e.* viscose e liocel).^{1,2} Uma característica destas fibras é que a sua estrutura final, que é muito parecida à estrutura da fibra a que lhe deu origem.⁹

A viscose é uma fibra fabricada a partir de uma pasta de papel e da madeira, tendo desta forma origem na celulose natural. Esta fibra apresenta um toque agradável, um conforto natural e sensação de frescura, maior absorção de humidade comparativamente com o algodão e apresenta uma boa resistência aos solventes orgânicos e à luz solar. No entanto, os artigos fabricados a partir desta fibra perdem resistência quando molhados, têm tendência a amarrotar e apresentam má estabilidade dimensional.^{2,8} Na figura 7 apresenta-se um exemplo de viscose obtida a partir da fibra do bambu.

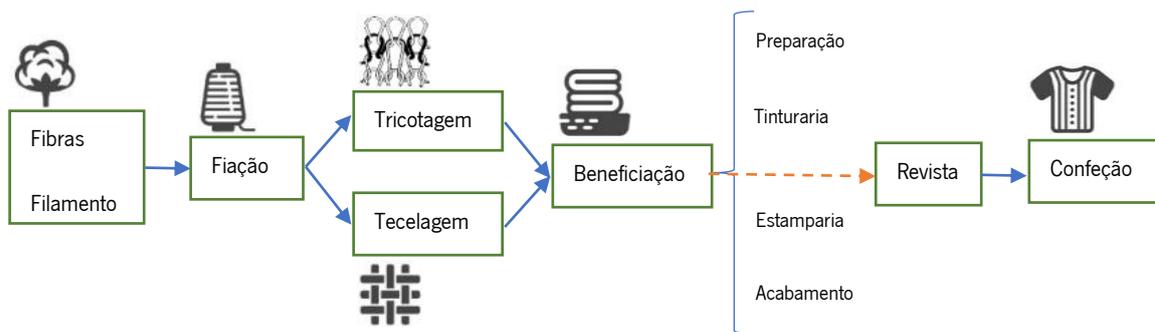


Figura 7: Caule da árvore do bambu a fibra da viscose e a mesma após operações de preparação artificial (retirado de ²⁴).

2.2. Processo Produtivo

O processo produtivo da empresa Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A. inicia-se com a preparação dos artigos de malha ou tecido que chegam ainda em cru, após processos de malharia e tecelagem. Quando o artigo chega à empresa é formulado um roteiro a seguir, sendo que geralmente as etapas iniciais são realizadas na secção de preparação onde o artigo é sujeito a diversos processos de limpeza para remoção de impurezas. Após a preparação, dá-se o tingimento e/ou a estampagem dos artigos e por fim a aplicação de acabamentos químicos ou físicos.²⁵ Após o processo de acabamento, o artigo é revistado e se estiver tudo conforme o caderno de encargos do cliente e da empresa, o artigo é enviado ao cliente.²⁶

No Esquema 2 podemos observar o processo produtivo dos artigos têxteis, desde as fibras em cru até à confeção.



Esquema 2: Processo produtivo generalizado de uma empresa têxtil.

2.2.1. Preparação

A preparação dos artigos consiste na remoção das impurezas presentes no tecido no estado cru após tecelagem/malharia, de modo a eliminar os contaminantes que possam existir que irão provocar alterações nos procedimentos têxteis. Estas impurezas podem ter origem natural como as hemiceluloses, pectinas, ceras, no caso das fibras celulósicas e gorduras, resíduos vegetais e resíduos de suor nas fibras proteicas. Além destas,

pode ocorrer a contaminação resultante do procedimento de fabricação das fibras em cru como a presença de encolantes ou lubrificantes. Já as fibras de origem artificial ou sintética contêm componentes que facilitam o processamento das mesmas, como lubrificantes.²⁷

A preparação dos tecidos é essencial pois permite remover todos os tipos de impurezas, naturais ou adicionadas durante o processamento do tecido, dotar o material de uma elevada e uniforme hidrofiliabilidade incrementando a sua capacidade de absorção de soluções aquosas/ produtos químicos, estabilidade, melhorar a sua capacidade de absorção de soluções que contêm corantes e/ou agentes químicos, aumentar o brilho, obter um grau de branco adequado a cada tipo de tecido e minimizar os danos provocados no material. No entanto, quando ocorrem falhas no tratamento prévio do tecido, podem ocorrer consequências posteriores no processo, nomeadamente tingimentos não uniformes e com fraca penetração, bem como nos processos de estamparia e acabamento.^{2,28}

Este conjunto de operações iniciais vão depender do nível e tipo de impurezas presentes nos diversos artigos, dos reagentes e processos utilizados nas várias etapas deste tratamento prévio, da qualidade da água que é utilizada e do tipo de maquinaria/ operações definidas no roteiro.

2.2.1.1. Gasagem e desencolagem

Após a tecelagem dos artigos, a primeira operação a ser realizada ainda com a fibra em cru, é a gasagem. Esta etapa consiste na eliminação de pelos soltos e da pilosidade superficial dos artigos feita através da passagem dos mesmos por uma chama obtida pela queima de gás, ou pela passagem sobre rolos ou placas aquecidas. Esta operação é feita com uma velocidade de metro/minuto elevada para não ocorrer a queima do artigo (Figura 8).

As vantagens inerentes à realização deste processo no tratamento prévio do artigo consistem em obter superfícies dos materiais mais uniformes e brilhantes, reduzir a formação de “pilling” em fases posteriores e permitir a reprodução de traços finos e bem definidos no decorrer dos processos de estamparia. No entanto, quando ocorrem falhas no decorrer deste processo pode suceder o aparecimento de bandas ou manchas após o tingimento. Caso esta queima seja demasiado intensa pode dar-se a degradação térmica das fibras mais sensíveis, com deterioração das propriedades mecânicas das mesmas.²⁸

Quando o artigo é de origem vegetal, imediatamente após a operação de gasagem, dá-se a realização de uma operação denominada desencolagem que é responsável pela eliminação dos encolantes (amido natural, amido modificado ou polímero orgânico) utilizados aquando da fiação do artigo, antes da tecelagem. Esta operação proporciona ao artigo uma melhoria da hidrofiliabilidade e do toque do mesmo.²⁸



Figura 8: Máquina de gasear - Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).

2.2.1.2. Fervura Alcalina

A operação de fervura alcalina consiste num tratamento realizado com uma solução alcalina de soda cáustica, surfactantes e agentes sequestrantes que promove a degradação das gorduras, pectinas, ceras e sais minerais presentes nas fibras, que podem tornar-se obstáculos nas operações de tinturaria/estamparia. Permite também eliminar produtos de encolagem das fibras naturais de origem vegetal, caso o artigo não tenha sido desencilado, além de dotar ao material uma maior hidrofiliabilidade e obtenção de uma base com grau de branco favorável para a operação de branqueamento ser suficiente.

A soda cáustica tem como finalidade promover a dilatação da fibra e dissolução dos resíduos vegetais não removidos no decorrer do processo de fiação e saponificar as gorduras e as ceras. Os surfactantes utilizados têm como objetivo facilitar a penetração dos reagentes no interior das fibras e emulsionar os óleos e as ceras. Por último, os agentes sequestrantes atuam de modo a complexar com iões metálicos de cálcio ou magnésio presentes nas fibras ou na solução, em especial quando se utilizam águas duras, permitindo a sua dissolução e posterior remoção.^{29,30}

2.2.1.3. Branqueamento

O branqueamento tem como objetivo dotar o material de um grau de branco adequado dependendo da finalidade do mesmo e isto ocorre pela eliminação do corante natural presente nas fibras que confere ao material uma tonalidade amarelada (Figura 9). Desta forma, para cores mais claras no tingimento/estampado é necessário graus de branco superiores àqueles obtidos para artigos que vão ser corados com cores mais escuras.²⁸

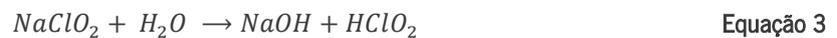
Os branqueamentos podem ocorrer por três agentes diferentes: o hipoclorito de sódio, o clorito de sódio e o peróxido de hidrogénio, tratando-se estes de agentes oxidativos.

Quando se dá o branqueamento utilizando o hipoclorito de sódio (equação 1 e 2), a solução final obtida vai ter um poder oxidativo de branquear as fibras, tratando-se de um processo com baixo custo de reagentes e de reduzido consumo energético. No entanto, este processo tem como risco a degradação da celulose das fibras

celulósicas, o que provoca uma perda da resistência mecânica por parte dos materiais havendo, por isso, a necessidade de encontrar uma solução que permita o aumento do grau de branco, sem a degradação da fibra. Além disto, outra desvantagem da utilização deste processo de branqueamento é a formação de elevados níveis de compostos orgânicos corados e clorofórmio nos efluentes, elevado tempo de tratamento e a degradação da maioria dos corantes e dos branqueadores óticos.



Um segundo tipo de branqueamento é aquele utilizado a partir do clorito de sódio que se realiza em condições ácidas onde ocorre a libertação do dióxido de cloro sendo, no entanto, um composto tóxico e corrosivo (equação 3, 4, 5 e 6). Neste meio ácido, ocorre também a formação de ácido cloroso, clorato de sódio e cloreto de sódio, tratando-se o dióxido de cloro e o ácido cloroso das espécies branqueadoras.



Este tipo de branqueamento é utilizado para tratar fibras sintéticas e é ideal quando se trata de branquear misturas de fibras, como PES/CO. Este apresenta diversas vantagens como não necessitar de um pré-tratamento das fibras demasiado severo, dotar o material de um toque suave e ser menos sensível à contaminação por metais. No entanto, também apresenta algumas desvantagens como a libertação de dióxido de cloro, os equipamentos que são utilizados são de elevado custo e, uma vez que este não elimina as gorduras e ceras presentes nas fibras, não dota o material de uma elevada hidrofiliabilidade, sendo também incompatível com grande parte dos corantes e dos branqueadores óticos comercializados.

O branqueamento que é mais utilizado ao nível têxtil é aquele que ocorre a partir do peróxido de hidrogénio, sendo que 90-95% dos materiais e das misturas de materiais podem ser branqueadas desta forma. Este tratamento por si só tem uma reduzida ação branqueadora, tendo por isso a necessidade da utilização de agentes alcalinos que irão ativar este mecanismo, pela formação de ião perhidroxilo, sendo este o agente branqueador. A adição dos agentes alcalinos tem como função a neutralização dos protões resultantes da decomposição do peróxido de hidrogénio e desloca a reação no sentido da formação de iões perhidroxilos (equação 7).



Este tratamento realiza-se a temperaturas na ordem dos 100°C, sendo que a velocidade do branqueamento vai aumentando consoante o aumento da temperatura do processo, podendo até fazer-se um processo em 20 minutos, com uma temperatura de 120 - 130°C. No entanto, uma vez que a temperaturas elevadas ocorre a degradação do peróxido de hidrogénio, é necessário a utilização de estabilizadores nesta

solução de tratamento uma vez que estes possuem diversas finalidades, entre elas a tamponização das soluções, complexação com impurezas metálicas, atuação como dispersantes e potenciação da ação dos surfactantes.

Este processo tem diversas vantagens como não necessitar de um pré-tratamento demasiado intensivo nem de cuidados especiais na construção dos equipamentos, ter um reduzido impacto ambiental, ser compatível com uma vasta gama de corantes e branqueadores óticos, ter uma aplicação bastante versátil e permitir obter materiais com um grau de branco estável e com boa hidrofiliabilidade. No entanto, tal como os outros processos de branqueamento também apresenta desvantagens como ser um branqueamento sensível a impurezas metálicas, ter a necessidade de controlo rigoroso das soluções de tratamento e ter ainda um maior custo monetário comparativamente aos outros processos.



Figura 9: Máquina de branquear - Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).

2.2.1.4. Branqueamento ótico

Os branqueadores óticos são utilizados quando há a necessidade de obter graus de branco superiores àqueles conseguidos com o branqueamento *standard*, por aplicação de compostos que possuem propriedades de fluorescência. Estes caracterizam-se pela capacidade de absorver radiação na zona do ultravioleta e reemitir como fluorescência a radiação na zona do azul e a sua aplicação pode ser realizada por esgotamento ou impregnação. No entanto, uma consequência da sua utilização é que os materiais, após sofrerem este tratamento, poderão amarelecer por degradação solar, térmica ou química.³¹

2.2.1.5. Mercerização

A mercerização consiste num tratamento dos artigos realizado com uma solução de soda cáustica fortemente concentrada para aumento da estabilidade dimensional da fibra e consequente fixação da estrutura do artigo (Figura 10). Também confere ao artigo uma melhoria da absorção dos corantes aquando tingimento/estamparia e um aumento de brilho.

Este tratamento antecede uma lavagem de extrema importância, realizada a 90-95°C sob tensão do material de modo que a eliminação da soda cáustica seja totalmente eficaz evitando eventuais problemas em etapas seguintes do processo.³²



Figura 10: Máquina de mercerizar - Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).

2.2.1.6. Termofixação

O tratamento da termofixação é utilizado nas fibras sintéticas com o intuito de relaxar as tensões destas aquando da sua fabricação. A sua realização é conseguida numa râmola a uma temperatura de 200°C e é feita após a lavagem do artigo, antes de tingir/estampar, de modo que não haja a fusão dos óleos lubrificantes. Após a passagem do artigo na râmola, dá-se o arrefecimento do mesmo à temperatura ambiente obtendo assim uma maior estabilidade dimensional do artigo.

2.2.2. Tingimento

Posterior à preparação dos artigos pode-se realizar o tingimento dos artigos têxteis. O tingimento consiste num processo pelo qual o substrato têxtil absorve as matérias corantes presentes no banho de tingimento, dotando o artigo de uma cor uniforme. Este processo necessita de uma monitorização constante, para que não haja alteração dos parâmetros de modo a não comprometer a reprodutibilidade entre as partidas, uniformidade e solidez dos tintos, entre outros testes de controlo de qualidade fornecidos pelo caderno de encargos da empresa.

O processo de tingimento pode subdividir-se em quatro etapas, sendo elas a difusão do corante na solução de tingimento, a adsorção do corante à superfície da fibra, a difusão do corante da superfície para o interior da fibra e a fixação do corante à fibra.

A etapa inicial de difusão do corante consiste na dissolução deste na solução aquosa de tingimento, em conjunto com os produtos auxiliares, sendo que esta etapa vai depender da agitação da solução. Posteriormente, dá-se a adsorção da matéria corante à superfície da fibra que vai depender da natureza e constituição química do corante e do substrato a tingir. Em geral, as fibras têxteis celulósicas quando submersas em água adquirem uma carga negativa na sua superfície, sendo que o mesmo ocorre às matérias corantes, pelo que se repelem

mutuamente. Desta forma, há a necessidade de utilizar um produto auxiliar (*i.g.* cloreto de sódio, sulfato de sódio ou carbonato de sódio) que irá neutralizar a carga elétrica da fibra e assim possam ocorrer as reações químicas entre a fibra e o corante. De seguida, ocorre a difusão do corante para o interior da fibra têxtil e a fixação do mesmo através de interações químicas que poderão ocorrer entre o corante a fibra (ligações iónicas, ligações de hidrogénio, ligações de Van der Waals e ligações covalentes).

Atingido o equilíbrio entre o corante presente na solução e o corante presente na fibra, ocorre a lavagem/ensaboamento do artigo, de modo a eliminar todo o corante presente à superfície da fibra que ficou hidrolisado e não reagiu com a mesma.³³

2.2.2.1. Tingimento descontínuo – Esgotamento

Um dos tipos de tingimento existente denomina-se esgotamento, e trata-se de um processo onde se mantém o artigo em contacto com a solução de tingimento no decorrer de todo o processo de modo descontínuo. Dado que o artigo se encontra em contacto com o corante dissolvido na solução, a fibra vai gradualmente absorver o corante dotando assim o material de uma cor.

Este é um processo que requer especial monitorização de parâmetros como a agitação, temperatura e pH do banho, bem como a concertação dos agentes auxiliares da solução, dado que a falha de um destes pode provocar uma fraca uniformidade de tingimento (*i.g.* manchas, riscas).

O tingimento por esgotamento ocorre numa maquinaria denominada *jet* em corda. O artigo é preso por um sarilho transportador antes do tingimento e colocado dentro do tubo vertical situado no topo da máquina. Dentro deste tubo, existem jatos, que quando se inicia o processo de tingimento, vão projetar solução para o artigo, com o auxílio de uma bomba, e dado a velocidade destes jatos ser elevada, vai provocar o movimento constante do artigo, ocorrendo a circulação simultânea da solução de tingimento no corpo do *jet*. Trata-se de um processo descontínuo, uma vez que o artigo não se encontra sempre em contacto/submerso na solução de tingimento, por onde passa após movimentar-se pelo tubo.³⁴



Figura 11: Máquina de tingimento jet - Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).

2.2.2.2. Tingimento contínuo – *Foulardagem*

O tingimento em contínuo denominado de *foulardagem* consiste na impregnação do material numa solução de tingimento num balseiro de volume reduzido, presente à entrada de dois rolos espremedores com revestimento de borracha (*foulard*). Inicialmente o artigo passa pelo banho e em seguida é espremido através de uma pressão controlada que distribui o corante uniformemente pelo material, removendo ao mesmo tempo o excesso da solução que não foi adsorvida. O artigo sai da máquina num cilindro e posteriormente ocorre um tratamento de *pad-batch* para se dar a fixação do corante, tratando-se de um processo semi-contínuo.³⁴

A pressão que é aplicada no *foulard* é calculada através dos pesos dos artigos antes e depois de humidificados com a solução de tingimento, denominando-se taxa de *pick-up* (PU) (equação 8). Esta variável é inicialmente calculada aquando dos testes laboratoriais e posteriormente acertada na parte industrial.

$$PU = \frac{\text{peso do artigo húmido} - \text{peso do artigo seco}}{\text{peso do artigo seco}} * 100\% \quad \text{Equação 8}$$

O parâmetro do *pick-up* é de extrema importância e é influenciado pelo tipo de material que se tingem (geralmente tecidos com longas metragens), velocidade do *foulard*, temperatura e composição do banho no balseiro e estado de degradação dos espremedores. Desta forma, é necessário que este parâmetro esteja constantemente a ser monitorizado para que o tingimento do artigo ocorra uniformemente, com tonalidades constantes. Outras variáveis deste processo serão também a hidrofobicidade do material, pelo que a preparação do mesmo deve ser realizada corretamente, deve haver afinidade do material corante ao tecido a tingir e a composição da solução de tingimento.

Após ocorrer o tingimento, tal como supracitado, o artigo sai do *foulard* num cilindro e dá-se uma outra operação denominada *pad-batch*, que consiste em colocar o rolo à temperatura ambiente em lenta e constante rotação, durante 6 a 12 horas. Este processo vai promover as reações químicas entre a fibra e o corante e vai progredir à fixação do mesmo.



Figura 12: Máquina de tingimento foulard - Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).

2.2.3. Estamparia

Um outro procedimento que poderá ser realizado após a preparação dos artigos ou o tingimento, é a estampagem dos mesmos que consiste na aplicação de corante nos substratos de modo a colorir com os padrões escolhidos pelo cliente. A estamparia pode subdividir-se em duas secções, sendo a estamparia convencional e a estamparia digital, que diferem na forma em como é aplicado o motivo no substrato. Na estamparia convencional, pode-se efetuar a estampagem do desenho ao quadro plano ou ao quadro rotativo enquanto na estamparia digital esta pode ser realizada por métodos de transferência (sublimação) ou *jet-ink*.

No processo de estampagem, inicialmente é necessária a criação de um desenho, podendo conter os mais diversos elementos, detalhes e cores. Posteriormente é efetuada a análise do mesmo, de modo a perceber quais as cores a utilizar, se o padrão tem sobreposição, etc., e este é gravado a laser nos quadros de estampar. Esta gravação consiste na destruição do filme fotossensível existente na superfície do quadro formando assim o desenho em toda a extensão do mesmo. Este método de corte através de um laser é monitorizado por um software, sendo que todos os desenhos gravados poderão ser arquivados no mesmo, tornando-se útil quando há a necessidade de refazer o mesmo estampado, e realiza-se para métodos de estamparia convencional. Na estamparia digital, não há a utilização de quadros, pelo que este processo não antecede a estampagem.

Após a gravação do motivo nos rolos ou quadros, é necessária a preparação da pasta de estampar, que confere ao artigo características ideais para que não ocorra o alastramento do desenho no substrato e o processo ocorra em condições controladas. Esta pasta pode ser aplicada aquando da estampagem por métodos convencionais ou é aplicada em *foulard* antes de estampar digitalmente.

As pastas de estampar são soluções viscosas constituídas por compostos químicos ácidos (*i.g.* sulfato de amónio), básicos (*i.g.* carbonato de sódio), agentes ligantes, dispersantes, molhantes e higroscópicos (*i.g.* ureia). Será, portanto, interessante perceber qual o papel que cada um destes reagentes tem na pasta de estampar que irá promover uma boa durabilidade de cor.

Os componentes básicos têm como função promover as reações químicas que ocorrem entre a superfície da fibra e o corante, na medida em que aumenta a alcalinidade do banho essencial a esta reação.

Os agentes ligantes são resinas sintéticas com um molecular elevado que possuem a capacidade de polimerizar com o calor, formando uma rede tridimensional envolvente do corante, responsáveis pela fixação do mesmo. Caso a quantidade deste reagente seja insuficiente em solução tendo em conta a quantidade de corante, irão ocorrer problemas de solidez dos tintos à fricção nos testes de controlo de qualidade.³⁵ Estes atuam também de modo a não ocorrer o manchamento ou migração do corante de zonas estampadas para zonas não estampadas.

Os agentes dispersantes têm um papel essencial no processo de humedecimento do corante, promovendo a separação das suas partículas e atuando na redução tensional da água facilitando, deste modo, a sua penetração nos espaços do corante. Após a estampagem, têm também um papel importante na durabilidade do estampado dado se acomodarem à superfície do corante criando uma proteção do mesmo.

Os agentes higroscópicos facilitam a penetração do corante na fibra, uma vez que durante a vaporização o artigo, este composto vai absorver a água existente no meio ambiente.

Por fim, os agentes molhantes, devido às suas propriedades tensoativas, têm como função reduzir as tensões superficiais do substrato aumentando o humedecimento deste, promovendo o aumento da velocidade de absorção do corante.

Seguidamente à estampagem dos artigos pelos diversos métodos, dá-se a secagem dos mesmos com o auxílio de uma estufa geralmente existente na máquina, processo necessário para evitar o alastramento do desenho. Logo após esta etapa, quando se trata de uma estampagem com corantes reativos, dá-se a fixação dos estampados através da vaporização do artigo a uma temperatura entre 100 - 102°C durante 10min. Após a fixação, procede-se à lavagem e ensaboamento do artigo de modo a retirar todo o corante hidrolisado e não fixado presente na superfície da fibra, de modo a obter cores mais vivas e brilhantes. Caso a fixação ou a lavagem do substrato não seja eficaz, poderão ocorrer problemas de solidez dos tintos aquando dos testes de controlo de qualidade. De seguida, o artigo é seco e acabado.

2.2.3.1. Estamparia convencional

Na estamparia convencional existem duas formas de proceder à estampagem de um desenho, sendo elas ao quadro plano e ao quadro rotativo.

A estampagem ao quadro plano consiste num sistema onde ocorre a entrada do artigo e colagem do mesmo a um tapete rotativo (colas não permanentes), onde paralelamente estão dispostos os quadros onde contém o desenho a estampar presos às laterais da máquina, capazes de efetuar movimentos ascendentes e descendentes à medida que é estampado o desenho no correr das metragens. Estes quadros são constituídos por monofilamentos sintéticos. O artigo é estampado através de uma pressão exercida sob os quadros por uma racla de borracha ou metálica, que se movimenta pela ação de ímanes colocados por baixo da zona de estampar. Devido à velocidade reduzida deste método, atualmente a estampagem por quadro plano é utilizada em amostras ou em metragens reduzidas.

O outro método de estampagem convencional é a estampagem em quadro rotativo que consiste no movimento rotativo e constante de até 12 rolos de níquel com/sem motivos diferentes sobre longas metragens de substrato. A pasta de estampar devidamente corada é bombeada para o interior dos rolos, sendo que no seu

interior existe uma vara de metal ímã responsável por arrastar a pasta de dentro para fora do rolo e consequentemente para o artigo pelos locais onde foi gravado o desenho.



Figura 13: Máquina de estampar ao quadro rotativo - Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).

2.2.3.2. Estamparia digital

A estamparia digital trata-se de uma secção mais moderna e inovadora que permite alcançar estampados de desenhos mais complexos do que aqueles conseguidos através da estamparia convencional. Neste tipo de estampagem não existem limite de padrão ou de número de cores num desenho e isto é possível devido ao facto de se tratar de uma impressão direta sobre o tecido, onde a tinta é borrifada por cartuchos de jatos de corante de forma extremamente monitorizada e controlada.



Figura 14: Máquina de estampar PIKE - Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).



Figura 15: Máquina de estampar JPK - Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).

Existe também a estampagem por transferência (sublimação) em que ocorre a impressão do motivo em papel, sendo que este é colocado na superfície do artigo e, por ação de calor e pressão, se dá a transferência do desenho (corantes sublimáticos) do papel para o substrato. Este método é conseguido através da utilização de uma calandra, em que o papel é aquecido a 180 – 220°C por 30 – 60seg. Este trata-se de um processo rápido, de custo benéfico em pequenas metragens e de baixo impacto ambiental, porém restrito a artigos sintéticos.³⁶



Figura 16: Máquina de estampar sublimados - Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).

2.2.4. Acabamento

Quando terminam os processos de preparação, tingimento ou estampagem geralmente ocorrem processos de acabamento, de modo a dotar o substrato têxtil de características físicas ou químicas essenciais para o fim a que se destina, de acordo com o cliente. Estes processos de acabamento, por norma, são aplicados na fase final do processo têxtil antes de ocorrer a revista e a confecção dos artigos.

Os tipos de acabamento podem ser subdivididos em dois grupos, os acabamentos mecânicos que dotam o material de características físicas como brilho ou toque, e os acabamentos químicos que promovem características óticas ou funcionais. Todos eles são aplicados em máquinas que funcionam em contínuo.

2.2.4.1. Acabamento mecânico

Os acabamentos mecânicos, tal como referido anteriormente, conferem o material de características físicas diferentes daquelas originárias. Um exemplo de uma operação é a cardação, que confere ao artigo pelo à superfície de modo a suavizar e aumentar a retenção de calor. Este processo é geralmente utilizado em tecidos de lã e nas flanelas de algodão. Um outro processo é esmerilagem que, à semelhança da cardação, permite o levantamento de pelo passando o artigo em rolos de esmeril. A laminagem é outro processo de acabamento mecânico que consiste no corte do pelo do artigo conferindo uma superfície mais lisa e uniforme, após a cardação/esmerilagem.

A calandragem consiste na operação de prensagem a quente do artigo, passando-se entre um rolo metálico e um rolo de borracha. Esta operação confere também um aumento de brilho, modificação do toque e modificação da transparência, podendo ser importante dependendo do cliente.



Figura 17: Máquina de calandar- Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).

Outro exemplo é a sanforização, que se trata do relaxamento das tensões internas da fibra por consequência das diversas operações anteriores, de modo a estabilizá-lo dimensionalmente na teia/coluna. O artigo previamente humidificado é comprimido numa tela de borracha arqueada.



Figura 18: Máquina de sanforização - Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).

A ramulagem aplica-se quando se pretende secar, promover a estabilidade dimensional na teia/coluna e trama/fileira e termofixar artigos de fibras sintéticas. Além destas funções, é também utilizada para aplicar os acabamentos químicos, uma vez que à entrada é constituído por um *foulard* e um balseiro, e ao longo do tapete apresenta pinças que prendem as orelhas de modo a evitar vincos, arqueamento e distorção do artigo



Figura 19: Máquina de ramulagem Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A.. (Fotografia de fonte própria).

Na secção de acabamento também se encontra a secadeira, onde se dá a secagem durante o processo produtivo, que consiste na eliminação da água em excesso presente livremente no interior do substrato.

2.2.4.2. Acabamento químico

Os acabamentos químicos consistem na aplicação de produtos que vão alterar quimicamente as fibras, podendo conferir-lhes qualidades requeridas. Existe uma diversidade de acabamentos químicos que se podem conferir aos artigos, como hidrofobicidade, amaciamento, antiestético, biocida, anti-ácaros, anti-radiação UV, anti-odor, perfumes, respirantes, efeitos cosméticos, antistress, antimicrobiano, anti-inflamatório, branqueamento ótico, entre muitos outros.

Na maioria dos casos, os acabamentos químicos são aplicados em *foulard* na râmula, e esta técnica tem como vantagem a aplicação uniforme ao longo de toda a extensão do artigo, desde que o balseiro esteja sempre cheio e a pressão dos rolos seja uniforme. Também poderão ser aplicados por esgotamento após o tingimento, no entanto, pode não ocorrer uma uniformidade do processo.

2.3. Materiais corantes

As matérias corantes são compostos químicos, de origem natural ou sintética, capazes de dotar um substrato de cor através de reações químicas estabelecidas entre o corante e a fibra do artigo.³⁷ A estrutura molecular dos corantes apresenta na sua constituição três unidades principais, sendo eles o cromóforo (conjunto de átomos responsáveis pela cor), o grupo ligante e a estrutura responsável pela fixação à fibra. Esta última vai depender dos grupos funcionais dos corantes e das propriedades químicas e físicas da fibra.³⁸

Desta forma, a coloração dos artigos têxteis vai depender de diversos fatores como a natureza da fibra a tingir e as características estruturais da mesma, a classificação do corante e a que substrato se destina, as propriedades de fixação, entre outras.³⁹ Assim, é necessária a diferenciação dos tipos de corantes de modo a obter uma melhor correspondência entre corante/fibra.

Para perceber qual o corante adequado ao tingimento de determinada fibra é necessário obedecer a alguns critérios essenciais, como a natureza do uso (o corante deve ser escolhido tendo em conta o destino do artigo), a natureza do processo de fabrico e tingimento e também as condições económicas (deve dar-se preferência a corantes que permitam obter um processo mais barato e simultaneamente tingimentos com melhor igualização).³⁶

2.3.1. Corantes reativos

No presente trabalho os corantes usados no tingimento e estampagem dos artigos foram corantes reativos pelo qual será, portanto, essencial o esclarecimento de como estes se comportam em contacto com a fibra.

Tal como referido anteriormente, os corantes reativos apresentam na sua constituição três unidades principais. No tipo de corantes derivados da triazina (Figura 20), o grupo ligante é o anel de triazina e o grupo reativo é o átomo de *Cl*. É essencial que a reatividade deste último tenha um caráter ideal com a celulose e baixa com a água, uma vez que esta poderá hidrolisá-lo e assim diminuir a reação entre este e a fibra.³⁸ É importante também referir que a ligação que ocorre é uma interação covalente entre o grupo reativo do corante e o grupo hidroxilo da fibra celulósica, tal como representado na Figura 20.

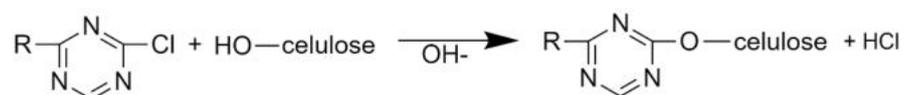


Figura 20: Exemplo da reação entre o corante reativo (monoclorotriazina) e a celulose (criado em ChemDraw, adaptado de ⁴⁰).

Dado o caráter aniónico usual da molécula de corante e visto os corantes reativos serem solúveis em água, é ideal que o banho de cor apresente um pH alcalino (10 – 11,5), sendo assim possível a neutralização do produto ácido libertado aquando da sua reação com a celulose da fibra.

A grande problemática deste tipo de corantes é a sua capacidade de reagir com moléculas de água, tal como referido anteriormente, originando assim corante hidrolisado que terá de ser retirado da superfície da fibra nos diferentes banhos no processo de lavagem. Caso esta hidrólise ocorra em grande escala vão ocorrer problemas de solidez dos tintos aquando dos testes de controlo de qualidade.¹⁶

No entanto, estes corantes são aqueles que proporcionam aos artigos têxteis as melhores e mais diversas características ao nível de controlo de qualidade, na medida em que apresentam uma maior solidez dos tintos à luz, à transpiração, à lavagem e fornecem uma maior pureza da cor ao substrato.⁴¹

2.3.2. Solidez dos tintos

Uma das grandes problemáticas da indústria têxtil trata-se da fraca solidez dos tintos, sendo que se entende por este termo a resistência das matérias corantes dos têxteis (tingidos ou estampados) quando submetidos a diversos testes de controlo de qualidade realizados nas empresas, que simulam processos de fabricação e de utilização do consumidor.

Os testes de controlo de qualidade são desenvolvidos de acordo com as necessidades e finalidades dos produtos, tendo por base normas internacionais como a BSI, a ISO e a AATCC, mas também normas internas de cada empresa que são baseadas nestas.⁴¹ Estes testes de controlo de qualidade, quando avaliam a solidez dos tintos, poderão ser avaliados segundo dois parâmetros, sendo eles a alteração da cor da amostra relativamente a uma amostra padrão, e o manchamento do provete testemunho quando ocorre a transferência da cor de um artigo tingido ou estampado. Ambos os parâmetros são avaliados segundo escalas de cinzentos, visualizadas sob luz normalizada.⁴²

Relativamente às alterações de cor, a escala de cinzentos apresenta cinco graus, sendo que cada grau corresponde a um par de tiras padrão de cor cinza neutra representando diferenças visuais de cor que correspondem a níveis de solidez de 5, 4, 3, 2 e 1 (norma ISO 105-A02). Os pares de cor correspondentes ao grau 5 são cinzentos muito idênticos, enquanto no par 1 as cores apresentam um maior contraste, desta forma, quanto mais semelhantes as cores entre o padrão e a amostra, maior será o seu grau.⁴³ Caso a alteração de cor não seja direcionada a nenhum dos níveis, mas se encontre entre dois, esta alteração poderá corresponder a um índice intermédio de solidez de 4-5, 3-4, 2-3 e 1-2.

Quando se pretende avaliar o manchamento, tem-se também uma escala de cinzentos de 5 graus em que o nível 5 corresponde a nenhuma ocorrência de transferência de cor entre o provete padrão e o provete teste, e o nível 1 corresponde um forte manchamento do mesmo, tendo por base a norma ISO 105-A03. Tal como acontece para a avaliação das alterações de cor, também para o manchamento é possível detetar níveis intermédios na escala de cinzentos.⁴⁴

Na Figura 21 é possível observar a escala de cinzentos de avaliação visual das diferentes de cor entre duas amostras.

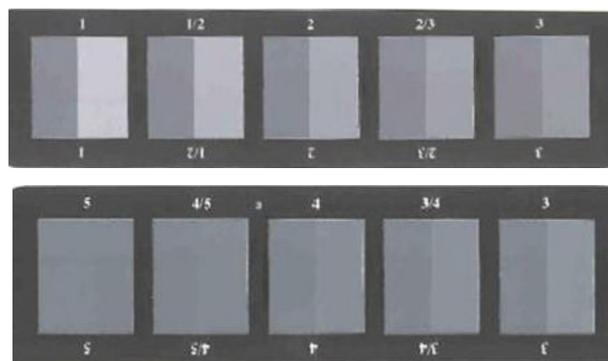


Figura 21: Escala de cinzentos utilizada para avaliação das alterações de cor entre a amostra padrão e a amostra ensaio (níveis 1, 1-2, 2, 2-3, 3, 3-4, 4-5 e 5).

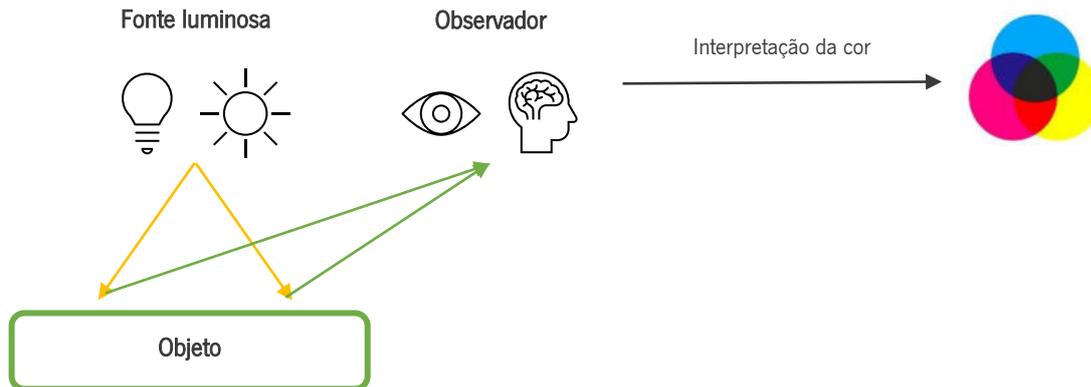
Dado estes métodos serem visuais, os resultados obtidos poderão não ser iguais dependendo da pessoa que os está a avaliar. Desta forma, para obtenção de resultados dos testes de controlo de qualidade que avaliam a solidez dos tintos de forma mais controlada, foi utilizado o método instrumental para obtenção destes valores, sendo ele o espectrómetro de refletância Datacolor 4660.

2.4. Colorimetria

A colorimetria é uma técnica que tem como fundamento o estudo da análise das cores. Desta forma, inicialmente é essencial definir o que é a cor e como é possível detetá-la a olho nu.

Quando ocorre a incidência de radiação por parte de uma fonte luminosa sobre um objeto, este vai absorver determinados comprimentos de onda do espectro eletromagnético (região visível) e refletir todos os

restantes comprimentos de onda. Os comprimentos de onda refletidos são captados pelo olho e são enviados estímulos nervosos para o cérebro que irá interpretar e perceber qual a cor deste, tendo em conta as cores primárias (amarelo, magenta e azul). Assim, a percepção da cor é constituída por uma índole física, fisiológica e também psicológica. De modo a entender como se processa este mecanismo, no esquema 3 encontra-se esquematizado o mesmo.



Esquema 3: Mecanismo de percepção da cor (adaptado de ¹⁶).

Tal como referido anteriormente, a luz é radiação eletromagnética com diversos níveis de energia, que poderão ou não ser captados pelo homem a olho nu, variando na sua frequência e comprimento de onda.² No espectro eletromagnético, dependendo do comprimento de onda, existe a zona das ondas rádio, micro-ondas, infravermelho, visível (400 – 700 nm), ultravioleta, raios X e raios γ , representada na figura 21.

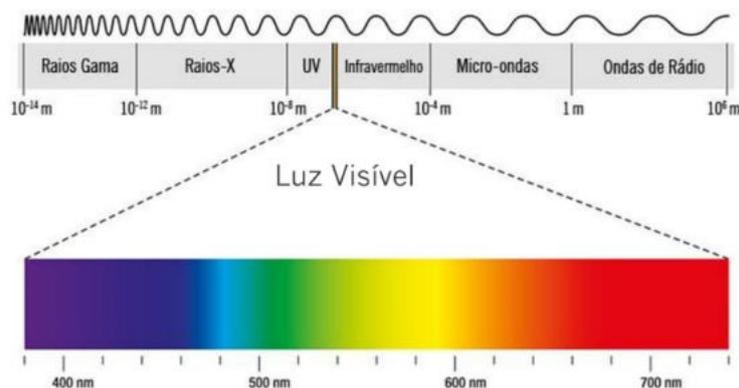


Figura 22: Espectro eletromagnético apresentada em destaque a zona do visível de 400-750nm.

Desta forma, a cor de um material têxtil é obtida a partir da reflexão de determinados comprimentos de onda na região do visível no espectro eletromagnético à superfície do mesmo, que por sua vez está relacionada com a radiação absorvida pelo corante.⁴⁴ São designadas cores complementares, de acordo com o círculo cromático, que é uma representação circular das cores percebidas pelo olho humano (Figura 22).

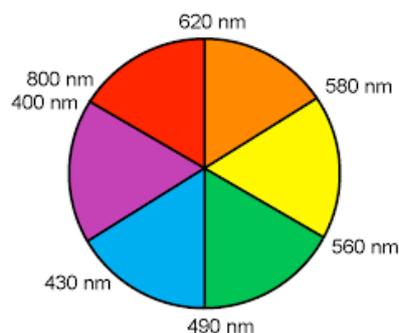


Figura 23: Círculo cromático (retirado de ⁴⁶).

Na Tabela 3 podemos observar qual a cor que seria visível de acordo com o comprimento de onda da luz absorvida por este.

Tabela 3: Comprimento de onda no espectro eletromagnético, cor absorvida e respetiva cor visível.

Comprimento de onda da luz absorvida (nm)	Cor da luz absorvida	Cor visível
400 – 430	Violeta	Amarelo
430 – 490	Azul	Laranja
490 – 560	Verde	Vermelho
560 – 580	Amarelo	Violeta
580 – 620	Laranja	Azul
620 - 700	Vermelho	Verde

O método para a análise das cores, a colorimetria, centra-se em critérios específicos como a matriz, a saturação e a intensidade da cor.² O primeiro critério corresponde ao intervalo longitudinal da onda que permite descrever uma determinada cor, o segundo representa o grau de pureza de uma cor e o terceiro é a característica que providencia uma aparência mais clara, independentemente da saturação.⁴⁶

Desta forma, foi criado um sistema cromático capaz de avaliar todos estes parâmetros, que se encontra representado na Figura 23. Neste sistema, podemos observar no eixo *a* que quanto mais positivos os valores obtidos no colorímetro (aparelho de medição das coordenadas das cores), mais vermelho será o artigo sendo que quanto mais negativos estes valores, este vai começar a apresentar uma tonalidade cada vez mais verde. Já no eixo *b*, os valores positivos vão fornecer informações de que a cor apresenta tonalidades amarelas e quando este é negativo, apresenta tonalidades azuis. Relativamente ao eixo *L*, quanto mais positivo este valor, menos intensa (mais clara) é a cor e consequentemente, quando mais negativo, mais intensa (mais escura).⁴⁷

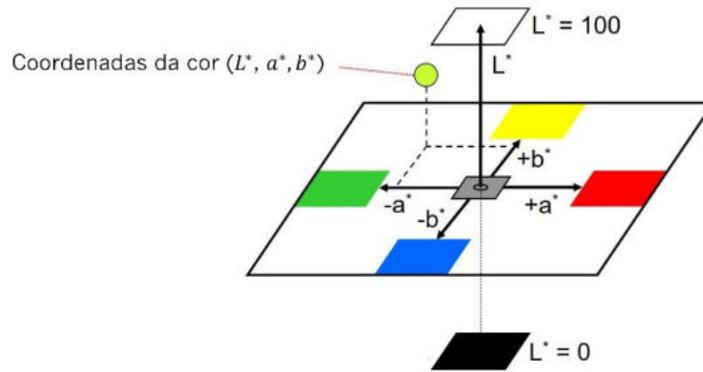


Figura 24: Representação do sistema cromático CIE $L^* a^* b^*$.

Após a criação do sistema cromático, foram formuladas diversas equações matemáticas com o propósito de criar sistemas de coordenadas capazes de determinar o ponto exato de uma tonalidade desejada. Os sistemas CIElab e CMC apresentam um elemento comum, sendo ele a diferença total de cor de um determinado artigo têxtil quando comparada a cor com uma amostra padrão (ΔE^*). Assim, estes sistemas apresentam uma grande relevância quando se pretende perceber as diferenças de cor que são observadas e como será possível corrigir as mesmas.

2.4.1. Sistemas Colorimétricos

Em 1976 a *Comission Internationale de l'Eclairage*, CIE, desenvolveu o sistema colorimétrico CIE $L^* a^* b^*$, que tem por base o sistema de coordenadas retangular (representado na Figura 25) utilizando os eixos L^* , a^* e b^* para a determinação das coordenadas colorimétricas de determinado artigo têxtil. Desta forma, as equações desenvolvidas permitem a medida das diferenças de cor apresentadas entre duas amostras (utilizando uma como padrão).

As expressões matemáticas que caracterizam o sistema CIE $L^* a^* b^*$ são as equações 9, 10 e 11, onde a coordenada L^* indica a tonalidade mais clara ou mais escura da cor, a coordenada a^* a tonalidade mais avermelhada ou esverdeada e a coordenada b^* a tonalidade mais azulada ou amarelada.

$$\Delta L^* = L^*_{ensaio} - L^*_{padr\tilde{a}o} \quad \text{Equação 9}$$

$$\Delta a^* = a^*_{ensaio} - a^*_{padr\tilde{a}o} \quad \text{Equação 10}$$

$$\Delta b^* = b^*_{ensaio} - b^*_{padr\tilde{a}o} \quad \text{Equação 11}$$

De modo a calcular a diferença absoluta das três coordenadas, utiliza-se a equação 12, correspondente ao ΔE^* .

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \text{Equação 12}$$

Em 1984 surgiu o sistema CMC criado pelo Comit  de Medida  o de Cor da Sociedade de Tingidores e Coloristas de Inglaterra, que responde às necessidades industriais de controlo de qualidade exigidas relativamente às cores, preenchendo lacunas existentes no sistema CIE $L^*a^*b^*$, passando a tornar-se assim um sistema elítico havendo aceitabilidade das diferen  as de cor em todas as regi ões do espa  o de cor. Este sistema é definido por um conjunto de equa ões de diferen  as de cor que utilizam, além das coordenadas L^* , a^* e b^* os valores C^* e h° , em que C^* representa a satura  o e h° o ângulo da elipse correspondente a determinada cor.

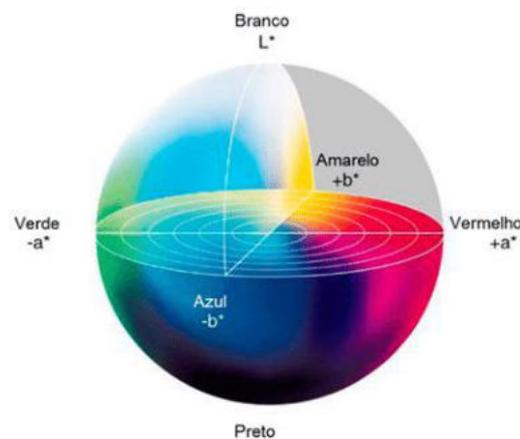
Sendo estes valores muito mais representativos de uma cor do que aqueles obtidos no sistema CIE $L^*a^*b^*$, a aceita  o do intervalo de diferen  a de cor calculados no espectrofot  metro de uma amostra para a amostra padr  o, apresenta um limite toler  vel de 1.

Este sistema rege-se pelas equa ões 13, 14 e 15 e encontra-se representado na figura 24.

$$C^* = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \text{Equa  o 13}$$

$$\Delta C^* = C^*_{ensaio} - C^*_{padr  o} \quad \text{Equa  o 14}$$

$$\Delta H^* = \sqrt{(\Delta E^*)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2} \quad \text{Equa  o 15}$$



*Figura 25: Representa  o do sistema crom  tico CIE Lab L^*C^*h .*

Capítulo 3: Parte Experimental e Análise de Resultados

3.1. Otimização das lavagens por esgotamento

Neste subcapítulo encontram-se apresentados todos os processos experimentais associados à otimização das lavagens por esgotamento, com a diminuição do número de banhos de cada lavagem, diminuição da temperatura dos banhos e estudo de novos detergentes.

Este trabalho experimental consistiu no tingimento por esgotamento de artigos de malha *jersey* 100% CO com corantes reativos de uma gama específica e posterior lavagem dos mesmos por técnicas de *jet*. As alterações efetuadas nestas receitas de lavagem foram testadas com o propósito de determinar os melhores resultados ao nível do ensaboamento/lavagem, sem nunca comprometer a qualidade do tingimento, obedecendo ao caderno de encargos fornecido pela Adalberto.

Nesta secção serão abordados os processos de lavagem industrial base fornecidos pela Adalberto, bem como 5 processos otimizados para perceber se as mudanças se apresentariam favoráveis. Para isso, foram realizados testes de controlo de qualidade em cada uma das malhas lavadas e seguinte análise dos mesmos. Elaboraram-se retas de calibração por espectrofotometria de absorção no visível para determinação da % de corante hidrolisado presente no final das lavagens, para perceção da eficácia da lavagem.

Além destes 5 processos que serão referenciados na presente dissertação, foram realizados outros 13 estudos onde o processo de elaboração da experiência foi o mesmo, alterando, no entanto, a concentração dos corantes (até 6,6%) e os detergentes utilizados, tendo sido estudados mais três diferentes. Selecionou-se as 5 em questão, devido a se tratarem todas de malhas *jersey* 100% CO cujo processo de lavagem foi o mesmo, alterando apenas o detergente e a concentração de corante. Desta forma, é possível concluir se a lavagem será eficaz para cores médias e escuras e se os detergentes proporcionam melhores resultados do que aqueles fornecidos pelo detergente utilizado na empresa.

3.1.1. Processo industrial de tingimento

Inicialmente foram tingidas em produção por esgotamento no *jet*, cinco malhas 100% CO com % de corante variável, relevantes ao estudo. Duas malhas apresentavam uma concentração de corante de 1 – 2,5% tratando-se de cores médias e três malhas apresentavam uma concentração de corante de 2,5 – 6% sendo cores escuras (concentração de corante entre 0 e 1% considera-se cor clara e concentração superior a 6% é considerado cor muito escura). Todas as malhas presentes neste estudo foram tingidas com a mesma gama de corantes reativos.

As receitas de tingimento das cinco malhas encontram-se discriminadas na Tabela 4.

Tabela 4: Receitas de tingimento por esgotamento das cinco malhas 100% CO.

Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
				
1,459 % Amarelo Ouro	1,287 % Amarelo	0,889 % Amarelo Ouro	1,41 % Amarelo	1,41 % Amarelo
0,076 % Azul Marinho	0,432 % Vermelho	2,008 % Vermelho	0,29 % Alaranjado	0,29 % Vermelho
0,632 % Carmim Ultra	0,366 % Azul	0,031 % Azul	1,27 % Vermelho	1,27 % Azul
2,167%	2,085 %	2,928%	2,97%	2,97%
<u>Cor média</u>			<u>Cor escura</u>	

3.1.2. Processo industrial de lavagem

Para análise e otimização da lavagem é importante perceber que, caso não ocorressem alterações no processo, todas as malhas em estudo sofreriam o mesmo processo de lavagem em descontínuo em *jet*, estando as condições do mesmo na Tabela 5, sendo que os valores apresentados correspondem aos gastos associados por Kg de malha. O custo total associado ao processo de lavagem foi calculado tendo em conta o custo associado à energia necessária ao *jet*, o custo do litro de água, o custo correspondente à quantidade de detergente necessária e ao custo do gás (valores à data de 30 de julho de 2022).

Tabela 5: Características do processo standard de lavagem de malha 100% CO tingidas com corantes reativos (1 – 3%), por Kg de malha.

Tempo (min)	222
Nº de banhos	6
L água/Kg malha	48
T máxima (°C)	50
Vapor (m^3 /Kg malha)	3,11
Detergente A (g/L)	0,15
Custo total associado	3,641€

As alterações centrais do processo de lavagem foram a mudança do detergente utilizado, a temperatura máxima do processo e o número de banhos necessários. Desta forma, podemos observar na Tabela 6, as lavagens associadas às amostras 1, 2, 3, 4 e 5. Tal como o custo total associado calculado para o processo de lavagem standard, também para o cálculo do custo dos processos de lavagem das diversas amostras têm em conta o custo associado à energia necessária ao *jet*, o custo do litro de água, o custo correspondente à quantidade de detergente necessária e ao custo do gás (valores à data de 30 de julho de 2022). Estes cálculos são referentes a 1 Kg de malha.

Tabela 6: Características dos processos de lavagem das malhas 100% CO tingidas com corantes reativos (amostras 1, 2, 3, 4 e 5).

	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
Tempo (min)	156	156	156	156	156
Nº de banhos	4	4	4	4	4
L água/Kg malha	32	32	32	32	32
T máxima (°C)	40	40	40	40	40
Vapor (m^3 /Kg malha)	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54
Detergente	B 2 g/L	C 2 g/L	A 0,9 g/L	B 2 g/L	C 2 g/L
Custo total associado	2,507 €	2,507 €	2,506 €	2,507 €	2,507 €

Entre cada banho foram guardadas amostras do mesmo, bem como dos corantes utilizados em cada mistura, para efetuar o cálculo da concentração em % de corante hidrolisado em cada banho até ao final do processo.

3.1.3. Ensaios de controlo de qualidade

Os ensaios de controlo de qualidade efetuados são aqueles que são realizados pela Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva S.A. para compreender se o artigo após lavagem se encontra em condições de acordo com o caderno de encargos associados à mesma. Os testes de controlo de qualidade da secção 3.1.3.1 até à secção 3.1.3.5 têm são procedimentos internos baseados em diferentes normas.

Todas as amostras dos ensaios experimentais realizadas para o teste de solidez dos tintos à lavagem, teste de solidez dos tintos à água, teste de solidez dos tintos à prensagem a quente e teste de solidez dos tintos à fricção a seco e húmido, apresentam-se no Capítulo 6: Anexos.

3.1.3.1. Solidez dos tintos à lavagem

De modo a avaliar a solidez dos tintos à lavagem, o departamento de controlo de qualidade da Adalberto teve por base a norma ISO 105-C06:1994, para determinar a solidez dos tingimentos ou estampados têxteis à lavagem doméstica e à lavagem industrial.

Para a realização deste teste, utilizam-se tecidos testemunhos multifibras DW (tecidos compostos por tiras de 6 fibras têxteis diferentes: lã, acrílico, poliéster, poliamida, algodão e acetato), para perceber se os artigos manchariam outros substratos de fibras diferentes aquando da sua lavagem. Assim, cortaram-se amostras de tamanho 10 cm x 4 cm das amostras 1-5 em estudo, e tiras do mesmo tamanho do multifibras DW e coseram-se as tiras aos respetivos provetes.

Para simulação de uma lavagem, preparou-se uma solução com 4 g/L de detergente e 1 g/L de perborato de sódio, e colocou-se 150 mL de banho em 5 recipientes, uma para cada uma das amostras 1-5, juntamente com 10 bolas de aço no aparelho Roaches Washtec a 40 °C durante 30 minutos. De seguida, retiraram-se as 5 amostras, lavaram-se com água fria e colocaram-se a secar à temperatura ambiente.

Na Tabela 7 encontram-se as avaliações efetuadas para o manchamento dos multifibras DW relativos a cada uma das amostras. As amostras físicas encontram-se anexadas no Anexo A.

Tabela 7: Avaliação do manchamento dos testemunhos multifibras DW no teste de solidez dos tintos à lavagem a 40 °C, segundo a escala de cinzentos.

	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
WO	5	5	5	5	5
PAN	5	5	5	5	5
PE	5	5	5	5	5
PA	5	5	5	5	5
CO	5	5	5	5	5
CA	5	5	5	5	5

Segundo o caderno de encargos da Adalberto, o manchamento dos multifibras para o teste de solidez dos tintos à lavagem a 40 °C deverá ser no mínimo 3-4. Como é possível observar na tabela 7, todas as amostras apresentam um nível 5, pelo que todas seriam aceites para este teste.

3.1.3.2. Solidez dos tintos à água

O ensaio da solidez dos tintos à água tem como norma base a ISO 105-E01:1994, em que determina a resistência dos tingimentos ou estampados à imersão em água.

Inicialmente cortaram-se tiras de tamanho 10 cm x 4 cm do multifibras DW e de amostras das 5 malhas 1-5, sendo de seguida, cada uma das amostras cosidas ao seu respetivo multifibras. Seguidamente os cinco provetes são imersos em 100 mL de água de forma a ficarem completamente submersos e posteriormente são colocados entre duas placas de vidro (após retirar o excesso de água). As placas de vidro são colocadas num perspirómetro previamente aquecido a 37 °C na estufa, onde permanecerão durante 4 horas. Ao fim deste período de tempo, os provetes são secos à temperatura ambiente.

Na Tabela 8 podemos observar os resultados obtidos na avaliação do manchamento na escala dos cinzentos. As amostras físicas encontram-se anexadas no Anexo B.

Tabela 8: Avaliação do manchamento dos multifibras DW no teste de solidez dos tintos à água, segundo a escala de cinzentos.

	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
WO	5	5	4-5	5	5
PAN	5	5	4	5	5
PE	5	5	4-5	5	5
PA	5	4-5	4	5	5
CO	5	5	3-4	5	5
CA	5	5	4	5	5

Relativamente ao caderno de encargos oferecidos pela Adalberto, os valores de manchamento da solidez dos tintos à água deverá ter no mínimo um nível de 3-4, pelo que é possível verificar que todas as amostras apresentam um nível 5 de manchamento, e daí, todas seriam aceites.

3.1.3.3. Solidez dos tintos à prensagem a quente

O teste de controlo de qualidade de análise da solidez dos tintos à prensagem a quente baseia-se na norma ISO X-11:1987 que tem por base estudar a resistência dos tintos à passagem a ferro ou ao tratamento, a nível industrial, utilizando cilindros quentes.

Para a realização deste teste, são necessários 5 provetes de tecido e uma amostra de cada um dos ensaios da otimização das lavagens com os tamanhos de 10 cm x 10 cm. Colocou-se o ferro de engomar a aquecer e preparou-se a base com uma folha resistente ao calor por baixo de duas camadas de flanela de lã com massa por unidade de superfície de 260 g/m cada, seguido de um tecido de algodão não tingido. Quando o ferro atinge uma temperatura de 150 °C coloca-se o testemunho e a amostra em análise em água destilada, espreme-se o excesso, e prensam-se ambas sendo que a amostra fica com o lado direito virado para cima e é efetuada a prensagem durante 15 segundos sobre o testemunho que se encontra em cima deste.

Na Tabela 9, podemos observar os resultados na escala dos cinzentos para o manchamento dos provetes. As amostras físicas encontram-se anexadas no Anexo C.

Tabela 9: Avaliação do manchamento dos provetes no teste de prensagem a quente, segundo a escala de cinzentos.

	Solidez dos tintos à prensagem a quente
Amostra 1	3-4
Amostra 2	3-4
Amostra 3	2
Amostra 4	3
Amostra 5	2-3

Segundo o caderno de encargos da Adalberto, os valores da solidez dos tintos à prensagem a quente na escala de cinzentos tem de ser no mínimo 3-4, sendo possível verificar que apenas o manchamento que ocorre nas cores médias (amostras 1 e 2) é aceite.

3.1.3.4. Solidez dos tintos à fricção a seco e a húmido

O ensaio de solidez dos tintos à fricção é realizado de acordo com a norma ISO 105-X12:1996, tendo como objetivo detetar o grau de manchamento por fricção de outros materiais no artigo tingido para perceber qual a resistência do respetivo tingimento.

Este teste de controlo de qualidade é realizado de duas formas, sendo que num deles a malha tingida é friccionada por um provete seco e o outro realiza-se friccionando um provete húmido. O aparelho utilizado para realizar as fricções denomina-se Crockmeter, que determina a solidez dos tintos através de um percurso de vaivém sob uma lixa, em linha reta.

Cortaram-se duas amostras de cada um dos artigos tingidos (amostra 1-5) com as dimensões 18 cm x 6 cm e fixou-se a mesma no sentido das colunas no Crockmeter usando a placa acrílica. Posicionou-se o provete centrado na extremidade cilíndrica do aparelho, fixando-o com uma mola mecânica. Friccionou-se 10 vezes em ciclos completos num movimento retilíneo de vaivém durante aproximadamente 10 segundos.

O teste de controlo de qualidade de solidez dos tintos à fricção a húmido realiza-se da mesma forma que a solidez a seco, no entanto, o provete é molhado em água destilada e seco com papel absorvente para retirar o excesso de água. Após a realização do teste, seca-se o mesmo à temperatura ambiente. Ambos os ensaios foram repetidos para as 5 amostras estudadas.

Para avaliar estes ensaios, verifica-se a alteração da cor do manchamento do provete relativamente a um provete amostra branco no espectrofotómetro de refletância Datacolor 4660. Esta leitura deverá ser sempre realizada com três camadas de tecido de fricção branco para obter uma melhor leitura da alteração de cor.

Na Tabela 10 encontram-se discriminados os resultados, segundo a escala de cinzentos. As amostras físicas encontram-se anexadas no Anexo D.

Tabela 10: Avaliação do manchamento dos provetes no teste de solidez dos tintos à fricção a seco e à fricção a húmido, segundo a escala de cinzentos.

	Solidez dos tintos à fricção a seco	Solidez dos tintos à fricção a húmido
Amostra 1	5	4-5
Amostra 2	5	3
Amostra 3	5	4
Amostra 4	5	3
Amostra 5	5	3

Segundo o caderno de encargos da Adalberto, para as cores médias, o teste de solidez dos tintos à fricção a seco deverá apresentar no mínimo um valor de 4-5 e para o teste de solidez dos tintos à fricção a húmido deverá apresentar no mínimo o nível 3. Relativamente às cores escuras, estes valores deverão ser 4 e 2-3, respetivamente. Assim sendo, é possível verificar que todos os testes de solidez dos tintos à fricção se encontram acima dos valores mínimos das especificações internas.

3.1.3.5. Análise espectralométrica dos banhos de lavagem

Tal como referido na secção 3.1.2, foram guardadas amostras de cada um dos quatro banhos de cada uma das cinco lavagens efetuadas, de modo a perceber qual a concentração de corante no final do processo. Foram também guardadas amostras da solução-mãe de corante utilizado durante o tingimento das malhas. Para efetuar esta análise inicialmente houve a necessidade de diluir a solução-mãe de tingimento, uma vez que esta se encontrava muito concentrada tornando-se impossível ler a sua absorvância. Após efetuada a diluição, com diversos fatores dependendo das cores, prosseguiu-se à leitura das absorvâncias no espectrofotómetro e percebeu-se que o comprimento de onda de absorção máxima da solução de tingimento da Amostra 1 seria nos 417 nm, para a Amostra 2 nos 601 nm, para a Amostra 3 nos 515 nm, para a Amostra 4 nos 415 nm e para a Amostra 5 nos 491 nm.

Após determinar o comprimento de onda de absorção máxima da solução de tingimento, prepararam-se quatro soluções padrão de corante com várias concentrações e de seguida procedeu-se à leitura das respetivas absorvâncias no comprimento de onda máximo de absorção (valores presentes no Anexo E).

A partir da medição destes valores e tendo em conta a concentração das respetivas soluções padrão, foi possível elaborar gráficos em que as equações das retas de calibração vão apresentar um papel essencial no cálculo da concentração dos banhos das respetivas lavagens.

No Gráfico 1 é possível observar as retas de calibração efetuadas e na Tabela 11 as respectivas equações assim como os coeficientes de correlação.

Gráfico 1: Retas de calibração das soluções das 5 amostras em estudo, com a concentração das soluções em função da absorvância das mesmas.

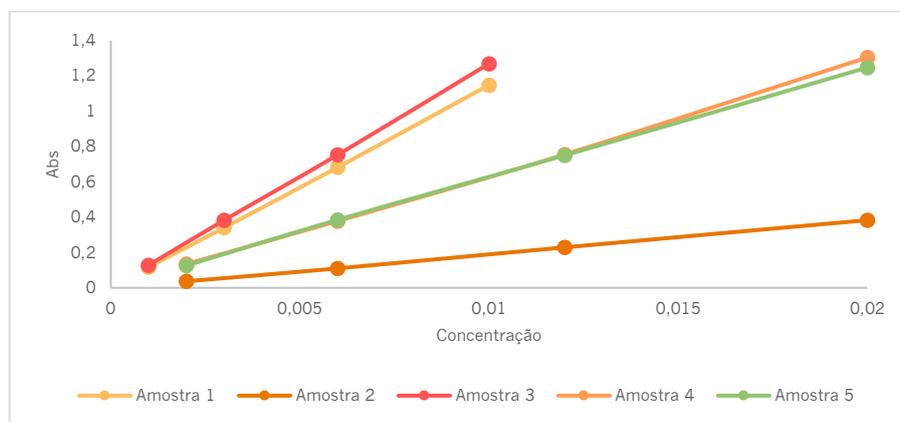


Tabela 11: Equações das retas de calibração obtidas a partir das absorvâncias medidas em função da concentração das soluções padrão.

	Equação da reta de calibração	Índice de correlação
Amostra 1	$y = 114,65x - 0,0014$	0,9999
Amostra 2	$y = 19,297x - 0,0031$	0,9999
Amostra 3	$y = 126,52x + 0,0006$	0,9999
Amostra 4	$y = 62,087x + 0,0062$	0,9999
Amostra 5	$y = 64,967x + 0,0065$	0,9992

Seguidamente, efetuaram-se as leituras das absorvâncias dos 4 banhos guardados durante o processo de lavagem de cada uma das amostras, sendo que foi necessário efetuar diluições dos mesmos uma vez estes se apresentarem muito concentrados. Os fatores de diluição utilizados para a análise dos banhos da Amostra 1 foi de 1:10 e das restantes Amostras 2, 3, 4 e 5 foi de 2,5:10. Após se obter as absorvâncias dos banhos foi possível calcular a concentração presente nos mesmos, através das respetivas equações das retas de calibração, pela substituição do valor de y e tendo em conta os respetivos fatores de diluição. Assim, foi possível verificar uma diminuição de corante hidrolisado ao longo das lavagens, sendo que o Banho 1 apresenta uma maior concentração de corante do que o Banho 4, como seria de esperar.

Na Tabela 12 encontram-se os valores das absorvâncias medidas para cada um dos banhos, e na Tabela 13 encontram-se as concentrações calculadas com o auxílio das respetivas equações apresentadas na Tabela 11. O comprimento de onda pelo qual foram medidas as absorvâncias dos diversos banhos são os mesmos utilizados para medição das absorvâncias das amostras padrão.

Tabela 12: Absorvâncias medidas dos 4 banhos dos respectivos processos de lavagem das diversas amostras (Amostra 1: comprimento de onda de 417 nm; Amostra 2: comprimento de onda de 601 nm; Amostra 3: comprimento de onda de 515 nm; Amostra 4: comprimento de onda de 415 nm; Amostra 5: comprimento de onda de 491 nm).

Banho	Absorvâncias Médias				
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
1	0,893	0,155	1,090	0,521	0,324
2	0,393	0,094	0,906	0,418	0,320
3	0,085	0,072	0,843	0,314	0,163
4	0,071	0,022	0,522	0,219	0,056

Tabela 13: Cálculo da concentração real de corante em cada banho, relativo ao processo de lavagem da Amostra 1, Amostra 2, Amostra 3, Amostra 4 e Amostra 5.

Banho	Concentração de corante				
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
1	0,0779	0,0314	0,0345	0,0332	0,0195
2	0,0342	0,0188	0,0286	0,0265	0,0193
3	0,0072	0,0142	0,0266	0,0198	0,0096
4	0,0063	0,0039	0,0165	0,0137	0,003

De acordo com os dados obtidos, é possível perceber que a concentração de corante hidrolisado presente nos banhos no decorrer do processo de lavagem vai diminuindo, sendo assim possível concluir que as diferentes lavagens se mostraram eficazes na eliminação do corante. Outro aspeto importante a referir, é que as concentrações de corante hidrolisado presente no Banho 4 de todas as lavagens apresenta um valor muito pequeno, o que permite concluir que ocorreu a eliminação do corante presente na superfície da fibra.

Apesar da lavagem otimizada se mostrar eficaz na eliminação do corante à superfície da fibra para as cores médias (Amostra 1 e Amostra 2) e escuras (Amostra 3, 4 e 5) em estudo, os testes de controlo de qualidade efetuados, nomeadamente o teste da solidez dos tintos à prensagem a quente não atinge os requisitos mínimos segundo o caderno de encargos da Adalberto. Isto verifica-se uma vez que os valores mínimos são de 3-4 e tanto o teste efetuado para a Amostra 3 como para a Amostra 5 apresentam valores de 2-3. Desta forma, pode concluir-se que a otimização estudada da lavagem não será a ideal na lavagem de cores escuras. No entanto, poderá ser uma opção viável quando se trata da lavagem de cores médias com uma percentagem de corante entre 1 e 2,5% e, consequentemente, de cores claras que apresentem uma percentagem de corante entre 0 e 1%.

3.2. Otimização da receita de preparação do estampado digital

3.2.1. Processo de impregnação da receita

A segunda parte da presente dissertação teve como objetivo estudar a possibilidade de alteração das receitas de preparação dos artigos de fibras celulósicas e fibras de viscose a estampar digitalmente seguidas de uma vaporização a 102°C e lavagem. Estas alterações provocam uma modificação das cores dos estampados e com este estudo pretende-se comparar essas mesmas cores bem como o rendimento colorístico obtido para cada tipo de substrato utilizado. Foram estudadas 15 receitas sendo que ao longo desta secção estarão presentes as mesmas, bem como o esclarecimento das suas mudanças. Para a realização deste trabalho experimental, foram selecionadas duas fibras, sendo a fibra celulósica uma tela 100% CO com um peso de 184 g/m² e a fibra de viscose uma tela 100% CV com um peso de 130g/m².

A realização das diferentes receitas dividiu-se em quatro etapas, sendo que sempre que se testava uma mudança nova, fazia-se a preparação dos artigos utilizando uma receita original, estampavam-se digitalmente cada uma com três cores diferentes - no primeiro ensaio apenas castanho e cinzento, mas nos seguintes adicionou-se a cor azul -, vaporizavam-se e lavavam-se as amostras em conjunto, de modo a minimizar erros possíveis. Após a secagem das amostras, as três cores de cada uma delas foram analisadas segundo o sistema cromático CIE L^*a^*b e o sistema cromático CIElab L^*C^*h com o auxílio de um colorímetro.

Estas alterações das receitas focaram-se na mudança das concentrações dos diversos reagentes, sendo que na Tabela 14 são apresentadas as receitas base pelo qual o estudo se iniciou, sendo elas as receitas utilizadas nas preparações das fibras na Adalberto.

Tabela 14: Receitas originais de preparação dos artigos de fibras celulósicas e das fibras de viscose.

	Fibras celulósicas	Fibras de viscose
Produtos (g/L)		
Reagente A	40	35
Reagente B	10	10
Reagente C	125	225
Reagente D	30	30
Reagente E	10	10
Reagente F	25	25
Reagente G	15	15

Depois de analisadas as 15 receitas, obteve-se uma receita otimizada e a partir desta foi realizada uma análise de custos para perceber se as alterações seriam benéficas em termos monetários para a empresa. Após

este estudo, efetuou-se a preparação da receita original da empresa numa amostra de fibras celulósicas e noutra de fibras de viscose e fez-se o mesmo com a receita otimizada. As quatro amostras foram estampadas com desenhos específicos de teste da Adalberto e posteriormente analisadas com o colorímetro, tendo sempre como padrão os artigos preparados com as receitas originais. Nesta última etapa utilizaram-se como artigos uma tela 100% CO ORG com um peso de 80 g/m² e uma tela cetim 100% CV com um peso de 100 g/m².

3.2.1.1. Estudo das receitas 1, 2 e 3

Inicialmente procedeu-se ao corte de 4 amostras de cada substrato, sendo que numa amostra de cada artigo foi aplicada a devida receita original e nas restantes, três receitas com concentrações diferentes do reagente C, D, E, F e G. As receitas de preparação foram aplicadas no *foulard* laboratorial e posteriormente secar a uma temperatura de 100 °C na estufa, com atenção aos artigos para estes não amarelecerem.

As diferentes receitas de preparação dos artigos de fibras celulósicas encontram-se apresentadas abaixo, na Tabela 15. Este primeiro estudo teve como objetivo perceber se as concentrações específicas de determinados produtos iriam provocar alterações nas tonalidades azuis e vermelhas, bem como na profundidade das cores.

Tabela 15: Receitas de preparação 1, 2 e 3 dos artigos de fibras celulósicas.

Produtos (g/L)	Fibras celulósicas			
	Receita Original	Receita 1	Receita 2	Receita 3
Reagente A	40	40	40	40
Reagente B	10	10	10	10
Reagente C	125	125	125	150
Reagente D	30	30	20	20
Reagente E	10	10	25	25
Reagente F	25	25	-	-
Reagente G	15	100	100	100

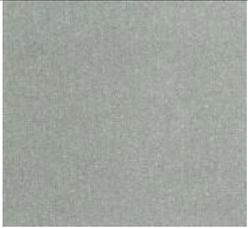
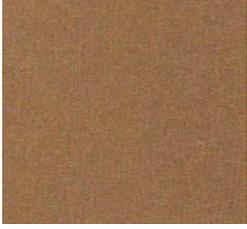
Tal como se pode observar pela Tabela 15, na receita 1 foi aumentada a concentração do reagente G e mantida a concentração de todos os outros reagentes, podendo desta forma analisar qual a influência do mesmo relativamente ao rendimento colorístico.

Nesta mesma parte, foram estudadas mais duas receitas, em que a receita 2 altera novamente a concentração do reagente G, assumindo este aumento como benéfico, mas desta vez eliminado o reagente F da solução, aumentando a concentração do reagente E e diminuindo a concentração de D. Relativamente à receita

3, estas alterações foram mantidas tirando o facto de se ter aumentado a concentração do reagente C. Desta forma, comparando estas receitas, conseguiu-se perceber se o aumento da concentração de C seria benéfico ou não à cor.

Na Tabela 16 estão presentes os resultados obtidos para cada uma das amostras, com as respetivas cores.

Tabela 16: Resultados obtidos para o ensaio 1 para as fibras celulósicas.

	Cor castanho	Cor cinzento
Receita Original		
Receita 1		
Receita 2		
Receita 3		

Na Tabela 17 podemos observar os valores calculados de ΔL , Δa e Δb a partir da medição das cores com o auxílio de um colorímetro. Esta análise foi feita tendo como padrão os valores obtidos para as cores da receita original, comparando com as receitas 1, 2 e 3. Os valores de L, a e b para a análise das fibras celulósicas encontra-se o Anexo F.

Tabela 17: Valores de ΔL , Δa e Δb calculados tendo como padrão os valores obtidos para a receita original.

	Cor castanho			Cor cinzento		
	ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
Receita Original	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Receita 1	<u>-3,07</u>	<u>0,95</u>	0,64	<u>-2,77</u>	<u>0,36</u>	-0,02
Receita 2	-1,95	-0,13	<u>-1,10</u>	-1,89	-0,40	<u>-0,91</u>
Receita 3	-2,30	0,17	-1,07	-1,58	-0,16	-0,85

Para ambas as cores, comparado o valor de ΔL , aquele que é mais negativo entre as três receitas foi o calculado para a receita 1, o que significa que a mudança do reagente **G** se tornou uma mudança positiva, uma vez que aumentou a intensidade de cor. Para o parâmetro Δa , esta receita é aquela que provoca também as melhores alterações dado aumentar a tonalidade de vermelho. No entanto os valores calculados para Δb nesta mesma receita apresentam valores positivos, o que não é o desejável, já que quanto mais positivo este valor, mais amarela é a cor. Desta forma, pode-se perceber que a receita 2 é aquela que seria a ideal para este parâmetro e, portanto, as mudanças das concentrações de **D**, **E** e **F** são favoráveis. Comparando as receitas 2 e 3, os valores para os três parâmetros são muito semelhantes pelo que se pode concluir que o aumento da concentração de **C** também se tornou positivo. Assim, as receitas cujas alterações foram as mais favoráveis, foram a receita 1 e 2.

Relativamente às receitas de preparação dos artigos compostos por fibras de viscose, na Tabela 18 encontram-se apresentadas as diferentes concentrações dos reagentes, tendo sempre como meio de comparação o artigo preparado com a receita original.

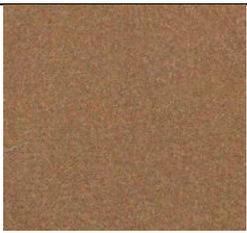
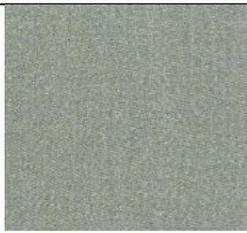
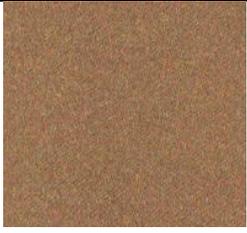
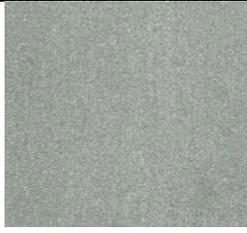
Tabela 18: Receitas de preparação 1, 2 e 3 dos artigos das fibras de viscose.

Produtos (g/L)	Fibras de viscos			
	Receita Original	Receita 1	Receita 2	Receita 3
Reagente A	35	35	35	35
Reagente B	10	10	10	10
Reagente C	225	225	225	200
Reagente D	30	30	20	20
Reagente E	10	10	25	40
Reagente F	25	25	-	-
Reagente G	15	100	100	100

Neste ensaio para a receita 1 foi aumentada a concentração do reagente **G**, comparativamente com a receita original. Na receita 2 diminuiu-se a concentração do reagente **D**, aumentou-se a concentração dos reagentes **E** e **G** e eliminou-se o reagente **F** da receita. Relativamente à receita 3, diminuiu-se a concentração do reagente **C** e **D** e aumentou-se a concentração do reagente **E** e **G**, eliminando também o reagente **F**.

Na Tabela 19 encontram-se apresentados os resultados obtidos aquando deste ensaio.

Tabela 19: Resultados obtidos para o ensaio 1 para as fibras de viscose.

	Cor castanho	Cor cinzento
Receita Original		
Receita 1		
Receita 2		
Receita 3		

Os valores calculados de ΔL , Δa e Δb a partir da medição das cores com o auxílio de um colorímetro encontram-se apresentados na Tabela 20. Tal como os resultados acima, esta análise foi feita tendo como padrão os valores obtidos para as cores da receita original, comparando com as receitas 1, 2 e 3. Os valores de L, a e b para a análise das fibras de viscose encontra-se o Anexo F.

Tabela 20: Valores de ΔL , Δa e Δb calculados tendo como padrão os valores obtidos para a receita original.

	Cor castanho			Cor cinzento		
	ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
Receita Original	<u>0,00</u>	<u>0,00</u>	0,00	<u>0,00</u>	<u>0,00</u>	0,00
Receita 1	2,75	-0,85	0,10	1,03	1,02	-1,95
Receita 2	5,34	-1,15	0,30	4,28	0,87	-1,68
Receita 3	3,35	-1,04	<u>-1,27</u>	1,13	0,32	<u>-3,05</u>

Analisando os valores obtidos para ΔL , Δa e Δb para as receitas 1, 2 e 3 os valores entre a cor castanho e cinzento foram semelhantes, sendo que apenas o aumento das concentrações dos reagentes **E** e **G** se apresentam benéficas (receita 3). No entanto, nenhuma das receitas apresenta uma maior profundidade de cor comparativamente com a receita original.

3.2.1.2. Estudo das receitas 4, 5, 6, 7, 8 e 9

Tal como para o estudo anterior, cortaram-se 7 amostras de cada substrato, sendo uma delas preparada com a receita original da Adalberto, e as restantes preparadas com as diversas receitas. Desta vez modificou-se as concentrações dos reagentes **C**, **E**, **F** e **G**. Depois de realizada a preparação das mesmas no *foulard* de laboratório, estas foram secas na estufa a uma temperatura de 100 °C. Seguidamente foram estampadas digitalmente, vaporizadas a 102 °C e lavadas (cada substrato lavado em separado).

As receitas de preparação dos artigos de fibras celulósicas encontram-se apresentadas abaixo, na Tabela 21.

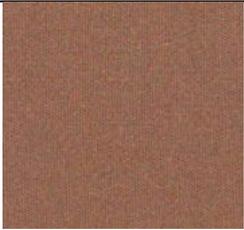
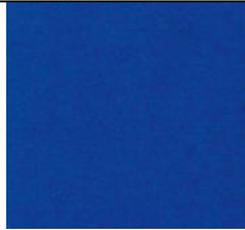
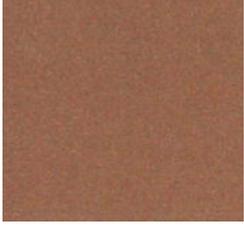
Tabela 21: Receitas de preparação 4, 5, 6, 7, 8 e 9 dos artigos de fibras celulósicas.

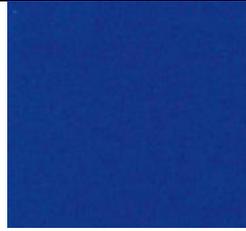
Produtos (g/L)	Fibras celulósicas						
	Receita Original	Receita 4	Receita 5	Receita 6	Receita 7	Receita 8	Receita 9
Reagente A	40	40	40	40	40	40	40
Reagente B	10	10	10	10	10	10	10
Reagente C	125	125	125	125	125	80	150
Reagente D	30	30	30	30	30	30	30
Reagente E	10	25	25	20	30	25	25
Reagente F	25	-	-	-	-	-	-
Reagente G	15	-	100	100	100	100	100

Após o primeiro estudo, concluiu-se que a eliminação do reagente **F** não provocaria alterações nos rendimentos das cores, desta forma, nesta fase do estudo optou-se por não colocar este reagente na preparação. Assim, a primeira alteração destas receitas foi a eliminação deste, sendo que outra alteração que poderá ser benéfica será o aumento da concentração de **G** de 15 g/L para 100 g/L. Desta forma, este foi o valor adotado na preparação de todas as receitas em estudo, à exceção da receita 4 em que este reagente não foi utilizado e em que se aumentou a concentração de **E** de 10 g/L para 25 g/L, sendo este um valor médio. Este valor médio é referente à comparação entre as receitas 5, 6 e 7 em que as concentrações deste reagente foram de 25 g/L, 20 g/L e 30 g/L, respetivamente. Desta forma, seria possível averiguar o efeito deste reagente. Relativamente às receitas 8 e 9, manteve-se o valor médio do reagente E, no entanto, a concentração de **C** variou para 80 g/L e 150 g/L, sendo assim possível estudar o efeito do mesmo.

Na Tabela 22 podemos ver os resultados obtidos das três cores para cada impregnação realizada.

Tabela 22: Resultados obtidos para o ensaio 2 para as fibras celulósicas.

	Cor castanho	Cor cinzento	Cor azul
Receita Original			
Receita 4			
Receita 5			
Receita 6			

Receita 7			
Receita 8			
Receita 9			

Os cálculos efetuados para ΔL , Δa e Δb são referentes às diferentes cores das amostras preparadas com as receitas original, 4, 5, 6, 7, 8 e 9. Estas medições foram efetuadas com o auxílio de um colorímetro cujos valores se encontram na Tabela 23. Os valores de L, a e b para a análise das fibras celulósicas encontra-se o Anexo G.

Tabela 23: Resultados obtidos para o ensaio 2 para as fibras de viscose.

	Cor castanho			Cor cinzento			Cor azul		
	ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
Receita Original	0,00	0,00	<u>0,00</u>	<u>0,00</u>	0,00	<u>0,00</u>	0,00	0,00	0,00
Receita 4	1,04	0,36	0,36	2,22	-0,14	1,22	-1,56	-0,19	0,00
Receita 5	<u>-0,27</u>	<u>0,75</u>	1,63	4,89	-0,05	2,79	<u>-2,15</u>	<u>0,45</u>	<u>-0,06</u>
Receita 6	0,32	0,26	1,03	2,04	0,10	1,58	-1,23	-0,06	1,50
Receita 7	0,40	0,46	1,07	1,96	0,15	1,78	-1,30	0,41	0,62
Receita 8	0,35	0,49	1,76	1,43	<u>0,33</u>	2,13	-1,42	0,01	1,48
Receita 9	-0,18	0,58	1,62	1,79	0,25	1,94	-1,70	0,32	0,97

Relativamente aos resultados obtidos para o artigo preparado com a receita 4, foi possível verificar que as mudanças realizadas não se mostraram favoráveis, dado os valores obtidos serem bastante diferentes dos desejáveis. Em relação à comparação das receitas 5, 6 e 7, foi possível verificar que a concentração de 25 g/L do reagente E provocou uma melhoria nos rendimentos colorísticos das cores castanho e azul, não se verificando o mesmo para a cor cinzento. Para esta cor, a receita original foi aquela que promoveu um melhor

resultado, pelo que o estudo deverá continuar de modo a conseguir otimizar a receita de modo a obter os melhores rendimentos colorísticos das tricotomias em estudo. Relativamente ao estudo da concentração de **C**, comparado as receitas 8 e 9, deverão fazer-se mais estudos de modo a compreender o efeito deste reagente na preparação.

Terminado o estudo das receitas de preparação das fibras celulósicas, prosseguiu-se à última parte deste ensaio que seria o mesmo estudo, mas relativo às receitas de preparação das fibras de viscosa. Na Tabela 24 estão apresentadas as receitas de preparação.

Tabela 24: Receitas de preparação 4, 5, 6, 7, 8 e 9 dos artigos de fibras de viscosa.

Produtos (g/L)	Fibras de viscosa						
	Receita Original	Receita 4	Receita 5	Receita 6	Receita 7	Receita 8	Receita 9
Reagente A	35	40	35	35	35	35	35
Reagente B	10	10	10	10	10	10	10
Reagente C	225	225	225	225	225	175	250
Reagente D	30	30	30	30	30	30	30
Reagente E	10	25	25	20	30	25	25
Reagente F	25	-	-	-	-	-	-
Reagente G	15	-	100	100	100	100	100

De acordo com os resultados obtidos no primeiro ensaio, a eliminação do reagente **F** nas receitas de preparação não provocaria alterações colorísticas sendo, portanto esta a primeira mudança das receitas neste ensaio. Analisando a receita 4, é possível observar que se aumentou a concentração de **A** de 35 g/L para 40 g/L de modo a estudar se o aumento deste reagente provocaria mudanças, juntamente com o aumento da concentração de **E** de 10 g/L para 25 g/L. Esta última alteração mostrou-se favorável também no primeiro ensaio. Por fim, nesta receita optou-se por não utilizar o reagente **G**.

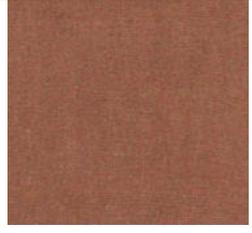
As receitas 5, 6 e 7 foram realizadas de modo a comparar os valores das concentrações de **E**, sendo elas de 25 g/L, 20 g/L e 30 g/L, respetivamente, mantendo-se as concentrações de todos os outros reagentes iguais entre si. Desta forma, com esta comparação, conseguimos perceber qual o efeito do reagente **E** e qual a concentração ideal a utilizar.

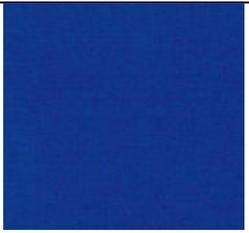
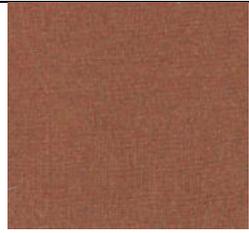
Por fim, as receitas 8 e 9 também são comparáveis na medida em que ambas mantiveram todos os valores de concentração dos reagentes iguais entre si, à exceção do reagente **C** em que se diminuiu a

concentração numa receita (175 g/L) e se aumentou noutra (250 g/L). Nestas receitas utilizaram-se 25 g/L de E, uma vez tratar-se de um valor médio dos três em estudo.

Na Tabela 25 encontram-se apresentados os resultados obtidos das três cores para cada impregnação realizada.

Tabela 25: Resultados obtidos para o ensaio 2 para as fibras de viscose.

	Cor castanho	Cor cinzento	Cor azul
Receita Original			
Receita 4			
Receita 5			
Receita 6			
Receita 7			

Receita 8			
Receita 9			

Os resultados calculados relativos aos valores de ΔL , Δa e Δb estão apresentados na Tabela 26, sendo que os mesmos foram obtidos com o auxílio de um colorímetro para análise das três cores em estudo. Estes foram calculados para as amostras da receita original e receitas 4, 5, 6, 7, 8 e 9. Os valores de L, a e b para a análise das fibras de viscose encontra-se o Anexo G.

Tabela 26: Resultados obtidos para o ensaio 2 para as fibras de viscose.

	Cor castanho			Cor cinzento			Cor azul		
	ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
Receita Original	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Receita 4	-0,99	2,17	<u>-3,45</u>	-0,57	1,15	<u>-1,50</u>	-0,84	1,61	0,73
Receita 5	-2,00	2,26	-2,05	-2,16	1,01	-1,09	-2,74	1,37	1,40
Receita 6	-2,30	2,23	-2,48	-1,72	0,80	-0,94	-2,92	1,86	0,75
Receita 7	-2,42	2,02	-2,76	-2,50	1,06	<u>-1,50</u>	-2,44	1,35	<u>1,45</u>
Receita 8	<u>-2,60</u>	<u>2,62</u>	-2,21	<u>-2,92</u>	<u>1,37</u>	-1,06	<u>-2,93</u>	<u>1,94</u>	0,66
Receita 9	-2,25	2,59	-2,70	-2,17	1,26	-0,97	-1,82	1,37	1,36

Todas as receitas apresentam melhorias pelo que é possível concluir que o aumento da concentração de **G**, da concentração de para 100 g/L e a eliminação de **F** são mudanças favoráveis. Esta afirmação pode ser comprovada com os valores da Tabela 27. No entanto, a receita 4 é aquela cujos resultados apesar de bons, não se apresentam tão favoráveis como os das outras receitas. Desta forma, pode-se concluir que o aumento da concentração de **A** e **E**, com a eliminação de **F** e **G** não será a melhor otimização.

Fazendo a comparação entre as receitas 5, 6 e 7 verificamos que os melhores valores para as três cores são aqueles cuja receita de preparação contém 20 g/L seguida da receita com 25 g/L. Desta forma, em ensaios seguintes será interessante utilizar uma concentração de 22,5 g/L do reagente **E**.

Comparando agora as receitas 8 e 9, aquela que fornece os melhores resultados é a receita 8, pelo que nos próximos ensaios serão estudadas receitas com menores concentrações de **C**.

Assim, é possível concluir que a eliminação do reagente **F**, o aumento da concentração de **G** e a diminuição da concentração de **C** poderão ser mudanças favoráveis. No entanto, deverá estudar-se melhor a influência da concentração de **G** na receita de reparação.

3.2.1.3. Receitas de preparação 10, 11 e 12

Na terceira parte deste estudo, decidiu-se avaliar o efeito provocado pelo reagente **G** no rendimento colorístico.

Para isso, foram cortadas 4 amostras de cada substrato (fibras celulósicas e fibras de viscose) sendo que numa delas foi aplicada a receita original de preparação e nas restantes as receitas a serem estudadas. As receitas foram aplicadas no *foulard* laboratorial, secas a 100 °C, estampadas digitalmente, vaporizadas a 102 °C e por último os dois conjuntos de amostras de cada substrato foram lavadas em separado.

Na Tabela 27 estão apresentadas as receitas utilizadas para esta última parte do estudo, na preparação de fibras celulósicas.

Tabela 27: Receitas de preparação 10,11 e 12 dos artigos de fibras celulósicas.

Produtos (g/L)	Fibras celulósicas			
	Receita Original	Receita 10	Receita 11	Receita 12
Reagente A	40	40	40	40
Reagente B	10	10	10	10
Reagente C	125	125	100	100
Reagente D	30	30	30	30
Reagente E	10	10	22,5	22,5
Reagente F	25	25	-	-
Reagente G	15	100	-	50

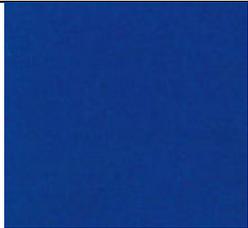
Segundo os últimos dois ensaios já apresentados nesta dissertação, é possível concluir que a diminuição da concentração de **C** e a eliminação do reagente **F** da receita de preparação seriam mudanças favoráveis. Assim, nessa última parte estudou-se também o efeito de **G** em que se estudou a receita original comparando com a receita 10 que consiste em manter todos os valores iguais à original, aumentando a concentração de **G** para 100 g/L.

As receitas 11 e 12 são receitas baseadas nos resultados dos últimos ensaios em que se diminuiu a concentração de **C** para 100 g/L, aumentou a concentração de **E** para 22,5 g/L e se diminuiu a concentração de **F**. Posteriormente, para estudar o efeito de **G**, numa das receitas, a 10, não se utilizou este reagente e na 11 optou-se por utilizar 50 g/L deste reagente.

A concentração de **E** utilizada de 22,5 g/L foi resultado do último ensaio em que se concluiu que os melhores resultados fornecidos pelas receitas de preparação foram aqueles cuja concentração deste reagente era de 25 g/L e de 30 g/L (receita 5 e 7). Desta forma, utilizou-se 22,5 g/L tratando-se de um valor médio.

Na Tabela 28 encontram-se os resultados obtidos dos substratos preparados com as diferentes receitas, estampados com as três cores do estudo.

Tabela 28: Resultados obtidos para o ensaio 3 para as fibras celulósicas.

	Cor castanho	Cor cinzento	Cor azul
Receita Original			
Receita 10			
Receita 11			
Receita 12			

Na Tabela 29 pode-se observar os resultados dos cálculos efetuados de ΔL , Δa e Δb , obtidos a partir da análise das três cores estampadas com o auxílio de um colorímetro. Resultados relativos às receitas original, 10, 11 e 12. Os valores de L, a e b para a análise das fibras celulósicas encontra-se o Anexo H.

Tabela 29: Resultados obtidos para o ensaio 3 para as fibras celulósicas.

	Cor castanho			Cor cinzento			Cor azul		
	ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
Receita Original	<u>0,00</u>	0,00	<u>0,00</u>	<u>0,00</u>	0,00	<u>0,00</u>	0,00	<u>0,00</u>	0,00
Receita 10	2,02	-1,42	4,52	2,31	0,43	2,04	2,69	-2,58	<u>-0,29</u>
Receita 11	2,03	-0,12	0,52	2,42	0,07	0,30	<u>-0,12</u>	-0,38	0,26
Receita 12	1,84	<u>0,23</u>	1,78	3,68	<u>0,49</u>	1,19	0,01	-0,59	0,85

Tendo em conta os resultados observados na tabela acima, é possível concluir que para as cores castanho e cinzento nenhuma das receitas se mostrou ideal, dado que é possível verificar que estas provocavam alterações nas tonalidades da cor, provocando diferenças de cor entre a amostra preparada com a receita original e as restantes. No entanto, a receita 11 em que se diminuiu a concentração de **C** para 100 g/L, aumentou a concentração de **E** para 22,5 g/L e aumentou a concentração de **G** para 50 g/L, provocariam melhorias de profundidade da cor azul. Apesar dos valores de Δa e Δb serem contrários dos valores ideais, as diferenças não são significativas, pelo que se pode concluir pelo valor de ΔL que esta receita vai aumentar a profundidade da cor.

De seguida foram estudadas receitas de preparação para as amostras de fibras de viscose. Na Tabela 30 encontram-se apresentadas as mesmas.

Tabela 30: Receitas de preparação 10,11 e 12 dos artigos de fibras de viscose.

Produtos (g/L)	Fibras de viscose			
	Receita Original	Receita 10	Receita 11	Receita 12
Reagente A	35	35	35	35
Reagente B	10	10	10	10
Reagente C	225	225	200	200
Reagente D	30	30	30	30
Reagente E	10	10	22,5	22,5
Reagente F	25	25	-	-
Reagente G	15	100	-	50

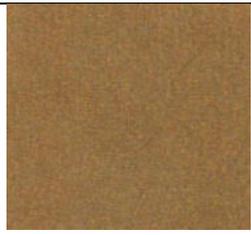
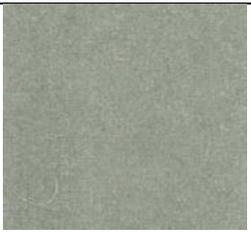
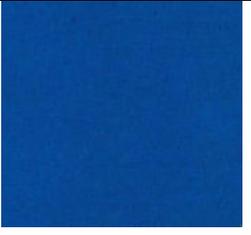
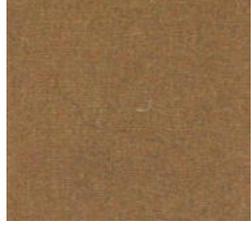
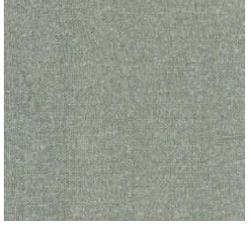
No ensaio 2, a partir dos resultados obtidos é possível concluir que a diminuição da concentração de **C** é favorável, assim como o aumento da concentração de **E**, sendo que o estudo da concentração de **G** deverá ser aprofundado.

Nesta parte formularam-se três receitas em que na receita 10 a única mudança realizada foi o aumento da concentração de **G** comparativamente com a receita original.

Analisando as receitas 11 e 12, diminui-se a concentração de **C** para 200 g/L e aumentou-se de um valor médio para os resultados obtidos no ensaio 2. A última alteração realizada foi que numa das receitas não se colocou o reagente **G** e noutra utilizou-se 50 g/L (receita 11 e 12, respetivamente).

Na Tabela 31 encontram-se os resultados obtidos das amostras de fibras de viscose preparadas com as diferentes receitas, estampados com as três cores do estudo.

Tabela 31: Resultados obtidos para o ensaio 3 para as fibras de viscose.

	Cor castanho	Cor cinzento	Cor azul
Receita Original			
Receita 10			
Receita 11			
Receita 12			

Os resultados calculados para os valores de ΔL , Δa e Δb encontram-se na Tabela 32 obtidos a partir da análise das três cores estampadas com o auxílio de um colorímetro. Estes são relativos às receitas original, 10, 11 e 12. Os valores de L, a e b para a análise das fibras de viscose encontra-se o Anexo H.

Tabela 32: Resultados obtidos para o ensaio 3 para as fibras de viscose.

	Cor castanho			Cor cinzento			Cor azul		
	ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
Receita Original	0,00	0,00	0,00	0,00	<u>0,00</u>	0,00	0,00	0,00	0,00
Receita 10	0,94	-0,49	<u>1,29</u>	<u>-0,57</u>	-0,28	0,66	2,66	-1,95	0,07
Receita 11	0,25	<u>0,61</u>	<u>-1,93</u>	0,54	-0,72	<u>-1,10</u>	-0,94	<u>1,61</u>	<u>0,00</u>
Receita 12	<u>-1,08</u>	0,37	-1,32	0,26	-0,58	-0,58	<u>-0,99</u>	0,78	0,60

De acordo com os resultados representados na Tabela 32, para as cores castanho e azul, a receita que forneceu os melhores resultados foi a receita 11, cujas mudanças se concentraram na diminuição da concentração de **C** para 200 g/L, no aumento da concentração de **E** para 22,5 g/L e na eliminação do reagente **G**. Relativamente à cor cinzento, a receita 10 mostrou-se eficaz na alteração da profundidade de cor, sendo que a receita 11 provocaria alteração de cor na mesma, segundo os valores de Δa e Δb .

3.2.1.4. Receitas de preparação 13, 14 e 15

Na quarta parte do estudo decidiu-se avaliar se a criação de uma receita comum para a preparação de ambos os substratos seria uma solução viável. Para isso, estudou-se o efeito do reagente **A** e do reagente **G**, com a eliminação do reagente **F**. Este ensaio teve como propósito avaliar se esta opção seria favorável na diminuição dos gastos de produto e tempo na elaboração das receitas de reparação a nível industrial.

Foram cortadas 4 amostras de cada substrato sendo que numa delas foi aplicada a receita original de preparação e nas restantes as receitas comuns 13, 14 e 15. As receitas aplicaram-se no *foulard* laboratorial, as amostras foram secas a 100 °C, estampadas digitalmente, vaporizadas a 102 °C e de seguida lavadas em separado. As três possíveis receitas de preparação comuns apresentam-se na Tabela 33.

Tabela 33: Receitas de preparação 13, 14 e 15 de ambos os substratos em estudo.

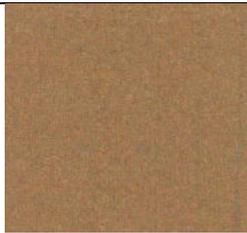
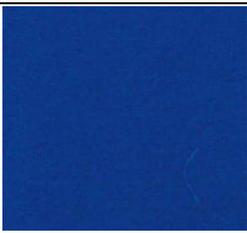
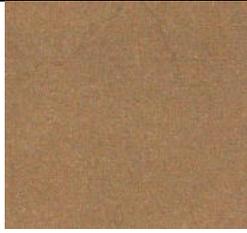
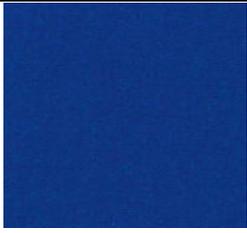
Produtos (g/L)	Fibras celulósicas e Fibras de viscose		
	Receita 13	Receita 14	Receita 15
Reagente A	40	40	20
Reagente B	10	10	10
Reagente C	150	150	150
Reagente D	30	30	30

Reagente E	22,5	22,5	22,5
Reagente F	-	-	-
Reagente G	-	50	-

As receitas comuns formuladas tiveram como objetivo perceber se esta opção seria viável, dado diminuir os gastos de reagentes, assim como de tempo de preparação das mesmas a nível industrial. As três receitas apresentam os mesmos valores de **B** sendo de 10 g/L, **C** e 150 g/L, **D** de 30 g/L e **E** de 22,5 g/L, assim como a eliminação de **F**. Os pontos de diferenciação são que na receita 13 se eliminou o reagente **G**, na receita 14 adicionou-se 50 g/L de **G** e na receita 15 diminuiu-se a concentração de **A**, eliminando o reagente **G** da receita.

Na Tabela 34 estão apresentados os resultados referentes à preparação do substrato de fibras celulósicas preparados com as receitas comuns 13, 14 e 15. Os valores de L, a e b para a análise das fibras celulósicas encontra-se o Anexo I.

Tabela 34: Resultados obtidos para o ensaio 3 para o substrato de fibras celulósicas.

		Cor castanho	Cor cinzento	Cor azul
Fibras celulósicas	Receita Original			
	Receita 13			
	Receita 14			
	Receita 15			

Na Tabela 35 encontram-se os cálculos efetuados para ΔL , Δa e Δb relativos à análise das três cores das receitas originais, 13, 14 e 15 das fibras celulósicas. Esta análise foi realizada com o auxílio de um colorímetro. Os valores de L, a e b para a análise das fibras de viscose encontra-se o Anexo I.

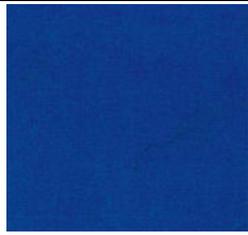
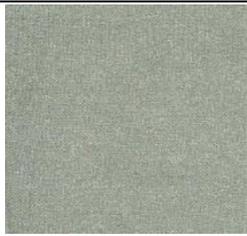
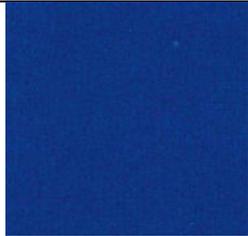
Tabela 35: Resultados obtidos para o ensaio 3 para as fibras celulósicas.

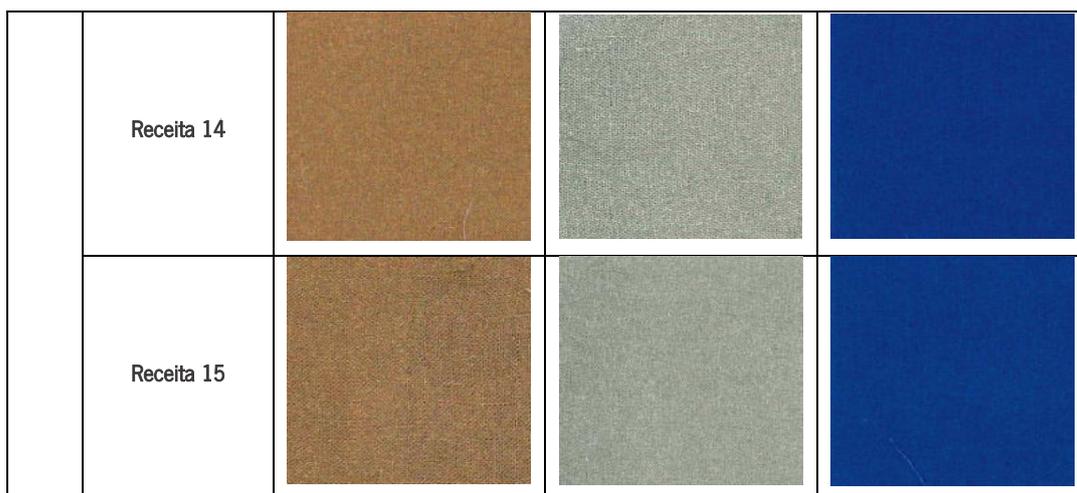
		Cor castanho			Cor cinzento			Cor azul		
		ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
Fibras celulósicas	Receita Original	<u>0,00</u>	0,00	0,00	<u>0,00</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Receita 13	0,68	-0,18	0,52	2,76	0,01	0,87	-0,96	-0,59	0,85
	Receita 14	1,51	<u>0,07</u>	1,94	2,32	<u>0,44</u>	1,14	-0,39	<u>0,03</u>	<u>0,00</u>
	Receita 15	0,37	0,01	<u>-0,22</u>	1,56	-0,14	<u>-0,04</u>	<u>-0,96</u>	-0,60	0,46

De acordo com os valores apresentados na tabela acima, a receita que apresenta os melhores resultados é a receita original para as cores castanho e cinzento, sendo que a receita comum 15 é aquela que fornece melhores resultados para a cor azul. No entanto, analisando visualmente as cores na Tabela 34, é possível perceber que as três cores obtidas a partir da preparação com a receita original são muito semelhantes às obtidas a partir da receita 15. Desta forma, pode-se concluir que a receita 15 será uma boa opção à otimização da receita de preparação das fibras celulósicas.

Na Tabela 36 estão apresentados os resultados referentes à preparação do substrato de fibras de viscose preparados com as receitas comuns 13, 14 e 15.

Tabela 36: Resultados obtidos para o ensaio 3 para o substrato de fibras de viscose.

		Cor castanho	Cor cinzento	Cor azul
Fibras de viscose	Receita Original			
	Receita 13			



Na Tabela 37 encontram-se os cálculos efetuados para ΔL , Δa e Δb relativos à análise das cores castanho, cinzento e azul das receitas originais, 13, 14 e 15 de ambas as fibras em estudo. Esta análise foi realizada com o auxílio de um colorímetro. Os valores de L, a e b para a análise das fibras de viscose encontra-se o Anexo I.

Tabela 37: Resultados obtidos para o ensaio 3 para as fibras de viscose.

		Cor castanho			Cor cinzento			Cor azul		
		ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb	ΔL	Δa	Δb
Fibras de viscose	Receita Original	<u>0,00</u>	0,00	0,00	<u>0,00</u>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Receita 13	1,67	0,71	<u>-2,32</u>	2,06	0,04	<u>-0,79</u>	<u>-1,80</u>	<u>2,75</u>	<u>-0,40</u>
	Receita 14	2,12	<u>1,61</u>	-0,43	2,66	<u>0,42</u>	0,03	-1,50	1,40	0,52
	Receita 15	1,45	0,91	-1,29	2,07	-0,06	-0,72	-0,27	1,02	1,00

Em relação à preparação das fibras de viscose, a receita que fornece os melhores resultados para as três cores é a receita 13, tendo em conta os valores calculados de Δa e Δb presentes na tabela acima. Desta forma, é possível concluir que a aplicação de uma receita comum para ambos os substratos não é uma opção favorável visto que as receitas que apresentam os melhores resultados não serem as mesmas.

3.2.2. Alterações das receitas de preparação

Na secção 3.2.1 efetuou-se o estudo de 15 receitas de preparação com diversas alterações de modo a compreender se modificando a preparação das fibras com posterior estampagem e vaporização dos artigos, iria afetar as cores em estudo. Analisando as alterações referentes à preparação das fibras celulósicas, foi possível concluir do primeiro ensaio que a diminuição da concentração de **D** para 20 g/L e a eliminação do reagente **F** da preparação era favorável. Do segundo ensaio, concluiu-se que a concentração ideal de **E** seria 25 g/L ou 30 g/L, sendo que no terceiro ensaio verificou-se que 22,5 g/L seria uma concentração positiva na alteração. Também

neste terceiro ensaio foi possível concluir que a concentração de **C** deveria ser menor, passando a ter 100 g/L na receita. Por fim, no quarto ensaio verificou-se que a eliminação do reagente **G** e a diminuição da concentração de **A** para 20 g/L eram mudanças favoráveis.

Relativamente às receitas de preparação das fibras de viscosa, as conclusões possíveis retirar do primeiro ensaio é que a eliminação do reagente **F** e a diminuição da concentração de **D** para 20 g/L são mudanças favoráveis. Em relação ao ensaio 2, a concentração de **E** favorável foi de 25 g/L e de 30 g/L, assim na terceira parte do estudo percebeu-se que a concentração ideal seria de 22,5 g/L. Por fim, no quarto ensaio verificou-se que a concentração de **C** ideal seria de 150 g/L, assim com a eliminação do reagente **G** da preparação.

Assim, formularam-se receitas otimizadas de preparação das fibras de celulose e das fibras de viscosa com estas concentrações de reagentes que se encontra na Tabela 38.

Tabela 38: Receitas de preparação original e otimizada de fibras celulósicas e de fibras de viscosa.

Produtos (g/L)	Fibras celulósicas		Fibras de viscosa	
	Receita Original	Receita Otimizada	Receita Original	Receita Otimizada
Reagente A	40	20	35	20
Reagente B	10	5	10	5
Reagente C	125	100	225	150
Reagente D	30	20	30	20
Reagente E	10	22,5	10	22,5
Reagente F	25	-	25	-
Reagente G	15	-	15	-

3.2.2.1. Análise de custos associados

De modo a perceber se a otimização das receitas seria favorável a nível financeiro, efetuou-se um estudo da análise de custos associados, tendo também em consideração os litros de receita preparados em 2021 de ambas as receitas de preparação pela Adalberto. Na Tabela 39 observa-se os custos de produto em € por Kg.

Tabela 39: Custo em € de cada reagente por Kg.

Produtos	€/Kg
Reagente A	2,30
Reagente B	3,30
Reagente C	2,00
Reagente D	3,00
Reagente E	0,46
Reagente F	0,70
Reagente G	0,23

No ano de 2021 foram utilizados 234 600 L de receita de preparação de fibras de celulose e 93 300 L de receita de preparação de fibras de viscose e foi efetuada a comparação financeira utilizada atualmente na empresa com ambas as preparações otimizadas. Na Tabela 40 pode-se observar a alteração de custo anual inerente às mudanças.

Tabela 40: Análise de custos de alteração das receitas de preparação comparativamente com a receita original da Adalberto.

	Receita	€/L banho	Custo anual (€)	Diferença (€)	%
Fibras Celulósicas	Original	0,37	85 758	-	-
	Otimizada	0,23	54 627	- 31 131	- 36
Fibras de Viscose	Original	0,45	42 363	-	-
	Otimizada	0,28	26 390	- 15 973	- 38

Analisando os valores calculados na Tabela 41, é possível verificar que ambas as receitas otimizadas proporcionam uma diminuição acentuada de custos associados à preparação. Relativamente à receita de preparação das fibras celulósicas, a receita original tem um custo por litro de 0,37 €, sendo que a receita otimizada custa 0,23 €. Desta forma, tendo em conta a quantidade de litros preparados em 2021, existe uma diferença em 36% que se poderia poupar neste ano. O mesmo acontece para a receita de preparação das fibras de viscose, em que a receita da Adalberto tem um preço de 0,45 € por litro de receita e de 0,28 € da receita otimizada e, tendo também em conta os litros preparados em 2021, há uma diminuição de custos em 38%.

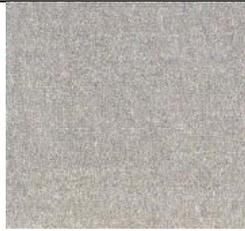
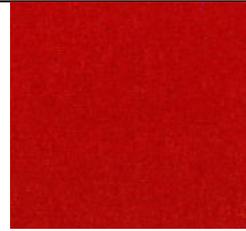
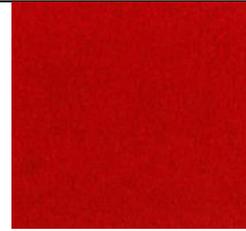
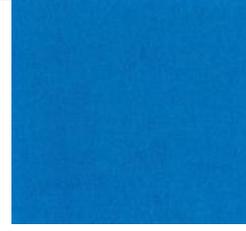
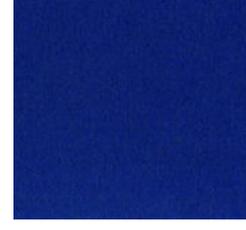
Assim, é possível concluir que, caso os resultados obtidos numa última etapa deste estudo que é a estampagem de artigos com cores e desenhos diferentes dos estudados inicialmente, e tendo em consideração os valores monetários, a otimização deveria ser uma opção viável a implementar na empresa.

3.2.2.2. Estudo da receita otimizada

Para o estudo da receita otimizada da preparação de fibras celulósicas, selecionou-se uma tela 100 % CO com 80 g/m² e cortaram-se duas amostras da mesma, sendo que uma foi impregnada com a receita original da empresa e outra com a receita otimizada. Ambas foram estampadas com um desenho teste específico da Adalberto que contém diversas cores assim como desenhos diferentes, de modo a obter conclusões relativas à precisão das linhas no mesmo. De seguida foram vaporizadas a 102 °C e lavadas.

Na Tabela 41 encontram-se os resultados obtidos na estampagem das fibras celulósicas com a receita original e a receita otimizada.

Tabela 41: Resultados obtidos para o substrato de fibras celulósicas preparadas com a receita original e com a receita otimizada do teste das cores.

Receita Original	Receita Otimizada	Receita Original	Receita Otimizada
			
			
			
			

Após a estampagem das amostras com as cores acima, analisou-se as mesmas com o auxílio de um colorímetro e calcularam-se os valores de ΔL , Δa , Δb e ΔC . Os valores obtidos encontram-se na Tabela 42. Os valores de L, a e b para a análise das fibras celulósicas encontra-se o Anexo J.

Tabela 42: Resultados obtidos para o estudo da Receita Original vs Receita Otimizada para o substrato de fibras celulósicas.

	Receita Original vs Receita Otimizada			
	ΔL	Δa	Δb	ΔC
1	0,14	0,11	0,05	-0,06
2	<u>-0,08</u>	0,07	0,16	<u>0,14</u>
3	0,53	-0,58	-0,35	-0,31
4	<u>-0,81</u>	0,55	1,02	<u>0,93</u>

5	<u>-0,12</u>	-1,13	0,30	<u>0,05</u>
6	0,03	0,97	1,50	<u>1,74</u>
7	0,17	0,58	0,80	-0,76
8	0,12	-0,04	0,43	-0,43

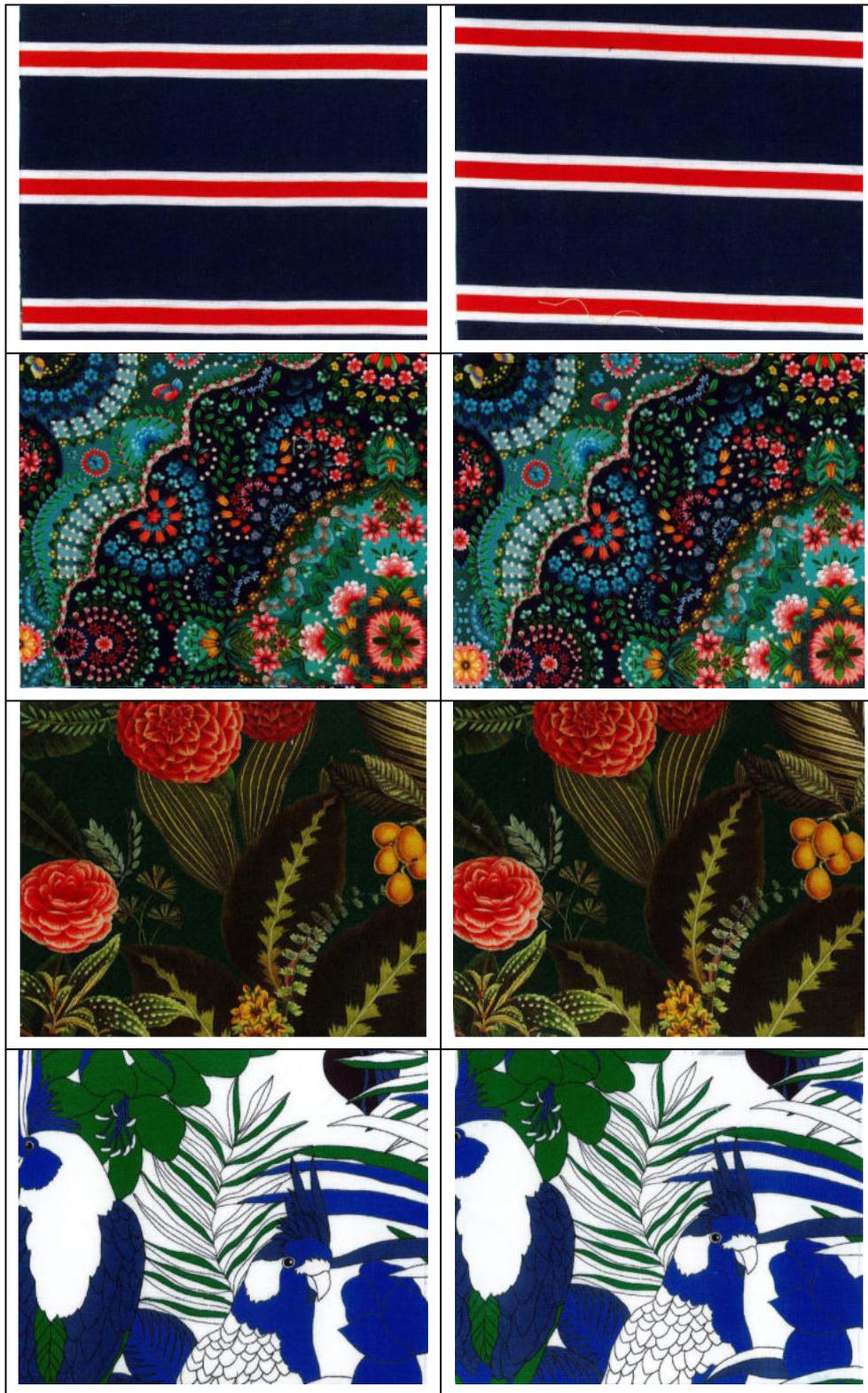
A identificação de 1 a 8 presentes na Tabela 42 são referentes às cores analisadas, em que 1 é a cor preto, 2 a cor cinzento claro, 3 a cor amarela, 4 a cor cinzento escuro, 5 a cor rosa, 6 a cor laranja, 7 a cor azul claro e 8 a cor azul escuro.

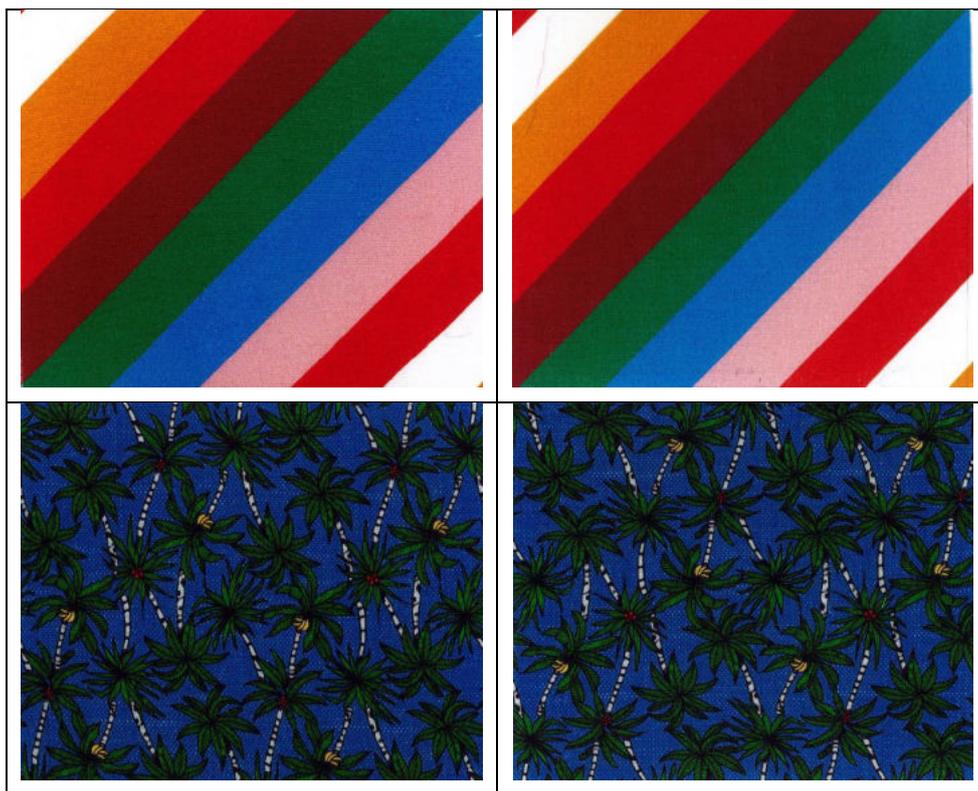
Nesta fase do estudo optou-se pela análise do valor de ΔC , uma vez que este representa a saturação da cor, tornando-se também um parâmetro fundamental de análise das cores. Assim, quanto mais negativos os valores de ΔL e quanto mais positivos os valores de ΔC , mais escura e saturada será a cor. Tendo esta premissa como princípio e analisando as cores do teste, verificamos que, embora alguns dos valores de ΔL se apresentem positivos, estes não chegam à unidade e desta forma podemos aceitá-los devido às diferenças de intensidade não serem elevadas. Relativamente à análise dos valores de ΔC , pode-se observar que algumas das cores apresentam também um valor contrário ao desejável, ou seja um valor negativo. No entanto, observando as amostras visualmente, é possível verificar que, nas cores onde isto acontece, não se observam mudanças significativas da mesma, o que sugere que a receita otimizada é uma boa opção de preparação.

De seguida, estamparam-se as amostras com desenhos específicos teste. Os resultados desta estampagem encontram-se representados na Tabela 43.

Tabela 43: Resultados obtidos para o substrato de fibras celulósicas preparadas com a receita original e com a receita otimizada do teste dos desenhos.





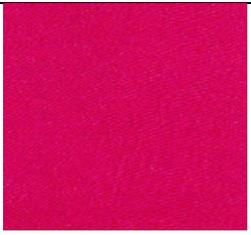
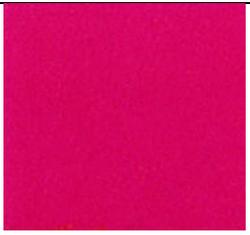
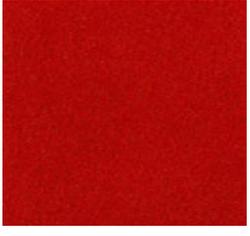
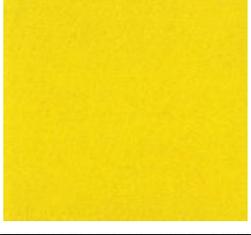
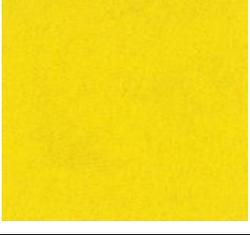
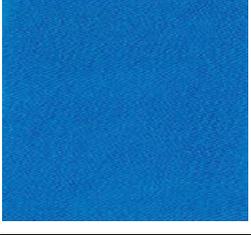
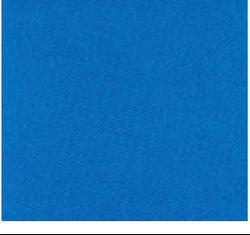
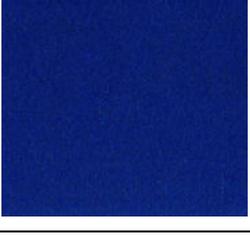


Devido a dificuldade de analisar as cores obtidas no colorímetro visto se tratar de desenhos, os resultados obtidos foram analisados visualmente, tendo em conta as cores, a definição das linhas e o vazamento das cores para o verso do estampado. Verificou-se que, em todos os desenhos estampados, exceto na cor do fundo do último apresentado na tabela acima, aqueles cuja preparação das amostras foi realizada com a receita otimizada apresentam melhores ou iguais resultados comparativamente com aqueles preparados com a receita original da Adalberto.

Por fim, estudou-se a receita otimizada da preparação das fibras de viscose selecionando-se uma tela 100 % CV com 100 g/m² e preparando duas amostras desta com a receita original e outra com a receita otimizada. Ambas foram estampadas com cores e desenhos específicos da Adalberto e de seguida vaporizadas a 102 °C e lavadas.

Na Tabela 44 encontram-se os resultados obtidos na estampagem das fibras de viscose com a receita original e a receita otimizada.

Tabela 44: Resultados obtidos para o substrato de fibras de viscose preparadas com a receita original e com a receita otimizada do teste das cores.

Receita Original	Receita Otimizada	Receita Original	Receita Otimizada
			
			
			
			

Depois de efetuar todas as etapas descritas acima, analisaram-se as cores com o auxílio de um colorímetro e calcularam-se os valores de ΔL , Δa , Δb e ΔC . Os valores calculados encontram-se na Tabela 45. Os valores de L, a e b para a análise das fibras de viscose encontra-se o Anexo J.

Tabela 45: Resultados obtidos para o estudo da Receita Original vs Receita Otimizada para o substrato de fibras de viscose.

	Receita Original vs Receita Otimizada			
	ΔL	Δa	Δb	ΔC
1	0,98	-0,19	-0,47	<u>0,50</u>
2	0,20	0,09	-0,52	<u>0,00</u>
3	0,14	0,54	-0,42	-0,46
4	<u>-0,67</u>	-0,14	0,26	<u>0,28</u>

5	0,27	0,34	-0,08	<u>0,35</u>
6	<u>-0,05</u>	-0,88	-0,56	-1,03
7	<u>-0,23</u>	0,10	-0,20	<u>0,06</u>
8	<u>-0,05</u>	0,80	0,33	-0,31

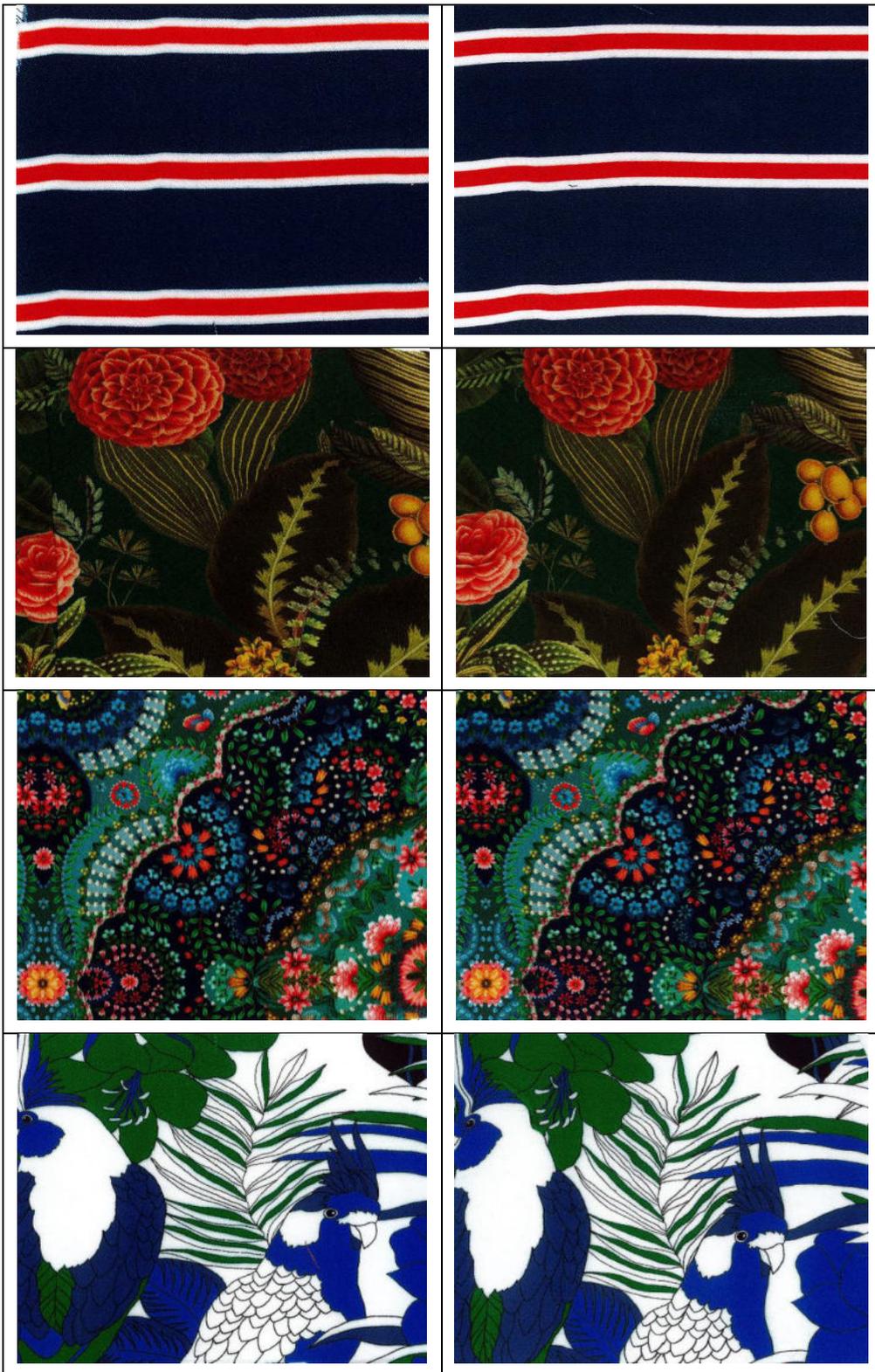
Tal como para as fibras celulósicas, a identificação de 1 a 8 presentes na Tabela 46 são referentes às cores analisadas, em que 1 é a cor preto, 2 a cor cinzento claro, 3 a cor amarela, 4 a cor cinzento escuro, 5 a cor rosa, 6 a cor laranja, 7 a cor azul claro e 8 a cor azul escuro.

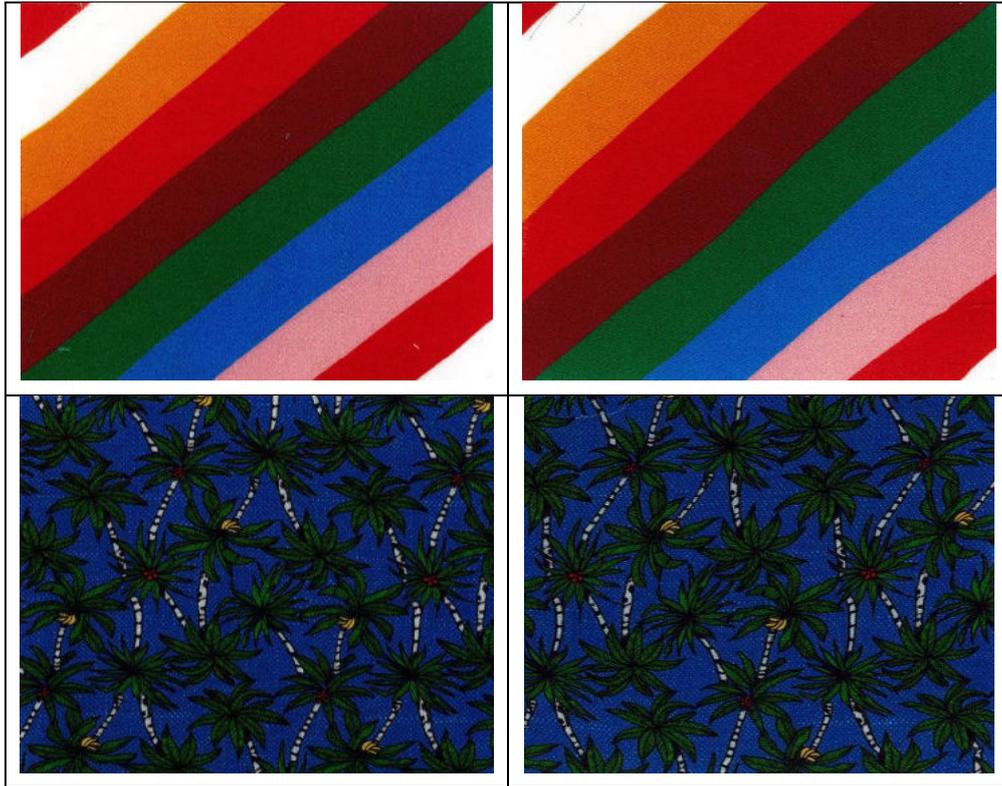
Tendo em conta os valores de ΔL e ΔC verifica-se que alguns valores são contrários aos valores desejáveis, ou seja, um ΔL positivo e um ΔC negativo. Apesar disto acontecer ao analisar visualmente as cores das amostras preparadas com a receita otimizada, pode-se observar que as mesmas se encontram similares às cores preparadas com a receita original. Desta forma, os valores contrários não se apresentam pejorativos após esta análise.

De seguida, estamparam-se as amostras com desenhos específicos teste. Os resultados desta estampagem encontram-se representados na Tabela 46.

Tabela 46: Resultados obtidos para o substrato de fibras de viscose preparadas com a receita original e com a receita otimizada do teste dos desenhos.







Assim como explicado para os desenhos estampados nas fibras celulósicas, os desenhos estampados geralmente têm áreas muito pequenas tornando-se impossível de analisar as cores através de um colorímetro. Desta forma, analisa-se visualmente a definição das linhas do desenho e o vazamento das cores para o verso do estampado. Analisando a Tabela 46 verifica-se que apenas o último estampado apresenta uma tonalidade diferente no fundo. Desta forma, a receita otimizada estudada poderá ser uma opção viável à utilização, mas deverá ser estudada de modo que esta diferença de tonalidades no azul não exista.

Capítulo 4: Conclusão e Perspetivas Futuras

Na presente dissertação foram estudados dois projetos cujas possíveis otimizações seriam de interesse para a empresa Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva, S.A.

Um dos projetos teve como objetivo a otimização das lavagens na secção de Tinturaria no processo descontínuo de acontece em *jet*. Este passou pelo estudo de novos detergentes (A, B e C), diminuição do número de banhos de lavagem (4) e diminuição de temperatura máxima atingida (40 °C). A lavagem standard de malha tingida com corantes reativos é referente a tingimentos com uma % de 1-3 sendo que as 5 amostras lavadas apresentam uma % de corante entre estes valores, sendo que duas malhas são cores médias (% de corante de 1-2,5) e três malhas são cores escuras (% de corante de 2,5-6). Desta forma, seria possível perceber se a lavagem seria suficiente para algumas cores escuras, para as cores médias e consequentemente para as cores claras (% de corante 0-1). Efetuou-se uma análise financeira das lavagens e verificou-se que a lavagem standard custa 3,641 € por Kg de malha e a lavagem estudada tem um custo associado de 2,507 € por Kg de malha. Desta forma, é possível verificar que a lavagem otimizada diminui os custos associados à lavagem.

Finalizados os processos de lavagem, foram realizados testes de controlo de qualidade inerentes à Adalberto e foram comparados os resultados obtidos com o caderno de encargos fornecidos pela mesma. O primeiro ensaio de controlo de qualidade realizado foi o teste de solidez dos tintos à lavagem 40 °C (lavagem doméstica) em que se lavou cada uma das 5 amostras com uma tira de multifibras e analisou-se se existia manchamento segundo a escala de cinzentos. Verificou-se em todas as amostras de multifibras que a avaliação seria de 5 e, segundo o caderno de encargos, este teste deviria apresentar no mínimo um nível de 3-4. Desta forma, é possível concluir que as lavagens otimizadas foram eficazes segundo o teste da solidez dos tintos à lavagem a 40 °C.

Realizou-se o teste de controlo de qualidade à solidez dos tintos à água, cujos resultados mostram que nas amostras 1, 4 e 5 não ocorre o manchamento do testemunho multifibras. No entanto, na Amostra 2 ocorreu um manchamento na fibra de PA num nível 4-5. Na Amostra 3 também se verificou um manchamento na fibra de WO e de PE num nível 4-5 e na fibra de CO um nível de 3-4. Verificando o caderno de encargos, o manchamento deverá ter um nível mínimo de 3-4. Assim, todos os testes de solidez dos tintos à água seriam aprovados.

Outro teste de controlo de qualidade realizado foi a solidez dos tintos à prensagem a quente, cujo valor mínimo de manchamento na escala de cinzentos é de 3-4. Na análise dos testemunhos resultantes neste estudo, apenas para as cores médias (Amostra 1 e 2), o manchamento é de 3-4, sendo na Amostra 3 o nível é de 2, na Amostra 4 o nível é de 3 e na Amostra 5 o nível é de 2-3. Desta forma, estes testes seriam reprovados pela Adalberto.

Por fim, foi realizado o teste de controlo de qualidade de solidez dos tintos à fricção a seco e a húmido cujos valores mínimos de manchamento segundo a escala de cinzentos fornecida pelo caderno de encargos da Adalberto é de 4 e 2-3, respetivamente. Tal como é possível verificar nos resultados obtidos, os valores de manchamento de fricção a seco foi de 5 para todas as amostras e para a fricção a húmido foi de 4 -5 (Amostra 1), de 4 (Amostra 3) e 3 (Amostra 2, 4 e 5). Assim, estes seriam aprovados pela Adalberto.

Analisaram-se também os 4 banhos de cada lavagem das 5 amostras de modo a perceber se existia uma diminuição da concentração de corante hidrolisado para perceber se a lavagem seria eficaz. Analisando os resultados obtidos, é possível concluir que a lavagem foi eficaz na eliminação de corante hidrolisado, uma vez que existiu uma diminuição significativa de corante presente no banho 4 em comparação com o banho 1.

No entanto, apesar da maioria dos estudos realizados terem fornecido resultados propícios à mudança, no teste de controlo de qualidade da prensagem a quente isto não se verifica para cores escuras. Desta forma, a lavagem otimizada estudada não é uma opção viável para a lavagem de artigos tingidos com % de corante entre 2,5-6, dado este teste ser um teste realizado em todas as lavagens realizadas na empresa. No entanto, esta poderá ser uma opção viável quando se trata da lavagem de cores médias com % de corante entre 0-2,5.

Uma opção de projeto futuro para a otimização poderia ser o estudo da lavagem de malhas tingidas com corante reativo de 2,5-6% com aumento de número de banhos (talvez 5/6), estudo de outro tipo de detergentes que não os estudados na presente dissertação assim como aumento a concentração deste e/ou aumentando a temperatura máxima da lavagem.

O segundo projeto discutido na presente dissertação foca-se na otimização das receitas de preparação dos estampados digitais dos artigos de fibras celulósicas e de fibras de viscose. Para isso estudaram-se 15 receitas de cada uma das preparações, sendo que em cada uma foram alteradas concentrações de diferentes produtos constituintes da mesma (reagentes A, B, C, D, E, F e G) e de seguida vaporizaram-se as amostras a 102 °C, lavaram-se e estamparam-se digitalmente três cores (castanho, cinzento e azul). Os resultados obtidos foram analisados com o auxílio de um colorímetro, segundo os sistemas cromáticos $CIE L^* a^* b$ e $CIE Lab L^* C^* h$.

Após estudadas as 15 receitas, verificou-se que para a receita de preparação dos artigos de fibras celulósicas, as concentrações ideais do reagente A seria de 20 g/L, do reagente B de 5 g/L do reagente C de 100 g/L, do reagente D de 20 g/L, do reagente E de 22,5 g/L e eliminaram-se os reagentes F e G da preparação. Para as fibras de viscose, a receita otimizada seria composta por 20 g/L de reagente A, 5 g/L de reagente B, 150 g/L de reagente C, 20 g/L de reagente D e 22,5 g/L de reagente E, eliminando os reagentes F e G da receita de preparação.

De seguida efetuou-se uma análise financeira das receitas comparando a receita otimizada com a receita atualmente implementada na empresa. Concluiu-se que a receita otimizada da receita de preparação das fibras de celulose diminui os gastos em 36 % tendo como base os 234 600 L de receita preparados em 2021. Já a receita de preparação de fibras de viscose diminui os gastos em 38 %, tendo em conta os 93 300 L de receita preparados em 2021. Desta forma, conclui-se que os resultados obtidos são favoráveis à otimização da receita de preparação.

Por fim, estudaram-se as receitas de preparação otimizadas e efetuou-se o mesmo processo de vaporização a 102 °C e estampagem, mas desta vez estudaram-se mais cores (preto, cinzento claro, amarelo, cinzento escuro, rosa, laranja, azul claro e azul escuro), assim como 7 estampados diferentes, seguidos da lavagem dos artigos e posterior análise das cores com o auxílio de um colorímetro segundo os sistemas cromáticos $CIE L^* a^* b^*$ e $CIE Lab L^* C^* h^*$.

Analisando os resultados obtidos das 8 cores verificou-se que, apesar de alguns valores de ΔL e ΔC são contrários aos valores ideais, mas não são diferenças significativas pelo que na análise visual é possível verificar que as cores não apresentam mudanças drásticas quando comparadas com as cores dos artigos preparadas com a receita original, o que sugere que a receita otimizada será uma boa opção de preparação.

Relativamente à análise dos desenhos, sendo esta uma análise visual das cores e do vazamento no verso do estampado, verificou-se que em todos os estampados aqueles cujas preparações foram realizadas com a receita otimizada as cores apresentaram uma maior saturação e menor vazamento. No entanto, a saturação de cor não se verifica para as cores azuis quando comparadas com as amostras originais, não se tratando, no entanto, de alterações de cor elevadas.

O mesmo processo foi realizado para as fibras de viscose sendo que os resultados obtidos foram os mesmos que aqueles observados para as fibras celulósicas.

Desta forma, concluiu-se que a otimização das receitas de preparação mostrou-se favorável e poderá ser uma opção a implementar na Adalberto. Futuramente deverão fazer-se estudos utilizando pesos de artigo superiores àqueles utilizados neste estudo para ambas as fibras para perceber se as cores resultantes seriam as mesmas que aquelas fornecidas pela receita de preparação original. Outra proposta futura, seria alterar a receita e estudar outras tonalidades de azul, dado que se verifica uma ligeira mudança da mesma no presente estudo.

Capítulo 5: Referências Bibliográficas

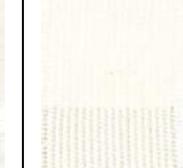
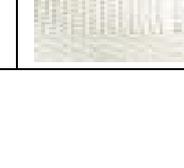
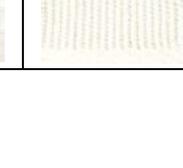
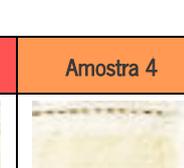
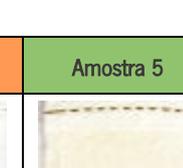
1. Silveira S., Manual de Matérias-Primas Têxteis. CILAN - Centro de formação profissional para a indústria de lanifícios; 2011
2. Rego A., Interação Laboratório Químico e Produção (Análise de Desvios). Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho; 2014
3. Houck M., Ways of identifying textile fibers and materials. Identification of Textile Fibers, West Virginia University USA; 2009. DOI 10.1533/9781845693651.1.6
4. Shuvo I., Fiber attributes and mapping the cultivar Influence of different Industrial cellulosic coops (cotton, hemp, flax and canola) on textile properties. Bioresources and Bioprocessing; 2020. DOI 10.1186/s40643-020-00339-1
5. Durães S., Corantes Reativos Para Fibras Celulósicas. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia do Porto; 2020
6. Sinclair R., Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology. Elsevier Inc.; 2014. DOI 10.1016/C2013-0-17410-7
7. Morton W. & Hearls J., Physical Properties of Textile. Elsevier Ltd.; 2008. DOI 10-1533/9781845694425
8. Kuasne A., Fibras têxteis. Curso Têxtil em Malharia e Confeção 2º Módulo. CEFET/SC; 2008
9. Mather R. & Wardman R., The Chemistry of Textile Fibers. The Royal Society of Chemistry; 2015. DOI 10.1039/9781782626534
10. Silva G., Design 3D em tecelagem jacquard como ferramenta para a concepção de novos produtos: aplicação em acessórios de moda. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho; 2005
11. Catarino A., Dinâmica da tricotagem: Estudo da tensão de entrada do fio e sua aplicação em controlo de qualidade. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho; 1998
12. Gandhi K. & Sondhelm W., Technical fabric structures - 1. Woven fabrics. Handbook of Technical Textiles: Second Edition; 2016. DOI 10.1016/B978-1-78242-458-1-00004-2
13. Peças P., Carvalho M, Salman H. & Leite M., Natural fibers composites and their application: A review. Journal of Composites Science; 2018. DOI 10:3390/jcs2040066
14. Jawaid M. & Abdull Khalil H., Cellulosic Synthetic fiber, reinforced polymer hybrid composites: A review. Carbohydrate Polymers 86 (1-18); 2011. DOI 10.1016/j.carbpol.2011.04.043
15. Sousa M., Estudo da Reprodutibilidade Laboratorial no Processo de Tingimento Têxtil. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho; 2016
16. Chang R., Chemistry 10th Edition. McGraw-Hill, New York, USA; 2010. ISBN 978-0-07-351109-2
17. Clark M., Handbook of Textile and Industrial Dyeing. Elsevier Inc.; 2011. DOI 10.1533/9780857094919

18. Castro C., Monitorização e otimização da cinética de tingimento de fibras celulósicas com corantes reativos polifuncionais. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho; 2019
19. "Technical Properties of Cotton Fiber". <https://textilelearner.net/technical-properties-of-cotton-fiber/> Acedido em 22 de setembro de 2022
20. "Cotton Fiber | Physical Properties and Chemical Properties of Cotton". <https://textilecraft.blogspot.com/2013/12/cotton-fibre-physical-properties-and.html> Acedido em 22 de setembro de 2022
21. Romero L., Vieira J., Medeiros L. & Martins R., Fibras artificiais e sintéticas. BNDES; 1995
22. McIntyre J., Synthetic fibers: Nylon, polyester, acrylic, polyolefin. Elsevier Ltd.; 2004. DOI 10.1533/9781845690427
23. "As Fibras têxteis: O que são e que tipos existem". <https://www.fibrenamics.com/intelligence/reports/as-fibras-o-que-sao-e-que-tipos-existem> Acedido em 29 de setembro de 2022
24. "Bamboo Viscose Fabric". <https://www.topbambooproducts.com/bamboo-viscose-fabric/> Acedido em 1 de outubro de 2022
25. Zhang Y., Kang H., Hou H., Shao S., Sun X., Qin C. & Zhang S., Improved design for textile production process based on life cycle assessment. Clean Technologies and Environment Policy; 2018. DOI 10.1007/s10098-018-1572-9
26. "Processo produtivo da indústria têxtil, a confecção de casacos e fatos". industria-transformadora.info/processo-produtivo-da-industria-textil-a-confeccao-de-casacos-e-fatos/ Acedido em 4 de fevereiro de 2022
27. Choudhery A., Pre-treatment and preparation of textile materials prior to dyeing. Government College of Engineering and Textile Technology, Serampore, India; 2011. DOI 10.1533/97808570993974.1.64
28. Anandjiwala R. & John M., Surface modification and preparation techniques for textile materials. Surface Modification of Textiles. Woodhead Publishing Series In Textiles; 2009. DOI 10.1533/9781845696689.1
29. Tzanov T., Costa S., Guebitz G. & Cavaco-Paulo A., Dyeing in catalase-treated bleaching baths. Coloring Technology. Society of Dyers and Colorists; 2001. DOI 10.1111/j.1478-4408.2001.tb00327.x
30. Galante Y. & Formaantici C., Enzyme Applications on Detergency and in Manufacturing Industries. Current Organic Chemistry; 2005. DOI 10.2174/1385272033486468
31. Botteri L., Grancaric A. & Tarbuk A., Light conversion and scattering in UV protective textiles. Autex Research Journal; 2014. DOI 10.2478/aut-2014-0025
32. Zahid M., Bhatti I., Adeel S. & Saba S., Modification of cotton fabric for textile dyeing: Industrial mercerization versus gamma Irradiation. The Journal of The Textile Institute; 2017. DOI 10.1080/0045000.2016-1165398

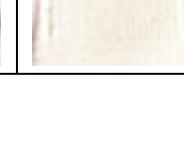
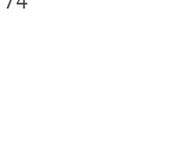
33. Háuser P., Textile Dyeing. Book on Demand; 2011. ISBN 9533075651
34. "Dyeing Process". textilesite.blogspot.com/2012/03/dyeing-process.html Acedido em 4 de abril de 2023
35. Boaventura L., Análise de parâmetros que Influenciam o tingimento por esgotamento com corantes reativos. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior de Engenharia do Porto; 2018
36. Sousa K., Insumos ecológicos aplicados à estampa têxtil como alternativa para um processo sustentável. Dissertação de Bachelato. Universidade Federal de Santa Catarina; 2019
37. Piccoli H., Determinação do Comportamento Tintorial de Corantes Naturais em Substratos de Algodão. Dissertação de Pós-Graduação. Universidade de Santa Catarina; 2008
38. Zollinger A., Color Chemistry Synthesis, Properties, and Applications of Organic Dyes and Pigments. Wiley-VCH; 2003. ISBN 3-906390-23-3
39. Guarantini C. & Zanoni M., Corantes têxteis. Instituto de Química. Universidade Estadual Paulista; 2000
40. Gonçalves R., Otimização do tingimento de fibras de algodão com corantes reativos bifuncionais. Dissertação de Mestrado. Universidade do Minho; 2017
41. Best J., Colour Design: Theories and Applications, Second Edition. Elsevier; 2017. ISBN 978-0-08101889-7
42. Schindler W. & Mauser P., Chemical finishing of textiles. The Textile Institute. Elsevier Science; 2004. ISBN 0-8493-2825-X
43. Saville B., Physical testing of textiles. The Textile Institute. Elsevier Science; 1999. ISBN 0-8493-0568-3
44. Fernandes A., Reprodutibilidade no laboratório químico e tinturaria (produção). Relatório de Estágio. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto; 2004
45. "Colorwheel wavelengths". https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colorwheel_wavelengths.png Acedido em 29 de janeiro de 2023
46. Morães C., Estudo da difusão de corantes reativos em tecidos de algodão. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas; 2010
47. Weaver J., Analytical Methods for a Textile Laboratory: Third Edition. American Association of Textile Chemists and Colorists; 1984. ISBN 0-913350-0-9

Capítulo 6: Anexos

Anexo A - Resultados referentes à secção 3.1.3.1. Solidez dos tintos à lavagem

	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
WO					
PAN					
PES					
PA					
CO					
CA					

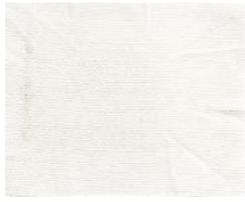
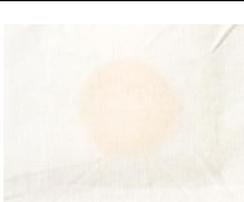
Anexo B – Resultados referentes à secção 3.1.3.2. Solidez dos tintos à água

	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
WO					
PAN					
PES					
PA					
CO					
CA					

Anexo C – Resultados referentes à secção 3.1.3.3. Solidez dos tintos à prensagem a quente

Amostra 1	
Amostra 2	
Amostra 3	
Amostra 4	
Amostra 5	

Anexo D – Resultados referentes à secção 3.1.3.4. Solidez dos tintos à fricção a seco e a húmido

Amostra 1		
Amostra 2		
Amostra 3		
Amostra 4		
Amostra 5		

Anexo E – Resultados referentes à secção 3.1.3.5. Análise espectrofotométrica dos banhos de lavagem

Absorvâncias médias das amostras padrão para as Amostras 1, Amostra 2, Amostra 3, Amostra 4 e Amostra 5

Padrões	Absorvâncias Médias				
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5
1	1,148	0,383	1,269	1,247	1,304
2	0,682	0,229	0,753	0,750	0,755
3	0,341	0,110	0,383	0,385	0,378
4	0,117	0,037	0,128	0,126	0,135

Anexo F – Resultados referentes à secção 3.2.1.1. Estudo das receitas 1, 2 e 3

Dados obtidos pela análise com o colorímetro das cores referentes à amostra de CO

	Cor castanho			Cor cinzento		
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Receita Original	59,89	10,03	17,33	70,35	-1,47	2,04
Receita 1	56,82	10,98	17,97	67,58	-1,11	2,02
Receita 2	57,94	9,90	16,23	68,46	-1,87	1,13
Receita 3	57,59	10,20	16,26	68,77	-1,63	1,19

Dados obtidos pela análise com o colorímetro das cores referentes à amostra de CV

	Cor castanho			Cor cinzento		
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Receita Original	56,22	10,66	18,01	67,71	-1,20	2,78
Receita 1	58,97	9,81	18,11	68,74	-0,18	0,83
Receita 2	61,56	9,51	18,31	71,99	-0,33	1,10
Receita 3	59,57	9,62	16,74	68,84	-0,88	-0,27

Anexo G– Resultados referentes à secção 3.2.1.2. Estudo das receitas 4, 5, 6, 7, 8 e 9

Dados obtidos pela análise com o colorímetro das cores referentes à amostra de CO

	Cor castanho			Cor cinzento			Cor azul		
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Receita Original	51,43	9,49	12,48	57,21	0,67	-2,66	37,01	5,80	-39,86
Receita 4	52,47	9,85	12,84	59,43	0,53	-1,44	35,45	5,61	-39,86
Receita 5	51,16	10,24	14,11	62,10	0,62	0,13	34,86	6,25	-39,92
Receita 6	51,75	9,75	13,51	59,25	0,77	-1,08	35,78	5,74	-38,36
Receita 7	51,83	9,95	13,55	59,17	0,82	-0,88	35,71	6,21	-39,24
Receita 8	51,78	9,98	14,24	58,64	1,00	-0,53	35,59	5,81	-38,38
Receita 9	51,25	10,07	14,10	59,00	0,92	-0,72	35,31	6,12	-38,89

Dados obtidos pela análise com o colorímetro das cores referentes à amostra de CV

	Cor castanho			Cor cinzento			Cor azul		
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Receita Original	49,96	9,71	16,17	56,25	1,48	0,58	37,22	4,38	-39,76
Receita 4	48,97	11,88	12,72	55,68	2,63	-0,92	36,38	5,99	-39,03
Receita 5	47,96	11,97	14,12	54,09	2,49	-0,51	34,48	5,75	-38,36
Receita 6	47,66	11,94	14,69	54,53	2,28	-0,36	34,40	6,24	-39,01
Receita 7	47,54	11,73	13,41	53,75	2,54	-0,92	34,78	5,73	-38,31
Receita 8	47,36	12,33	13,96	53,33	2,85	-0,48	34,29	6,32	-39,10
Receita 9	47,71	12,30	13,47	54,08	2,74	-0,39	35,40	5,75	-38,40

Anexo H – Resultados referentes à secção 3.2.1.3. Estudo das receitas 10, 11 e 12

Dados obtidos pela análise com o colorímetro das cores referentes à amostra de CO

	Cor castanho			Cor cinzento			Cor azul		
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Receita Original	55,68	8,51	16,24	64,33	-1,17	0,50	35,29	5,19	-38,48
Receita 10	57,70	7,09	20,76	66,64	-0,74	2,54	37,98	2,61	-38,77
Receita 11	57,71	8,39	16,76	66,75	-1,10	0,80	35,17	4,81	-38,22
Receita 12	57,52	8,74	18,02	68,01	-0,68	1,69	35,30	4,60	-37,63

Dados obtidos pela análise com o colorímetro das cores referentes à amostra de CV

	Cor castanho			Cor cinzento			Cor azul		
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Receita Original	52,02	8,01	19,38	61,51	-0,54	3,04	35,10	2,80	-37,97
Receita 10	52,96	7,52	20,67	60,94	-0,82	3,70	37,76	0,85	-37,90
Receita 11	52,27	8,62	17,45	62,05	-1,26	1,94	34,16	4,41	-37,97
Receita 12	50,94	8,38	18,06	61,77	-1,12	2,46	34,11	3,58	-37,37

Anexo I – Resultados referentes à secção 3.2.1.4 Estudo das receitas 13, 14 e 15

Dados obtidos pela análise com o colorímetro das cores referentes à amostra de CO

	Cor castanho			Cor cinzento			Cor azul		
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Receita Original	55,68	8,51	16,24	64,33	-1,17	0,50	35,29	5,19	-38,48
Receita 13	56,36	8,33	16,76	67,09	-1,16	1,37	34,33	5,22	-38,48
Receita 14	57,19	8,58	18,18	66,65	-0,73	1,64	34,90	4,59	-38,02
Receita 15	56,05	8,52	16,02	65,89	-1,31	0,46	34,33	6,13	-38,86

Dados obtidos pela análise com o colorímetro das cores referentes à amostra de CV

	Cor castanho			Cor cinzento			Cor azul		
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Receita Original	52,02	8,01	19,38	61,51	-0,54	3,04	35,10	2,80	-37,97
Receita 13	53,69	8,72	17,06	63,57	-0,50	2,25	33,30	5,05	-38,37
Receita 14	54,14	9,62	18,95	64,17	-0,12	3,07	33,60	4,20	-37,45
Receita 15	54,09	8,92	18,09	63,58	-0,60	2,32	34,83	3,82	-36,97

Anexo J - Resultados referentes à secção 3.2.2.2. Estudo da receita otimizada

Dados obtidos pela análise com o colorímetro das cores referentes à amostra de CO

	Receita Original				Receita Otimizada			
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>C</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>C</i>
1	19,95	-0,81	-3,28	3,38	20,09	-0,70	-3,23	3,32
2	68,21	-0,70	3,28	3,35	68,13	-0,63	3,44	3,49
3	83,59	-5,87	84,29	84,50	84,14	-6,45	83,94	84,19
4	51,54	-1,14	5,25	5,37	50,73	-0,59	6,27	6,30
5	45,54	58,08	-3,44	58,18	45,42	56,95	-3,14	58,23
6	42,15	37,75	35,46	51,79	42,18	38,72	36,96	53,53
7	52,99	-31,12	-30,18	43,35	53,16	-30,54	-29,38	42,59
8	32,57	-0,03	-30,45	30,45	32,69	-0,07	-30,02	30,02

Dados obtidos pela análise com o colorímetro das cores referentes à amostra de CV

	Receita Original				Receita Otimizada			
	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>C</i>	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>C</i>
1	18,32	-0,40	-2,40	2,43	19,30	-0,59	-2,87	2,93
2	68,31	-0,32	4,80	4,29	68,11	-0,23	4,28	4,29
3	84,03	-6,73	86,60	86,86	84,17	-6,19	86,18	86,40
4	48,63	-0,59	7,36	7,38	47,96	-0,73	7,62	7,66
5	45,14	59,84	-4,51	60,01	45,41	60,18	-4,59	60,36
6	42,57	38,95	38,33	54,65	42,52	38,07	37,77	53,62
7	53,88	-32,52	-31,99	45,62	53,65	-32,42	-32,19	45,68
8	32,83	-0,86	-31,54	31,55	32,88	-1,66	-31,21	31,24