Universidade do Minho
Escola de Ciências

Ana Sofia Alves Monteiro

Estudo da otimização do *coating* em substratos celulósicos para Estamparia Digital com corantes reativos

outubro de 2023

Estudo da otimização do *coating* em substratos celulósicos para Estamparia Digital com corantes reativos

Ana Sofia Alves Monteiro

UMinho | 2023

Universidade do Minho
Escola de Ciências

Ana Sofia Alves Monteiro

Estudo da otimização do *coating* em substratos celulósicos para Estamparia Digital com corantes reativos

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Técnicas de Caracterização e Análise Química

Trabalho efetuado sob a orientação da
Doutora Susana Cristina Ferreira da Cunha
e da
Professora Doutora Sílvia Manuela Monteiro Alves Pereira Lima

outubro de 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 abaixo 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

Findada a última fase da minha vida académica, falta-me agradecer a todos os que contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

Primeiramente, quero agradecer à *Adalberto Textile Solutions* S.A., pela oportunidade de realizar esta dissertação e por toda a disponibilidade. Em especial, agradeço à minha orientadora, a Dr. Susana Cunha, pelo apoio, pela ajuda e disponibilidade durante todo este percurso, que me possibilitou novas aprendizagens numa área até então desconhecida para mim. Agradeço também ao Eng. Simão Oliveira e ao Sr. Eduardo por toda a disponibilidade e auxílio no esclarecimento de dúvidas. Ao Eng. Miguel Râmoa, ao Dr. Manuel Barros e ao Eng. Joaquim Mirra pelo acompanhamento ao longo deste estágio. Por fim, agradeço a todos os colaboradores de todas as secções, bem como aos técnicos dos laboratórios de tinturaria e de controlo de qualidade que me ajudaram de alguma forma. Um agradecimento especial a todos os membros da secção da Estamparia Digital: André, Carlos, Eduardo, Fernando, João, Klaus, Lucas, Marco, Óscar, Pedro, Pinto e Tiago, pelo acolhimento e pela assistência.

Agradeço à minha orientadora da Escola de Ciências da Universidade do Minho, a Professora Doutora Sílvia Lima, pela orientação, pelos conselhos e ajuda para a realização da presente dissertação.

Estou imensamente grata à minha família por me terem apoiado incondicionalmente e incentivado em toda a minha caminhada. Citando particularmente os meus pais, Manuela e António, e o meu irmão, Xavier, por toda a paciência.

Dirijo um agradecimento especial aos meus amigos que sempre acreditaram em mim. À Colgate, Inês e Margarida pela caminhada conjunta durante este estágio, que tornaram a adaptação mais fácil e animada. À Ângela, Bia, Cláudia, Kika, Novo e Susana por todos os momentos bem passados e pelo afeto. À Ag, Mg, Si e Zr por serem as minhas fiéis companheiras desde a licenciatura e por todos os momentos vividos. Às minhas mochinhas, Helena, Mariana e Nuna, por todo o apoio e carinho. Ao meu pessoal de Química por tornarem a minha jornada mais alegre.

Por fim, não podia deixar de mencionar e agradecer a um grupo especial de amigos: Bela, Bruna, Fábio, Gonçalo, Monteiro, Paulinha, Paulo e Rita por todas as aventuras vividas, pelas conversas, pelas risadas, pela amizade e companheirismo.

A todos, o meu mais sincero obrigada, sem vocês nada disto seria possível.

Declaração de Integridade

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a 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.

Resumo

Estudo da otimização do *coating* em substratos celulósicos para Estamparia Digital com corantes reativos

A *Adalberto Textile Solutions*, S.A. dedica-se à ultimação primária (preparação e pré-tratamento) e final (tingimento, estampagem e acabamento) dos substratos têxteis que chegam após os processos de fiação e tecelagem. Com o decorrer dos tempos, e face à situação climática vivida atualmente, torna-se crucial a busca por alternativas mais sustentáveis. O trabalho desenvolvido nesta dissertação tinha o objetivo de estudar a otimização de uma Receita de pré-tratamento de *coating* para substratos celulósicos para estampagem digital a jato de tinta com corantes reativos.

Realizou-se um primeiro teste à escala industrial para avaliar a reprodutibilidade de uma Receita previamente trabalhada em laboratório, de modo a validá-la. Os resultados insatisfatórios a nível colorístico, fizeram com que se voltasse a estudar novas Receitas à escala laboratorial. Para os estudos à escala laboratorial selecionaram-se duas telas, uma 100% algodão e outra 100% viscose. Ao longo dos ensaios testou-se a influência dos produtos mais cruciais (espessante, ureia e a base) numa Receita de pré-tratamento para a estampagem a jato de tinta. Primeiramente, preparava-se o banho de impregnação (*coating*) para ser aplicado no substrato têxtil com o auxílio de um *foulard* à escala laboratorial. Posteriormente, estampava-se as amostras numa máquina de impressão *single pass*, vaporizava-se e, por fim, lavavam-se e secavam-se as mesmas. Para a análise das amostras, recorreu-se a uma caixa de luz, para avaliar o recorte e vazamento, e realizaram-se leituras com um colorímetro. Posto isto, selecionaram-se as amostras com rendimento colorístico superior à amostra padrão, para serem analisadas no laboratório de controlo de qualidade, onde se realizaram testes de fricção a seco e húmido e testes de solidez à lavagem.

Com base nos resultados obtidos foi possível encontrar uma Receita de pré-tratamento otimizada para o algodão, que conciliava uma redução do preço da Receita com a diminuição da utilização de produtos auxiliares e melhorando o rendimento colorístico das cores, o vazamento e o recorte dos desenhos das amostras. Ainda assim, teria sido interessante para concluir, ter conseguido alcançar os mesmos resultados no substrato de viscose.

Palavras-chaves: *coating*, corantes reativos, impressão digital a jato de tinta, otimização, substratos têxteis celulósicos

Abstract

Coating optimization study on cellulose substrates for Digital Printing with reactive dyes

Adalberto Textile Solutions, S.A. is dedicated to the primary (preparation and pre-treatment) and final (dyeing, printing, and finishing) finalisation of textile substrates that are received after the spinning and weaving processes. With the passage of time and in view of the current state of the climate, the search for more sustainable alternatives has become crucial. The aim of the work carried out in this dissertation was to study the optimisation of a pre-treatment coating recipe for cellulosic substrates destined to digital inkjet printing with reactive dyes.

An initial test was carried out on an industrial scale to assess the reproducibility of a recipe previously developed in the laboratory, in order to validate it. The unsatisfactory results in regard to the colouristic aspect led to a return to the study of new recipes on a laboratory scale. Two types of fabric were selected for the laboratory-scale studies, one 100% cotton and the other 100% viscose. During the series of trials, the influence of the most crucial components (thickener, urea and base) on a pre-treatment recipe for inkjet printing was tested. Initially, the impregnation bath (coating) to be applied to the textile substrate was prepared using a laboratory-scale foulard. Afterwards, the samples were printed on a single pass printing machine, vaporised and finally washed and dried. To analyse the samples, a light box was used to assess the trimming and leakage, and measurements were carried out with a colorimetric spectrophotometer. After this, the samples with a higher colour yield than the standard sample were selected to be analysed in the quality control laboratory, where tests of dry and wet friction and washing resistance were carried out.

Based on the results obtained, it was possible to find an optimised pre-treatment recipe for cotton, which reconciled a reduction in the price of the recipe with a reduction in the use of auxiliary products and improved the colouristic yield of the colours, the leakage and the trimming of the sample designs. Even so, it would have been interesting to have been able to achieve the same results on the viscose substrate.

Keywords: coating, reactive dyes, digital inkjet printing, optimization, cellulosic textile substrates

Índice

Agradecimentos ..... **iii**

Declaração de Integridade ..... **iv**

Resumo ..... **v**

Abstract ..... **vi**

Índice ..... **vii**

Lista de Abreviaturas e Acrónimos ..... **ix**

Índice de Figuras ..... **x**

Índice de Tabelas ..... **xv**

Capitulo 1 - Introdução **1**

1.1 Enquadramento 1

1.2 Apresentação da empresa 1

1.3 Objetivo 2

Capítulo 2 – Introdução Teórica **4**

2.1 Preâmbulo 4

2.2 Indústria Têxtil 5

2.3 Fibra Têxtil 5

2.3.1 Algodão 6

2.3.3 Viscose 8

2.4 Processo Produtivo 9

2.4.1 Fiação 10

2.4.2 Tecelagem 10

2.4.3 Ultimação Primária 11

2.4.4 Ultimação Final 12

2.5 Estamparia Digital 13

2.5.1 Corantes 15

2.5.2 Pré-tratamento 18

2.4.3 Impressão/Estampagem 21

2.4.4 Pós-tratamento 23

2.6 Controlo de Qualidade 23

Capítulo 3 - Procedimento experimental 25

3.1 Avaliação do grau de branco e grau de escuro 25
3.2 Avaliação do pH 25
3.3 Preparação e Aplicação do Cad Cel/Visc 26
3.4 Estampagem, Vaporização e Lavagem 28
3.5 Avaliação do rendimento de cor 29
3.6 Ensaios de controlo de qualidade 31
3.6.1 Teste de fricção a seco e húmido 32
3.6.2 Teste de solidez à lavagem 33
3.7 Substratos celulósicos utilizados 34

Capítulo 4 - Apresentação e Discussão dos Resultados 35

4.1 Ensaio 1 à escala industrial 36
4.2 Ensaio 1 à escala laboratorial 39
4.3 Ensaio 2 à escala laboratorial 42
4.4 Ensaio 3 à escala laboratorial 45
4.5 Ensaio 4 à escala laboratorial 50
4.6 Ensaio 5 à escala laboratorial 53
4.7 Ensaio 6 à escala laboratorial 57
4.8 Ensaio 7 à escala laboratorial 60
4.9 Ensaio 8 à escala laboratorial 63
4.10 Ensaio 9 à escala laboratorial 66
4.11 Ensaio 10 à escala laboratorial 70
4.12 Testes Controlo de Qualidade 73
4.12.1 Testes de Fricção a Seco e Húmido 73
4.12.2 Testes de Solidez à Lavagem 73
4.13 Receitas Otimizadas e o seu Impacto Financeiro 74

Capítulo 5 – Conclusões e Perspetivas Futuras 77

Bibliografia 80

Anexos 84

Lista de Abreviaturas e Acrónimos

AEI	Amostras à Escala Industrial
AEL	Amostras à Escala Laboratorial
ATP	Associação Têxtil e Vestuário de Portugal
CIE	Comissão Internacional de Iluminação (do francês "*Commission International de l'Eclairage*")
CIELAB	Coordenadas L* a* b* da Comissão Internacional de Iluminação
CIJ	Jato de Tinta Contínuo (do inglês "*Continuous Ink Jet*")
CA	Fibra de Acetato
CO	Fibra de Algodão
CV	Fibra de Viscose
CMYK	Ciano, Magenta, Amarelo, Preto (do inglês "*Cyan, Magenta, Yellow, Key*")
CMYKOB	Ciano, Magenta, Amarelo, Preto, Laranja, Azul (do inglês "*Cyan, Magenta, Yellow, Key, Orange, Blue*")
DOD	Jato de Tinta Intermitente (do inglês "*Drop On Demand*")
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
ISO	Organização Internacional de Normalização (do inglês "*International Organization for Standardization*")
PA	Fibra de Poliamida
PAC	Fibra de Poliacrílico
PE	Fibra de Poliéster
WO	Fibra de Lã

Índice de Figuras

Figura 1. Logotipo da empresa. 2

Figura 2. Fluxograma de uma produção têxtil. Adaptado da referência 6. 5

Figura 3. Classificação das fibras têxteis. Adaptado da referência 7. 6

Figura 4. Secção transversal de fibra de algodão com a respetiva constituição. Adaptado da referência 10. 7

Figura 5. Estrutura da celulose. 8

Figura 6. Reações químicas no processo de formação da viscose. Adaptado da referência 19. 9

Figura 7. Estruturas 2D dos entrelaçamentos dos fios numa tela e numa malha. Adaptado das referências 23 e 24. 10

Figura 8. Classificação dos corantes. Adaptado da referência 40. 16

Figura 9. Reação de substituição nucleofílica da monoclorotriazina com a celulose. Adaptado da referência 41. 17

Figura 10. Reação de adição nucleofílica entre a celulose e os corantes vinilsufónicos. Adaptado da referência 41. 18

Figura 11. Comportamento da gotícula de corante num artigo sem pré-tratamento e num com pré-tratamento. Adaptado da referência 30. 19

Figura 12. Arquitetura de uma cabeça de impressão. 22

Figura 13. Diagrama de *Ishikawa* dos processos que afetam a qualidade num artigo em estamparia digital. 24

Figura 14. (a) Espetrofotómetro *Datacolor*® 550 e (b) espetrofotómetro portátil *Xrite*. 25

Figura 15. Diferentes modos de avaliar o pH: (a) pH de gota, (b) aparelho Morapex® A, (c) escala de pH do indicador da Merck, (d) elétrodo WTW pH-Meter 526. 26

Figura 16. (a) *Foulard* à escala laboratorial, (b) secadeira, (c) râmula, (d) processo esquemático da foulardagem adaptado da referência 54. 28

Figura 17. (a) Máquina de impressão *single pass*, (b) vaporizador, (c) máquina de lavar laboratorial, (d) máquina de lavar industrial. 29

Figura 18. Sistema CIELAB. Adaptado da referência 56. 30

Figura 19. Caixa de luz. 31

Figura 20. Escala de cinzentos. 32

Figura 21. (a) Provete, (b) *Crockmeter*, (c) posicionamento do provete no *Crockmeter*. 32

Figura 22. (a) Testemunho multifibras 2DW, (b) máquina *Gyrowash*. 33

Figura 23. Estampado padrão utilizado ao longo dos testes e disposição das cores testadas a) escala industrial, b) escala laboratorial. 36

Figura 24. Tendência de tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB das amostras no ensaio 1industrial da impressão com o pré-tratamento com a Receita RCO1 comparativamente com a Receita Cad Cel. 38

Figura 25. Representação gráfica da diferença de cor no sistema de cor CIELAB das amostras no ensaio 1 industrial da impressão com o pré-tratamento com a Receita RCO1 comparativamente com a Receita Cad Cel. 38

Figura 26. Representação gráfica da diferença de intensidade de cor no sistema de cor CIELAB das amostras no ensaio 1 industrial da impressão com o pré-tratamento com a Receita RCO1 comparativamente com a Receita Cad Cel. 39

Figura 27. Tendência de tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB, das amostras do ensaio 1 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO1, RCO2 e RCO3 comparativamente com a Receita Cad Cel. 40

Figura 28. Representação gráfica da diferença de cor no sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 1 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO1, RCO2 e RCO3 comparativamente com a Receita Cad Cel. 41

Figura 29. Representação gráfica da diferença de intensidade de cor no sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 1 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO1, RCO2 e RCO3 comparativamente com a Receita Cad Cel. 42

Figura 30. Tendência da tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 2 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO2', RCO3', RCO4 e RCO5 comparativamente com a Receita Cad Cel. 43

Figura 31. Representação gráfica da diferença de cor no sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 2 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO2', RCO3', RCO4 e RCO5 comparativamente com a Receita Cad Cel. 44

Figura 32. Representação gráfica da diferença de intensidade de cor no sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 2 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO2', RCO3', RCO4 e RCO5 comparativamente com a Receita Cad Cel. 45

Figura 33. Tendência da tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 3 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO4', RCO6, RCO7, RCO8¸ RCO9, RCO10, RCO11¸ RCO12, RCO13, RCO14, RCO15 e RCO16 comparativamente com a Receita Cad Cel. 47

Figura 34. Representação gráfica da diferença de cor no sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 3 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO4', RCO6, RCO7, RCO8¸ RCO9, RCO10, RCO11¸ RCO12, RCO13, RCO14, RCO15 e RCO16 comparativamente com a Receita Cad Cel. 48

Figura 35. Representação gráfica da diferença de intensidade da cor no sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 3 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO4', RCO6, RCO7, RCO8¸ RCO9, RCO10, RCO11¸ RCO12, RCO13, RCO14, RCO15 e RCO16 comparativamente com a Receita Cad Cel. 49

Figura 36. Representação gráfica da saturação da cor no sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 3 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO4', RCO6, RCO7, RCO8¸ RCO9, RCO10, RCO11¸ RCO12, RCO13, RCO14, RCO15 e RCO16 comparativamente com a Receita Cad Cel. 49

Figura 37. Tendência da tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 4 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO17 e RCO18 comparativamente com a Receita Cad Cel. 51

Figura 38. Representação gráfica da diferença da cor no sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 4 laboratorial da impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO17 e RCO18 comparativamente com a Receita Cad Cel. 51

Figura 39. Representação gráfica da diferença de intensidade da cor no sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 4 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO17 e RCO18 comparativamente com a Receita Cad Cel. 52

Figura 40. Representação gráfica da saturação da cor no sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 4 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO17 e RCO18 comparativamente com a Receita Cad Cel. 53

Figura 41. Tendência da tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 5 laboratorial da impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCV1, RCV2, RCV3, RCV4¸ RCV5, RCV6 e RCV7 comparativamente com a Receita Cad Visc. 54

Figura 42. Representação gráfica da diferença da cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 5 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCV1, RCV2, RCV3, RCV4, RCV5, RCV6 e RCV7 comparativamente com a Receita Cad Visc. 55

Figura 43. Representação gráfica da diferença da intensidade da cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 5 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCV1, RCV2, RCV3, RCV4, RCV5, RCV6 e RCV7 comparativamente com a Receita Cad Visc. 56

Figura 44. Representação gráfica da saturação da cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 5 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCV1, RCV2, RCV3, RCV4, RCV5, RCV6 e RCV7 comparativamente com a Receita Cad Visc. 56

F**igura 45.** Tendência da tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 6 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO19, RC020, RC021 e RCO22 comparativamente com a Receita Cad Cel. 58

Figura 46. Representação gráfica da diferença da cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 6 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO19, RC020, RC021 e RCO22 comparativamente com a Receita Cad Cel. 58

Figura 47. Representação gráfica da diferença da intensidade da cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 6 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO19, RC020, RC021 e RCO22 comparativamente com a Receita Cad Cel. 59

Figura 48. Representação gráfica da saturação da cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 6 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO19, RC020, RC021 e RCO22 comparativamente com a Receita Cad Cel. 59

Figura 49. Tendência da tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 7 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RC1', RCV6', RCV8, RCV9, RCV10, RCV11, RCV12 e RCV13 comparativamente com a Receita Cad Visc. 61

Figura 50. Representação gráfica da diferença da cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 7 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RC1', RCV6', RCV8, RCV9, RCV10, RCV11, RCV12 e RCV13 comparativamente com a Receita Cad Visc. 61

Figura 51. Representação gráfica da diferença da intensidade da cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 7 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RC1', RCV6', RCV8, RCV9, RCV10, RCV11, RCV12 e RCV13 comparativamente com a Receita Cad Visc. 62

Figura 52. Representação gráfica da saturação das cores do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 7 laboratorial Na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RC1', RCV6', RCV8, RCV9, RCV10, RCV11, RCV12 e RCV13 comparativamente com a Receita Cad Visc. 63

Figura 53. Tendência da tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 8 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO19', RCO23, RCO24, RCO25, RCO26, RCO27, RCO28, RCO29 e RCO30 comparativamente com a Receita Cad Cel. 64

Figura 54. Representação gráfica da diferença de cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 8 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO19', RCO23, RCO24, RCO25, RCO26, RCO27, RCO28, RCO29 e RCO30 comparativamente com a Receita Cad Cel. 65

Figura 55. Representação gráfica da diferença de intensidade de cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 8 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO19', RCO23, RCO24, RCO25, RCO26, RCO27, RCO28, RCO29 e RCO30 comparativamente com a Receita Cad Cel. 65

Figura 56. Representação gráfica da saturação das cores do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 8 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO19', RCO23, RCO24, RCO25, RCO26, RCO27, RCO28, RCO29 e RCO30 comparativamente com a Receita Cad Cel. 66

Figura 57. Tendência da tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 9 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCV6'', RCV14, RCV15, RCV16, RCV17, RCV18, RCV19, RCV20 e RCV21 comparativamente com a Receita Cad Visc. 68

Figura 58. Representação gráfica da diferença da cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 9 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCV6'', RCV14, RCV15, RCV16, RCV17, RCV18, RCV19, RCV20 e RCV21 comparativamente com a Receita Cad Visc. 68

Figura 59. Representação gráfica da diferença da intensidade da cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 9 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCV6'', RCV14, RCV15, RCV16, RCV17, RCV18, RCV19, RCV20 e RCV21 comparativamente com a Receita Cad Visc. 69

Figura 60. Representação gráfica da diferença da saturação das cores do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 9 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCV6'', RCV14, RCV15, RCV16, RCV17, RCV18, RCV19, RCV20 e RCV21 comparativamente com a Receita Cad Visc. 69

Figura 61. Tendência da tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 10 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO23', RC029', RCO31, RCO32, RCO33, RCO34, RCO35 e RCO36 comparativamente com a Receita Cad Cel. 71

Figura 62. Representação gráfica da diferença de cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 10 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO23', RC029', RCO31, RCO32, RCO33, RCO34, RCO35 e RCO36 comparativamente com a Receita Cad Cel. 71

Figura 63. Representação gráfica da diferença de intensidade de cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 10 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO23', RC029', RCO31, RCO32, RCO33, RCO34, RCO35 e RCO36 comparativamente com a Receita Cad Cel. 72

Figura 64. Representação gráfica da saturação das cores do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 10 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO23', RC029', RCO31, RCO32, RCO33, RCO34, RCO35 e RCO36 comparativamente com a Receita Cad Cel. 72

Índice de Tabelas

Tabela 1. Características das telas antes do pré-tratamento..... 34

Tabela 2. Constituição das Receitas Padrão usadas atualmente nos substratos têxteis de algodão e viscose.. 35

Tabela 3. Composição e preço da nova Receita usada em teste industrial. 37

Tabela 4. Composição das Receitas de pré-tratamento do substrato celulósico de algodão usadas no 1º ensaio à escala laboratorial..... 40

Tabela 5. Composição das Receitas de pré-tratamento do substrato celulósico de algodão usadas no ensaio 2 à escala laboratorial..... 43

Tabela 6. Composição das Receitas de pré-tratamento do substrato celulósico de algodão usadas no ensaio 3 à escala laboratorial..... 46

Tabela 7. Composição das Receitas de pré-tratamento do substrato celulósico de algodão usadas no ensaio 3 à escala laboratorial com os novos produtos. 46

Tabela 8. Composição das Receitas de pré-tratamento do substrato celulósico de algodão usadas no ensaio 4 à escala laboratorial..... 50

Tabela 9. Composição das Receitas de pré-tratamento do substrato de viscose usadas no 5º ensaio à escala laboratorial. 54

Tabela 10. Composição das Receitas de pré-tratamento do substrato celulósico de algodão usadas no 6º ensaio à escala laboratorial. 57

Tabela 11. Composição das Receitas de pré-tratamento do substrato de viscose usadas no ensaio 7 à escala laboratorial. 60

Tabela 12. Composição das Receitas de pré-tratamento do substrato celulósico de algodão usadas no ensaio 8 à escala laboratorial..... 63

Tabela 13. Composição das Receitas de pré-tratamento do substrato celulósico de algodão usadas no ensaio 8 à escala laboratorial..... 64

Tabela 14. Composição das Receitas de pré-tratamento do substrato celulósico de viscose usadas no ensaio 9 à escala laboratorial..... 67

Tabela 15. Composição das Receitas de pré-tratamento do substrato celulósico de viscose usadas no ensaio 9 à escala laboratorial..... 67

Tabela 16. Composição das Receitas de pré-tratamento do substrato celulósico de algodão usadas no ensaio 10 à escala laboratorial..... 70

Tabela 17. Valores da escala de cinzentos das cores dos tecidos impressos com diferentes pré-tratamentos, obtidos pela análise espetrofotométrica nos testes de fricção. 73

Tabela 18. Valores da escala de cinzentos das cores dos tecidos impressos com diferentes pré-tratamentos, obtidos pela análise espetrofotométrica nos testes de solidez à lavagem. 74

Tabela 19. Composição e custos das Receitas de pré-tratamento Padrão e Otimizadas para os substratos de algodão e viscose..... 75

Tabela 20. Custos associados à Receita Padrão de pré-tratamento e corantes durante o ano de 2022 para os substratos de algodão e viscose. 75

Tabela 21. Custos associados à Receita Otimizada de pré-tratamento e o corte da % de corante utilizado para os substratos de algodão e viscose. 75

Capitulo 1 - Introdução

1.1 Enquadramento

A presente dissertação enquadra-se no âmbito da unidade curricular de Dissertação de Mestrado em Técnicas de Caracterização e Análise Química, do departamento de Química da Escola de Ciências, da Universidade do Minho. O trabalho foi desenvolvido na *Adalberto Textile Solutions*, S.A. Dado que a empresa engloba vários setores e subsetores, o tema da dissertação foca-se no subsetor da Estamparia Digital.

1.2 Apresentação da empresa

A Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva, S.A. foi fundada em Rebordões, Santo Tirso, por Adalberto Pinto da Silva e Noémia de Sousa e Silva em 1969. Pioneira nos processos de estampagem de malhas, a empresa tem uma vasta experiência instigando a capacidade de iniciativa, inovação, flexibilidade e qualidade do serviço, valores esses que se têm mantido desde a sua fundação. Apostando sempre na inovação e em responder às necessidades e exigências dos clientes, a empresa tem uma capacidade industrial que permite desenvolver e produzir, em conjunto com aliados, todo o tipo de moda e têxteis lar, exportando por ano cerca de 10 mil Km de tecido para 40 países à volta do mundo.

A empresa mostra ter capacidade e versatilidade para ser a líder europeia dos têxteis, desenvolvendo parcerias e introduzindo soluções inovadoras. Destacando-se no mercado de *design* devido à sua vasta gama de materiais, mais de 90% das matérias-primas são fibras naturais, trabalhando maioritariamente com o algodão, mas também trabalham com a seda, linho, lá e fibras sintéticas. Além disso, apresentam acabamentos diferenciadores e *designs* excelentes, tendo à sua disposição o equipamento de estamparia digital mais avançado do mundo.

Em 1993 lançaram a sua marca de têxteis lar a Marca Natura Design e em 2012 criaram a marca de roupa ADSTYLE. Em cada estação, a equipa de *design* e moda apresenta uma coleção de desenhos exclusivos e originais, pintados à mão, bem como impressos utilizando diferentes técnicas, convencionais ou digitais, em diferentes tipos de matéria-prima.

Foram uma das primeiras empresas em Portugal a preocuparem-se com as questões de redução do impacto ambiental e a construir um projeto de sustentabilidade, propondo a utilização, com responsabilidade dos recursos necessários para produzir os produtos, consumindo uma menor quantidade de matérias-primas, água e energias possíveis e zelando que os empregados tenham um

sentido de responsabilidade e preocupação com o ambiente. Os gases tóxicos são reciclados e minimizados, reduzindo-os no processo produtivo, além disso, os efluentes líquidos são tratados na ETAR da empresa.

A Adalberto criou uma etiqueta inteligente que pode ser acedida através de um *QR Code*, estando presentes em todas as peças de uma coleção sustentável lançada pela mesma. No entanto, o objetivo é implementar essa etiqueta em todos os produtos, seja na venda a metro, seja na peça confecionada. A partir da etiqueta é possível rastrear o produto desde o momento em que a fibra é colhido, até chegar ao consumidor final, apresentando informações como o consumo de água, origem da energia, pegada ecológica e a pegada carbónica. Assim, apresenta uma etiquetagem inteligente com detalhes sobre os benefícios e as desvantagens de usar uma determinada peça de roupa.

Durante a pandemia, com o apoio da Universidade do Minho e de vários laboratórios portugueses e holandeses, desenvolveram máscaras com um conjunto de acabamentos funcionais, nomeadamente ao nível antimicrobiano e de retenção de bactérias e vírus, agregado com um gestor de humidade e anti odor. A empresa produziu máscaras de nível 2, destinadas a profissionais, que não sendo de saúde, estavam expostos ao contacto com um elevado número de indivíduos, assegurando uma capacidade de filtragem mínima de 90%, sendo que também podem ser usadas pelo cidadão comum. Além de que foi atribuído um certificado às máscaras de uso comunitário reutilizáveis, desenvolvidas pela Estamparia Adalberto e pelo CITEVE - Centro Tecnológico das Indústrias do Têxtil e do Vestuário.

A 26 de Maio de 2023, em honra dos seus 54 anos, a empresa anunciou oficialmente a mudança de nome, passando a intitular-se de *Adalberto Textile Solutions*, S.A (**Figura 1**).



Figura 1. Logotipo da empresa.

1.3 Objetivo

Na literatura não existem muitos estudos sobre a impressão de têxteis a jato de tinta, mais concretamente a temática do desenvolvimento de uma receita de pré-tratamento a um custo rentável e amigas do ambiente. Sendo que é fundamental a pesquisa da otimização dos processos de

preparação, visando a obtenção de melhores resultados com o mínimo uso de produtos auxiliares químicos. De modo a que seja possível alcançar maiores rendimentos de cor, melhores propriedades de nitidez e processos mais ecológicos.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de uma receita de *coating* para o pré-tratamento do substrato têxtil para impressão a jato de tinta que seja mais ecológica e mais económica, e, que apresente igualmente um bom rendimento colorístico. Os estudos deste projeto serão conduzidos numa impressora digital *single pass*, utilizando corantes reativos em substratos 100% algodão e 100% viscose.

Capítulo 2 – Introdução Teórica

2.1 Preâmbulo

Nos últimos anos a economia mundial teve que enfrentar adversidades nunca antes vistas neste século XXI. Em 2020 enfrentou-se um "inimigo invisível", o vírus SARS-CoV-2, que gerou uma pandemia mundial. Todavia, não se limitou exclusivamente à dimensão sanitária, afetando também a forma de viver, relacionar, trabalhar e estudar.

Mais recentemente, a 24 de fevereiro de 2022, deu-se o início da invasão russa na Ucrânia, que perdura até aos dias de hoje. Para além das fatalidades a lamentar, esta guerra provocou incerteza e instabilidade, o que causou graves consequências no mercado energético, originando uma inflação generalizada nos preços das matérias-primas, dos serviços e um aumento das taxas de juro. Consequentemente, as famílias começaram a evitar comprar bens não essenciais, havendo uma desaceleração da procura ao longo do ano, com implicações na produção e nas exportações.

Assim, no último trimestre de 2022, em Portugal, as exportações têxteis registaram uma quebra anual de quase 1%. Todavia, ainda se alcançaram resultados nunca antes vistos, tendo as exportações de têxteis e vestuário ascendido os 6.122 milhões de euros, havendo um aumento de 13% do valor exportado comparativamente ao ano anterior.[1]

No nosso país, a indústria têxtil é considerada uma das indústrias mais importantes para a economia. Segundo a Associação Têxtil e Vestuário de Portugal (ATP), esta indústria representa 10% do total das exportações portuguesas, 20% do emprego da indústria transformadora, 9% do volume de negócios da indústria transformadora e 9% da produção da indústria transformadora.[2]

Os têxteis são considerados o tecido da vida quotidiana, dado estarem presentes no vestuário, no mobiliário, no equipamento médico e de proteção, nos edifícios e nos veículos. Contudo, têm um impacto negativo no ambiente e é necessário tomar medidas urgentes. O consumo de têxteis na União Europeia é o quarto fator com maior impacto no ambiente e nas alterações climáticas. Além disso, é o terceiro no que diz respeito à utilização dos recursos hídricos e dos solos e o quinto em termos de utilização de matérias-primas primárias e de emissões de gases com efeito de estufa.[3]

Durante a produção e o processamento das matérias-primas são utilizados numerosas quantidades de corantes e outros produtos químicos que não são biodegradáveis nem amigos do ambiente, o que provoca uma busca incansável por alternativas mais sustentáveis.[4] Cada vez mais, as empresas consideram que o dinheiro gasto na proteção ambiental, não são apenas custos, mas um investimento para o futuro.

2.2 Indústria Têxtil

A origem dos têxteis remonta ao início da história da humanidade, sendo considerados essenciais na vida humana, já que são usados diariamente. A indústria têxtil transforma as fibras em fios e os fios em tecido, que através de diversas operações de produção ganham uma nova vida.[4] As diferentes cores e texturas presentes nos tecidos proporcionam diferentes tipos de emoções e sentimentos ao usuário. Existem estudos que provam que o vestuário e as cores têm um impacto favorável na saúde mental, dado que faz parte da natureza do ser humano viver num ambiente alegre e colorido.[5]

Muito sucintamente, o processo têxtil inicia-se com a recolha da matéria-prima que irá desencadear a criação das fibras têxteis. Estas irão ser transformadas em fio, de modo a ser possível criar um tecido. Posteriormente, temos a ultimação que pode ser dividida em duas fases: a ultimação primária e a final. A ultimação primária corresponde à eliminação de impurezas e melhoria das propriedades do artigo. Numa segunda fase, a ultimação final, temos as operações de tingimento, estampagem e acabamento. Por fim, com o artigo já pronto, este é confecionado, a fim de se transformar na peça de vestuário desejada. Na **Figura 2** é possível visualizar um esquema do processo têxtil descrito.[6]



Figura 2. Fluxograma de uma produção têxtil. Adaptado da referência 6.

2.3 Fibra Têxtil

Como abordado anteriormente, o processo têxtil inicia-se com a obtenção da matéria-prima em cru, que pode ser obtida a partir da natureza ou fabricada pelo homem. O tipo de matéria-prima a utilizar-se na indústria têxtil depende das exigências nas características necessárias para que uma matéria seja considerara como útil, dado ter de corresponder a algumas necessidades básicas do consumidor, nomeadamente, no que toca ao conforto e preferências como a aparência ou o toque. Portanto, as matérias-primas devem apresentar um conjunto de propriedades e características, por

exemplo, serem matérias muito delicadas, com um toque agradável, suavidade e flexibilidade. Além disso, deve ser uma matéria minimamente resistente, para que seja possível trabalhá-la, para posteriormente ser usada pelo homem.[7]

As matérias utilizadas na indústria têxtil designam-se por fibras têxteis, e consoante a sua origem podem ser classificadas como naturais ou não naturais, como representado esquematicamente na **Figura 3**.[7] As fibras naturais podem ser subclassificadas consoante a sua origem vegetal, animal e mineral. As vegetais são constituídas principalmente por celulose, as animais, geralmente, são formadas por proteínas e as minerais podem ser ligeiramente modificadas, sendo obtidas a partir de minerais, por exemplo, em rochas com estrutura fibrosa composta por silicatos.[7,8] As não naturais podem ser subclassificadas em sintéticas por serem fabricadas a partir de substâncias químicas e em artificiais que são fabricadas a partir de restos de fibras naturais, que não continham as características necessárias para poderem ser trabalhadas como fibras têxteis.[7]

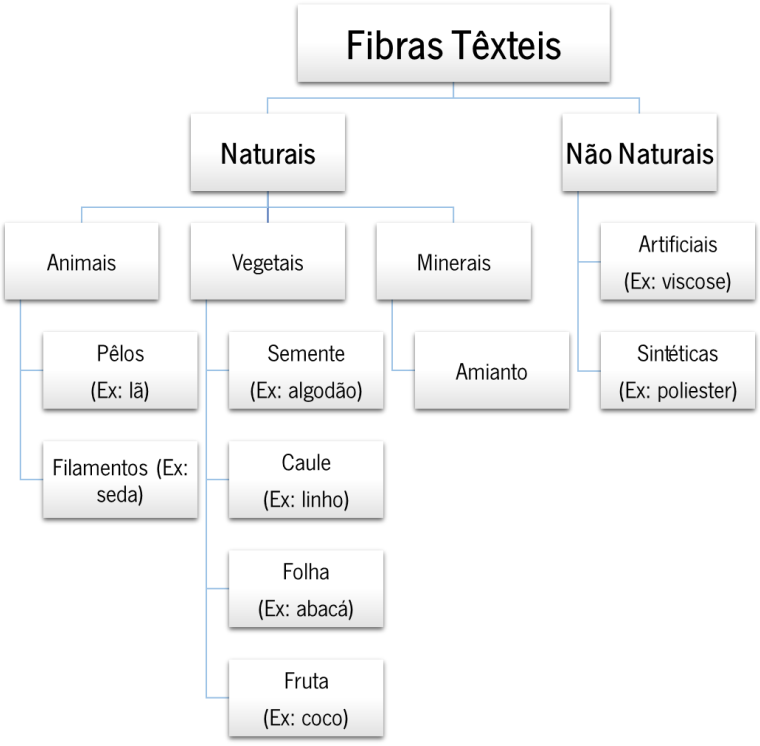


Figura 3. Classificação das fibras têxteis. Adaptado da referência 7.

2.3.1 Algodão

Há mais de 7000 anos, que se utiliza o algodão (CO) como fibra têxtil, o que pode indicar que este esteja diretamente ligado aos primórdios do vestuário e à evolução da produção de artigos têxteis.[7] A fibra de algodão provém da parede de células vegetais, que pertence à família *Gossypium* e encontra-

se no revestimento piloso da semente. As fibras crescem das várias sementes dentro da cápsula do algodão que se forma após a floração, quando as fibras estão maduras, a cápsula abre-se e as fibras secam, ou seja, estão prontas a serem colhidas.[9]

O algodão apresenta as propriedades desejáveis numa fibra, o que o torna uma fibra importante para aplicações têxteis, combinando resistência com uma boa absorção, podendo converter-se num tecido de vestuário confortável e durável.[10] As fibras de algodão podem ser aplicadas em produtos domésticos e de interior como toalhas, lençóis, fronhas de almofada, colchas ou toalhas de mesa. Além disso, nos últimos anos, têm sido realizados esforços para utilizar o algodão em produtos como vestuário resistente ao fogo e tapetes comerciais. Nestas aplicações, as fibras de algodão são tratadas com produtos químicos, de modo a melhorar o seu desempenho.[11]

O algodão é a fibra natural de eleição na indústria do vestuário, sendo constituído principalmente por celulose, cerca de 88 a 96% e o restante são impurezas como proteínas (1,0 - 1,9%), cera (0,4 - 1,2%), sais inorgânicos (0,7 - 1,6%), pectina (0,4 - 1,2%) e outros como resinas, pigmentos e hemicelulose (0,5 - 0,8%).[12] As fibras de algodão têm uma estrutura compostas por uma cutícula, uma parede primária, uma parede secundária e um núcleo central ou lúmen (**Figura 4**). A parede secundária é constituída apenas por celulose e as impurezas encontram-se nos restantes locais.[13]

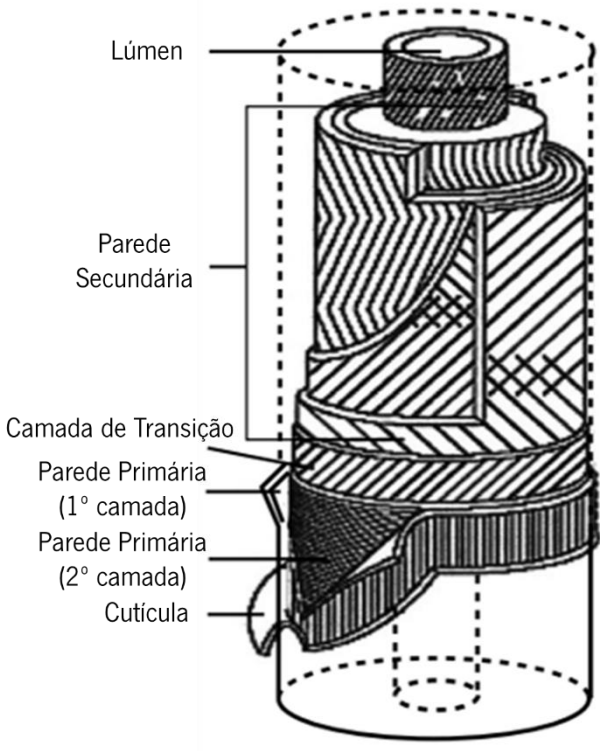


Figura 4. Secção transversal de fibra de algodão com a respetiva constituição. Adaptado da referência 10.

A celulose $(C_6H_{10}O_5)_n$ pode ser caracterizada como um polímero natural linear de D-glucose (polissacarídeo) formando ligações glicosídicas β(1→4) em que cada unidade está posicionada 180° em relação à anterior (**Figura 5**).[14] Os grupos hidroxilo (-OH) presentes nas moléculas de celulose, têm geralmente uma grande afinidade com a água, logo num tempo quente, a transpiração do corpo é absorvida pelos tecidos, transportada ao longo dos fios para a superfície exterior do tecido e evaporada no ar, assim, o corpo mantém a sua temperatura e confortabilidade.[15]

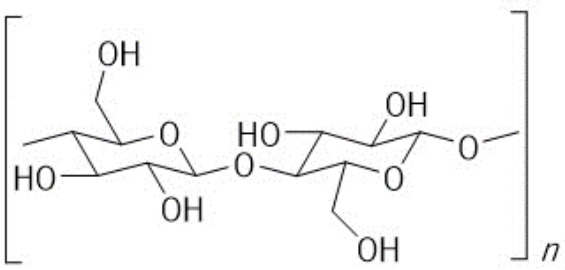


Figura 5. Estrutura da celulose.

2.3.3 Viscose

O processo de produção das fibras artificiais consiste na transformação química de matérias-primas naturais, geralmente, são fibras químicas conseguidas através de um tratamento químico da celulose. Consoante a aplicação dos diferentes tipos de celulose e dos diferentes tratamentos químicos, pode resultar em diferentes tipos de fibras.[16,17]

Para a obtenção da viscose (CV) (**Figura 6**), mistura-se uma pasta de madeira (celulose) numa solução aquosa de NaOH a 18%, a quente. Essa mistura converte-se numa pasta alcalina que é esmagada num desfibrilador até ficar em pó, durante este processo a celulose transforma-se em celulose alcalina. À temperatura de 20 °C, adiciona-se o dissulfeto de carbono (CS_2) à mistura de celulose alcalina, formando o xantato de celulose de sódio, que se dissolve com a adição de uma solução diluída de NaOH, formando uma solução viscosa, a viscose. A viscose é filtrada e, de seguida, maturada durante 24 h a uma temperatura de 15 a 20 °C até que o ar seja eliminado. Depois a solução é expelida por orifícios finos de fieiras submersos numa solução coagulante de ácido sulfúrico e sulfato de sódio, de modo a provocar a solidificação dos filamentos de viscose. [18,19]

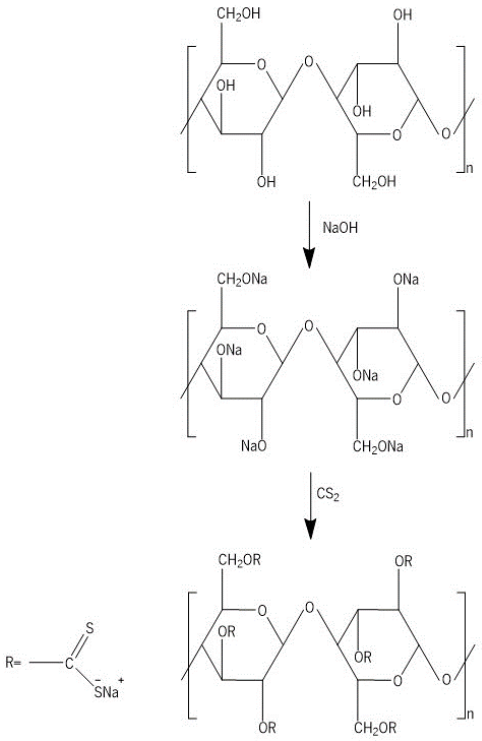


Figura 6. Reações químicas no processo de formação da viscose. Adaptado da referência 19.

A viscose foi descoberta em 1891 e patenteada em 1892, sendo que, em 1905 em Goventry, foi iniciada a sua produção, tornando-se na primeira fibra artificial. Este tipo de fibra tem a vantagem de promover um maior conforto, especialmente em climas quentes, uma vez que em contato com o corpo, transmite uma agradável sensação de suavidade e frescura. Apresenta uma elevada absorção de água, que é importante em aplicações como toalhas de banho, artigos de limpeza, absorventes higiénicos, etc. além disso, exibe uma boa solidez de cores, um toque suave e macio, permitindo a produção de artigos mais confortáveis.[17]

2.4 Processo Produtivo

Para o desenvolvimento de produtos têxteis é necessário entender o substrato têxtil, ou seja, como a fibra, o fio e o tecido foram obtidos e processados. Todos os processos na cadeia têxtil são dependentes e determinados conforme o tipo de fibra utilizada e do produto final desejado.

O processo produtivo na indústria têxtil é um processo sequencial, em que as diversas etapas se articulam de forma mecânica e se complementam. Cada etapa contém várias operações internas, que no fim resultam na aquisição de um produto final. Dado que nem todos os produtos passam por todas as etapas, existem inúmeras combinações da passagem de um artigo, desde a sua entrada na fábrica até à sua saída, como um produto finalizado e pronto a ser confecionado.

2.4.1 Fiação

Após a obtenção da fibra, inicia-se o processo fabril, em que o primeiro passo se denomina fiação e consiste na transformação da fibra em fio. Há diferentes processos de fiação: a fiação em anel, a fiação aberta e a fiação por fricção, que criam fios com características internas distintas, ou seja, com diferentes distribuições das fibras.[12] De uma forma genérica, o processo inicia-se com a abertura e limpeza dos fardos que contêm os emaranhados de fibras. Posteriormente, as fibras são orientadas de modo a ficarem paralelizadas. Por fim, afina-se e confere-se resistência à massa fibrosa usando a torção.[20]

2.4.2 Tecelagem

Na tecelagem ocorre a formação do tecido, que é caracterizado pelo cruzamento de dois sistemas de fios entrelaçados para formar um material flexível em 2D. Dependendo de como os fios estão entrelaçados pode-se estar perante uma malha ou uma tela (**Figura 7**).[21]

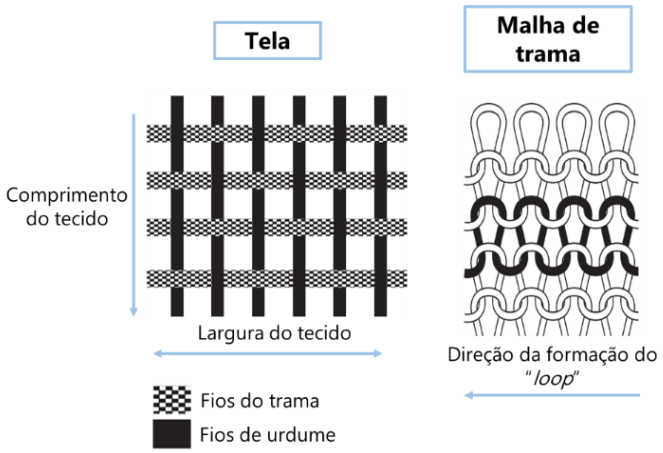


Figura 7. Estruturas 2D dos entrelaçamentos dos fios numa tela e numa malha. Adaptado das referências 23 e 24.

A tela é um exemplo de um tecido plano, em que a sua estrutura é formada pelo entrelaçamento entre dois tipos de fios, a teia e a trama, posicionados perpendicularmente um sobre o outro. Os fios que correm ao longo do comprimento do tecido, ou seja, a direção vertical são conhecidos como fios de urdume ou teia, enquanto que os fios que correm na direção horizontal (largura) são fios de trama.[22,23] Os tecidos apresentam uma boa estabilidade dimensional, mas possuem menor elasticidade e porosidade do que as outras estruturas.[23]

Os tecidos de malha são subdivididos em tecidos de malha de urdidura e de trama, em que ambos os tipos consistem no entrelaçamento em *loops*. Os tecidos de malha possuem geralmente alta

elasticidade devido à sua estrutura em laço, sendo que a diferença entre os dois são os processos de tricotar e a formação dos *loops*.[24]

2.4.3 Ultimação Primária

Em seguimento destas duas fases anteriormente descritas, inicia-se o processo na empresa *Adalberto Textile Solutions S.A.* com a entrada do substrato têxtil em cru ou pronto a estampar no armazém da empresa, onde é preparada a carga para os cavaletes, ou seja, o substrato têxtil é enrolado numa estrutura móvel, ficando em rolo, para ser mais facilmente transportado. Posto isto, são realizados testes no laboratório ao tecido, de modo a verificar a sua qualidade.

A ultimação primária, tem como finalidade a remoção das impurezas naturais ou aquelas incorporadas durante o processo de fiação e tecelagem, proporcionando limpeza. Este tratamento depende do tipo de tecido com que se está a trabalhar e do seu destino final, ou seja, o artigo poderá não ter que passar por todas as etapas.

Além disso, o pré-tratamento permite preparar o substrato têxtil para as seguintes etapas, fornecendo ao material hidrofilidade, aumentando a sua capacidade de absorção, acrescentar brilho, obter um grau de branco adequado e intensificar o rendimento colorístico.

A gazagem consiste na remoção das fibras salientes ou pilosidade do fio na superfície do tecido, queimando essas fibras, de modo a permitir uma estampagem mais uniforme. A desencolagem traduz-se na remoção dos encolantes, por exemplo o amido, que foram adicionados durante a tecelagem para dar resistência ao fio. A remoção é feita, pois o amido pode impedir a penetração do corante na fibra, assim, este é retirado ou convertido num produto solúvel em água por hidrólise ou oxidação.[25] O processo de desmineralização consiste na remoção das impurezas metálicas com o auxílio de agentes sequestrantes de metais, agentes molhantes e outros agentes.[26] A fervura alcalina propicia a degradação das gorduras, pectinas, ceras e sais minerais presentes nas fibras. Além disso, atribui ao material uma maior hidrofilidade e uma base com grau de branco favorável para a operação de branqueamento ser suficiente. Este tratamento é efetuado com uma solução alcalina de soda cáustica, surfactantes e agentes sequestrantes.

No processo de lavagem, a cera de algodão e outros constituintes não-celulósicos são separados por soluções alcalinas quentes, detergentes ou sabões e solventes de lavagem.[4] O tecido de algodão apresenta uma cor amarelada, então, de modo a obter uma cor branca é necessário descolorar por branqueamento, adicionando agentes químicos que reagem com a fibra, tornando-a sem cor.[25] Na etapa da mercerização, o tecido é tratado com uma solução de NaOH concentrado, para

proporcionar brilho, aumentar a resistência e melhorar a absorção de corantes.[4] Após estes tratamentos aquosos, ocorre a secagem do substrato têxtil.

Uma vez limpo e preparado, o substrato têxtil está pronto a adquirir cor, por meio de dois processos: o tingimento e/ou a estampagem.

2.4.4 Ultimação Final

Realizado o pré-tratamento, os próximos passos podem variar das seguintes quatro maneiras: i) tingimento seguido de acabamento; ii) tingimento seguido de estampagem e acabamento; iii) estampagem seguida de acabamento; iv) acabamento. Após o acabamento, dá-se a revista onde há um controlo de qualidade do produto, para depois ser entregue ao cliente.

O tingimento consiste em dar cor ao substrato de modo homogéneo, podendo ser realizado com corantes ou pigmentos, dependendo da aplicação do produto final. Existem dois tipos de tingimento: por impregnação e por esgotamento. O tingimento por esgotamento consiste na colocação do tecido num banho de tingimento constituído por corantes e reagentes auxiliares com água numa máquina de tingimento fechada sob pressão denominada de *jet*. O tingimento por impregnação ou contínuo consiste na impregnação do tecido, durante alguns segundos, num banho de tingimento. Neste método o tecido passa por dois rolos espremedores (*foulard*) para uniformizar a quantidade de corante contida na superfície do tecido. Posto isto, o substrato tingido é lavado e seco.

A estampagem têxtil é dos métodos mais versáteis e importantes para introduzir cor e padrão nos tecidos têxteis, também com o auxílio de corantes.[27] Existem dois tipos de estamparia a convencional e a digital. Na estamparia convencional há a preparação de quadros ou rolos de estampagem e a formulação da pasta de cores a utilizar durante a operação de estampagem. Depois ocorre o processo de transferência da pasta colorida de um quadro plano ou quadro rotativo, para o substrato têxtil. Por fim, ocorre a vaporização ou termofixação dos estampados, a lavagem e a secagem. Em contrapartida, na estamparia digital esta pode ser realizada por métodos de transferência (sublimação) ou *inkjet*. Este tópico vai ser abordado com mais detalhe no subcapítulo seguinte, por fazer parte do objetivo principal deste estudo.

No acabamento há uma série de operações necessárias para desenvolver características precisas no tecido, que envolvem a utilização de um grande número de agentes de acabamento concebidos para reticulação, amaciamento e impermeabilização.[4] Os acabamentos químicos proporcionam características óticas ao substrato, já os acabamentos mecânicos facultam características como o brilho ou toque.

2.5 Estamparia Digital

A estamparia pode ser denominada como um conjunto de métodos de transferência de cores, desenhos, texturas, grafismos ou imagens para superfícies têxteis. Este subsetor têxtil utiliza inúmeros processos para obter resultados distintos de embelezamento e de diferenciação de tecidos, explorando cada técnica com as suas particularidades, vantagens, limitações e diferenças.[28]

Segundo *Ujiie et al* "a temática da impressão digital em tecidos envolve um passado de algumas décadas, um presente dinâmico e provavelmente um futuro brilhante".[29] A revolução digital na indústria têxtil apresenta-se como uma tecnologia do século XXI, mas já começou há cerca de 30 anos.[30] As primeiras máquinas de impressão digital para têxteis funcionavam como as de impressão em papel, mas com formulações modificadas concebidas para tingir.[29] Em 1951, surgiu a primeira impressora comercial com o sistema a jato de tinta (*inkjet*). Durante a década de 70 já se tinha aplicado pela primeira vez comercialmente a impressão digital em tapetes. O sistema *Millitron* da *Milliken* utilizava ar comprimido para conduzir as soluções de corantes para os bicos pulverizadores. Apesar de não apresentar uma resolução elevada, era considerada satisfatória para o seu propósito. Com o passar do tempo foram desenvolvidas cabeças de impressão com um tamanho de gota mais pequeno, sendo possível alcançar resoluções maiores. Mais tarde, em 1991, foi lançada a primeira máquina comercial a *TruColor TCP Jetprinter* pela *Stork*. [30]

Apesar de ser algo relativamente recente é crucial compreender os desenvolvimentos e os progressos em relação ao *hardware* e *software* que têm vindo a acontecer, dado ser uma tecnologia em constante evolução.[29,30]

A tecnologia de impressão digital reduziu as etapas de produção, promovendo um novo fluxo de trabalho com economia de tempo, espaço e recursos naturais. O progresso das tecnologias na estamparia digital, oferece uma produção mais rápida e entregas *just in time*, o que faz com que esta tecnologia se possa tornar a maior fornecedora de têxteis estampados no mundo.[29] O aspeto de um tecido estampado depende de uma série de fatores como o tipo de substrato têxtil que se irá estampar, o desenho e a forma como este se repete ao longo do tecido formando um padrão, os tipos de corantes aplicados e a sua forma de aplicação.[31] Os desenvolvimentos na impressão digital de artigos, sejam eles mecânicos, técnicos ou químicos, provocam alterações importantes nas características dos têxteis produzidos, eliminando certas restrições que os *designers* enfrentavam, melhorando a qualidade do tecido e oferecendo a possibilidade de aumentar os níveis de criatividade, criando desenhos com um elevado nível de detalhe e com uma maior variedade de cores.[29,32]

A estamparia digital alberga todos os métodos em que as imagens são geradas ou digitalizadas por meio eletrónico e sem requerer a utilização de matrizes na transferência do padrão para o tecido, ou seja, a impressão ocorre sem o contato do equipamento no tecido. Assim, existem dois processos de impressão: a impressão digital indireta e a impressão digital direta.[28]

A estamparia digital indireta denomina-se de sublimação ou por transferência e é composta por duas etapas. Na primeira etapa, o desenho é impresso com corantes dispersos num papel especial, próprio para esse tipo de processo. De seguida, o desenho do papel é transferido para o substrato têxtil, através de uma máquina de pressão a temperaturas elevadas, a calandra. Nela ocorre a passagem de calor para o papel pressionado contra o tecido. O calor dilata a fibra e pode diminuir a viscosidade do corante à superfície, ajudando à penetração na fibra.[33]

Na estamparia digital direta, a imagem é transferida do arquivo digital do computador, diretamente para o tecido, sendo que podemos subdividir este tipo de impressão consoante as tintas utilizadas: [34]

- À base de pigmento - aplicável em todas as fibras;
- Corantes reativos – aplicável em fibras de origem celulósica e proteica;
- Corantes ácidos - aplicável em fibras de origem proteica e poliamida;
- Corantes dispersos – aplicável em fibras de poliéster e outras fibras sintéticas como o acetato.

Em outras palavras, a impressão digital direta ou por jato de tinta é um tipo de impressão direta de corantes, que estampa uma imagem ao impulsionar gotas de tinta sobre o substrato têxtil com o auxílio de uma impressora controlada por um computador. Assim, este método também é conhecido por impressão digital, em que as soluções ou dispersões de corantes são pulverizadas numa região detalhada do tecido, pelo que somente a gota entra em contacto com o substrato têxtil.[35]

Com o avançar dos tempos, os clientes tornam-se cada vez mais exigentes, impondo uma maior prontidão e um preço mais económico na obtenção do produto final, sendo que a estamparia digital cada vez mais possibilita essas exigências. Este tipo de estamparia reduz o tempo de execução entre o início do desenho e o produto acabado, já que não requer um longo tempo de preparação, devido à sua capacidade de imprimir imediatamente um ficheiro digital sem grande configuração e com combinações ilimitadas de cores. Além disso, não é preciso preparar, nem gravar quadros ou cilindros como os usados na estamparia convencional, o que permite a poupança de água, dado que não é necessário lavar essas matrizes.[29]

Aliás, a estamparia digital é vantajosa a nível ecológico, visto que apresenta um menor impacto ambiental. Não há produção de efluentes, uma vez que a tinta é aplicada sobre o tecido, há uma diminuição de cerca de 30% do consumo de água na limpeza dos rolos de estampar e uma redução de cerca de 45% do consumo de eletricidade, comparativamente ao método convencional.[36] No entanto, tem uns custos adicionais devido à sua complexidade, uma vez que é preciso um *coating* para melhorar a qualidade de impressão e um pós-tratamento para permitir a fixação da tinta no tecido. Porém o custo relativo comparado à convencional é cada vez mais competitivo, visto que não há demanda de lotes mínimos de produção e pode atender todos os tipos de clientes de forma mais ágil, já que tem o benefício de terem equipamentos menores e mais flexíveis.[29,36]

2.5.1 Corantes

A cor não é uma propriedade da superfície nem de um objeto, mas um fenómeno da luz refletida a partir de uma superfície ou de um objeto, sendo que essa informação é recebida pelo olho e processada pelo cérebro. A cor tanto é uma questão cultural, como científica que precisa de compreensão. Na realidade, tanto a cor como a sua perceção, atravessam vários domínios do conhecimento desde a ciência à arte, do técnico ao estético.[37] Basta abrir os olhos e olhar em redor para reparar na importância que a cor tem na vida quotidiana. A cor está presente em todos os aspetos do dia a dia, influenciando estados de espírito e emoções, melhorando a forma como se desfruta do ambiente.[38]

A cor é conferida a um determinado substrato, como papel ou algodão utilizando substâncias conhecidas como corantes, que podem ser subclassificadas como corantes e pigmentos.[38] Um corante deve ser solúvel no meio em que vai ser aplicado, usualmente água, e deve exibir alguma substantividade para com o material a ser tingido. Por outro lado, os pigmentos são corantes insolúveis no meio a serem aplicados e não apresentam substantividade para com o material, uma vez que as partículas não penetram no substrato. Assim, estão geralmente presentes na superfície do substrato, logo o pigmento é mais facilmente removido.[39]

A classificação dos materiais de coloração dependem da sua fonte ou origem, da sua estrutura química, do seu campo de aplicação, da sua natureza iónica e da sua solubilidade em água como representado na **Figura 8**.[40]



Figura 8. Classificação dos corantes. Adaptado da referência 40.

Os corantes podem ser de origem natural ou sintética. Os sintéticos são mais usados no tingimento em fibras têxteis, enquanto os naturais são os preferidos para produtos alimentares. Um corante para ter utilidade na área têxtil deve apresentar as seguintes características: cor, afinidade com as fibras do substrato em que vai ser aplicado e solidez aos agentes utilizados no pós-tratamento.[41]

Os corantes são geralmente constituídos por moléculas insaturadas, maioritariamente com conjuntos de anéis aromáticos, ligados entre si por grupos designados por cromóforos, assim a geração da cor deve-se à deslocalização de eletrões através dos sistemas conjugados de ligações duplas e simples. Para além dos cromóforos que são aceitadores de eletrões, existem grupos dadores de eletrões, os auxocromos, que permitem aumentar a deslocalização por ressonância nos anéis aromáticos e que, por isso, intensificam a cor. Para além do efeito dador, os auxocromos podem funcionar como retiradores de eletrões. O cromogéneo concede cor ao corante e é o conjunto dos cromóforos e dos auxocromos.[41]

Os corantes reativos são dos corantes mais utilizados para a impressão de substratos de celulose, dado que em condições alcalinas, os corantes reativos formam ligações covalentes estáveis com a fibra de celulose. Estes proporcionam uma gama completa de cores, são mais brilhantes e apresentam uma difusão mais rápida, sendo que o excesso é facilmente removido no processo de lavagem. Existem vários tipos de corantes reativos e nem todos são adequados para serem impressos devido à sua reatividade e substantividade. Relativamente à reatividade, as diclorotriazinas são as mais reativas e não podem ser utilizadas na impressão porque apresentam uma estabilidade de

armazenamento demasiado baixa nas tintas e nas pastas de impressão. Já as monoclorotriazinas são menos reativas e são a escolha mais comum para as tintas de impressão a jato de tinta. Quanto à substantividade, os corantes devem ter uma baixa substantividade para com o substrato, de modo a que haja uma repartição uniforme do corante ao longo do substrato.[29]

Os corantes reativos, podem ser à base de clorotriazinas ou vinilsufónicos. Os corantes de monoclorotriazina e os corantes vinilsufónicos são monofuncionais e apresentam uma boa solidez à lavagem, pelo que são os corantes mais utilizados na impressão. Já os corantes de diclorotriazina têm mais tendência a formar corantes parcialmente hidrolisados, apresentando uma má solidez de lavagem.[40]

A reação que ocorre entre um corante reativo à base de clorotriazina e a celulose é uma reação de substituição nucleofílica a pH alcalino. Nesta reação ocorre o ataque nucleofílico ao carbono deficiente em eletrões, devido ao efeito indutivo provocado pela presença do cloro e do nitrogénio no anel aromático, como representado na **Figura 9** em que temos a reação de um corante de monoclorotriazina com a celulose.[41]

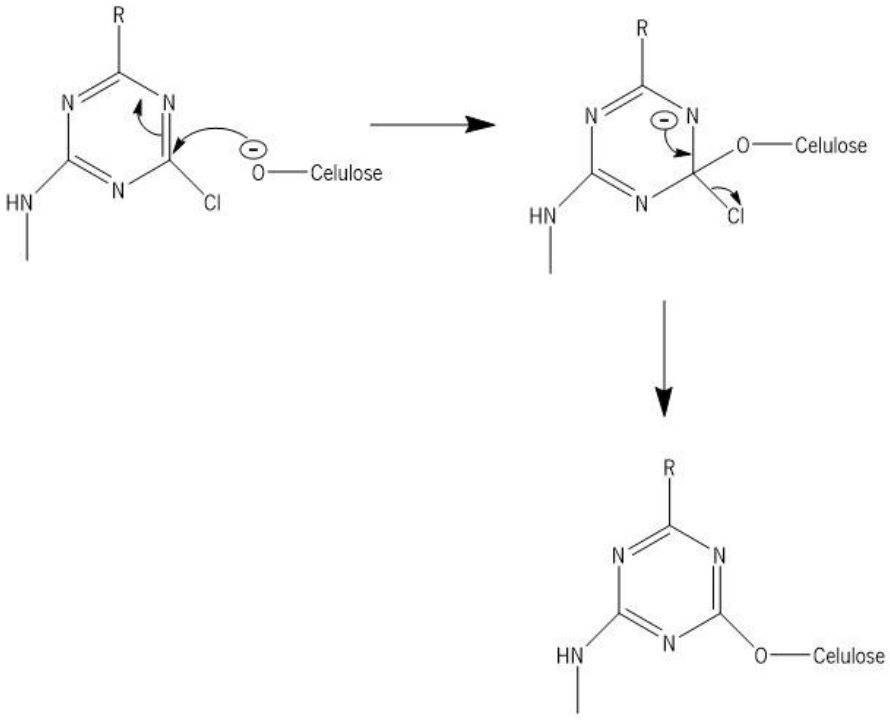


Figura 9. Reação de substituição nucleofílica da monoclorotriazina com a celulose. Adaptado da referência 41.

No caso dos corantes reativos vinilsufónicos ocorre uma adição nucleofílica entre o corante e a celulose.[41] Nesta reação, há o ataque nucleofílico à dupla ligação devido à presença do grupo retirador

de eletrões (-SO_3), esse ataque origina um intermediário aniónico que vai sofrer protonação, resultando num composto saturado com ligações covalentes, como é possível observar na **Figura 10**.[38]

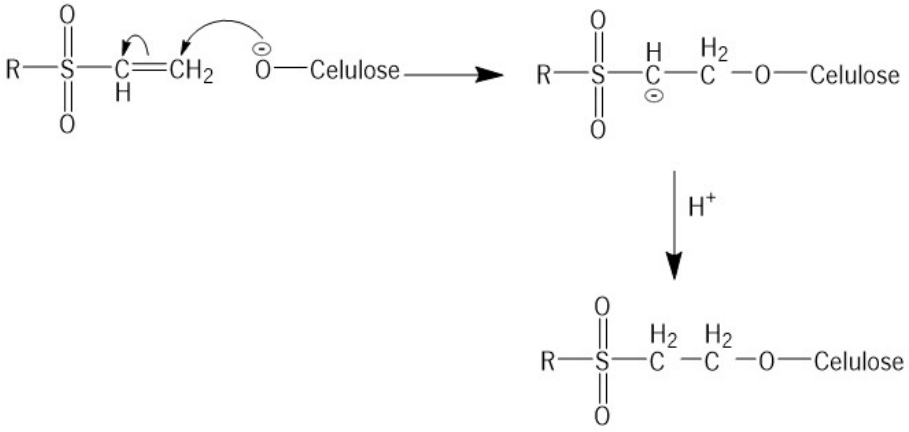


Figura 10. Reação de adição nucleofílica entre a celulose e os corantes vinilsufónicos. Adaptado da referência 41.

As reações entre o corante e a fibra representadas acima, não são completas, pois existem reações secundárias, sendo a mais desfavorável a que ocorre entre o corante e a água. A hidrólise ocorre devido à presença dos iões hidróxido que vão competir com os iões de celulose. O produto da reação com a água é um corante hidrolisado, que se encontra ligado às fibras através de ligações Van der Waals e de hidrogénio. Isto permite que o corante possa sair facilmente numa lavagem doméstica, criando problemas de solidez no artigo.[41]

Antes da impressão, é necessário um pré-tratamento químico do substrato têxtil (*coating*), uma vez que a tinta devido à sua viscosidade e estabilidade, não contém o necessário para ocorrer a ligação entre o corante e a fibra. Além disso, após a impressão, o substrato é submetido a um pós-tratamento, onde ocorre a formação da ligação entre o corante reativo e as fibras.[42]

2.5.2 Pré-tratamento

As tintas que são utilizadas na estampagem por jato de tinta geralmente são constituídas por corantes com propriedades de fixação baixas ou moderadas, pelo que é importante maximizar a fixação do corante por motivos técnicos, económicos e ambientais. Assim, o pré-tratamento do tecido é essencial na impressão têxtil por jato de tinta com corantes reativos para que seja assegurado um desempenho eficiente e uma excelente qualidade de imagem, alcançando propriedades aceitáveis de solidez da cor e controlando a penetração e propagação das gotículas de corante.[43] Na **Figura 11** é possível ver o comportamento da queda das gotículas de corante num substrato têxtil sem pré-tratamento e num com pré-tratamento. Sendo possível visualizar que, no substrato que não foi

submetido a um pré-tratamento, se verifica o alastramento da gota para fora da área delimitada pelo desenho.

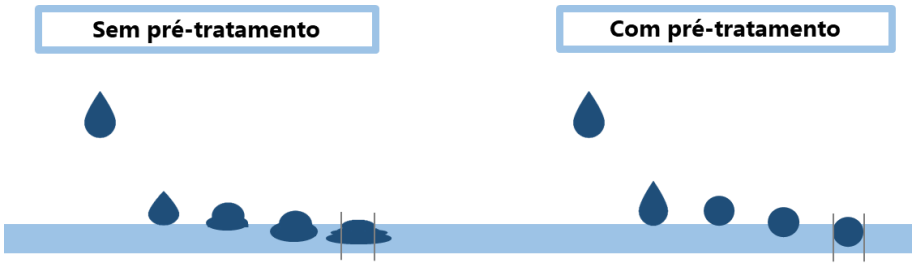


Figura 11. Comportamento da gotícula de corante num artigo sem pré-tratamento e num com pré-tratamento. Adaptado da referência 30.

As tintas para impressão a jato devem fluir facilmente através do bico da cabeça de impressão, pelo que devem apresentar baixa viscosidade, contudo essa falta de viscosidade torna suscetível o alastramento da cor, quando a tinta é depositada no substrato.[29,44] Por esse motivo, o tecido é revestido por uma pasta para permitir uma maior adesão do corante à fibra. O *coating* de pré-tratamento utilizado comercialmente depende do tipo de artigo e do seu destino final, podendo cada empresa desenvolver a sua própria, consoante as suas necessidades.[30] Na Adalberto, a receita referente ao *coating* para artigos à base de algodão é designada por Cad Cel e para os artigos de viscose é Cad Visc. Genericamente, uma receita tem na sua constituição um espessante, uma base, ureia e outros produtos auxiliares que controlam o pH e inibem a migração do corante quando este entra em contacto com o substrato.[29,30] Outro constituinte frequentemente incorporado é um agente oxidante, a fim de evitar o risco de redução e, consequentemente, a descoloração do corante durante a vaporização.[29]

As principais razões para aplicar separadamente os corantes dos outros produtos químicos utilizados durante o pré-tratamento são as seguintes: as tintas *all-in*, onde o corante está misturado com os produtos de pré-tratamento, apresentam menor estabilidade de armazenamento, podendo por exemplo ocorrer a hidrólise do corante reativo na presença da base na tinta. Além disso, os produtos químicos presentes na tinta causam corrosão dos bicos das cabeças de impressão, os espessantes muitas vezes não apresentam as propriedades reológicas desejadas e a presença de grandes quantidades de sais reduz a solubilidade dos corantes. Por fim, a aplicação separada dos corantes e dos produtos de pré-tratamento permite um ajuste das propriedades de penetração no tecido.[29]

O agente espessante é um componente essencial na pasta de pré-tratamento, particularmente quando é um processo de impressão de corantes reativos em fibras de celulose. Um agente espessante é geralmente um polímero natural ou sintético de elevado peso molecular solúvel em

água.[45] Além disso, o espessante deve ter baixa afinidade com o corante e com os outros produtos químicos presentes, porque a sua interação pode resultar num produto insolúvel, que não é removido na lavagem.[29,46]

Os espessantes são conhecidos como materiais que são capazes de transmitir viscosidade e plasticidade para as pastas de impressão, de modo a não haver a dispersão do desenho e este possa ser aplicado na superfície do tecido para preservar a nitidez das bordas e contornos. Assim, os espessantes têm as seguintes vantagens: fornecer a viscosidade essencial para a pasta de impressão, transportar os ingredientes de impressão para a superfície do tecido e evitar a interação prematura entre os outros componentes da pasta. Ademais, os espessantes devem ter um preço razoavelmente baixo, serem de fácil preparação, serem biodegradáveis para prevenir qualquer tipo de poluição ambiental e impactos negativos nas águas residuais.[47]

O alginato de sódio era o espessante mais utilizado para o espessamento da pasta de impressão devido à sua solubilidade, sendo especialmente importante para pastas com corantes reativos. Estes espessantes apresentam carácter aniónico como os corantes, pelo que existe repulsão, o que promove a migração do corante do espessante para o substrato têxtil durante a vaporização, resultando em bons rendimentos de cor. O uso do alginato também tem vantagem na lavagem, dado que é facilmente lavado. Todavia, devido ao custo relativamente elevado e à disponibilidade limitada de alginatos, atualmente, procuram-se alternativas.[46]

Assim, o uso de espessantes sintéticos tornou-se um foco de estudo. Como por exemplo, espessantes do tipo polímeros hidrófilos não iónicos como, polioxietileno diisopropil éter, copolímeros de óxido de etileno e óxido de propileno, polióxietileno lauril éter e derivados da hidroxialquilaminas. Estas formulações procuram substituir em termos de qualidade e custo a aplicação do alginato de sódio.[36]

Para ocorrer reação entre a fibra celulósica e os corantes reativos é preciso haver um meio alcalino, por isso é adicionado uma base à pasta.[44] A base provoca a ionização dos grupos hidroxilos presentes na celulose da fibra que reage com o corante reativo.[27] Para pastas e tintas *all-in*, o bicarbonato de sódio é geralmente a base recomendada, uma vez que minimiza a hidrólise do corante em armazenamento. Em contrapartida, o carbonato de sódio é uma base mais forte e mais barata, sendo satisfatória para a maioria dos fins do pré-tratamento.[29]

A ureia é outro constituinte muito comum nas pastas de impressão, uma vez que ajuda na dissolução dos corantes e é um agente higroscópico ou humectante.[29] A ureia dilata a fibra durante a vaporização e aumenta a solubilidade do corante, o que facilita a reação covalente entre o corante e a

fibra.[43] Devido às suas múltiplas propriedades, a ureia pode ser difícil de substituir. No entanto, a utilização de ureia é uma problemática face ao elevado teor de nitrogénio libertado aquando da sua decomposição.[44,48] Diante disso, é necessário reduzir ou eliminar a ureia da receita da pasta de pré-tratamento.[48]

Uma vez que o tecido esteja pré tratado torna-se mais hidrófilo, pelo que a humidade da condição de armazenamento do tecido influencia a impressão. Tem de haver o controlo do teor de humidade, para facilitar a impressão em termos de definição de imagem e densidade de cor, pelo que o tecido é envolvido com uma pelicula aderente, para evitar que a humidade do ar afete as suas propriedades.[35]

2.4.3 Impressão/Estampagem

A reologia da solução de corante e as suas características químicas influenciam a forma e o tamanho das gotas, pelo que as propriedades da impressora são diretamente influenciadas. Portanto, as tintas de impressão foram sendo desenvolvidas em simultâneo com o progresso das impressoras. Por conseguinte, existem diferentes tintas com distintos fins e exigências, para serem utilizadas em têxteis por impressão digital.[42]

A impressora a jato de tinta é constituída por três componentes básicas: a cabeça de impressão, a tinta e o substrato. De modo a haver uma produção aceitável é necessário que todas as componentes funcionem direito.[29]

Sumariamente, uma cabeça de impressão tem a função de "filtrar, formar e descarregar" a gota de tinta, pelo que a cabeça de impressão não é uma unidade única, mas sim composta por vários componentes. É possível observar a arquitetura da mesma na **Figura 12**.[49]

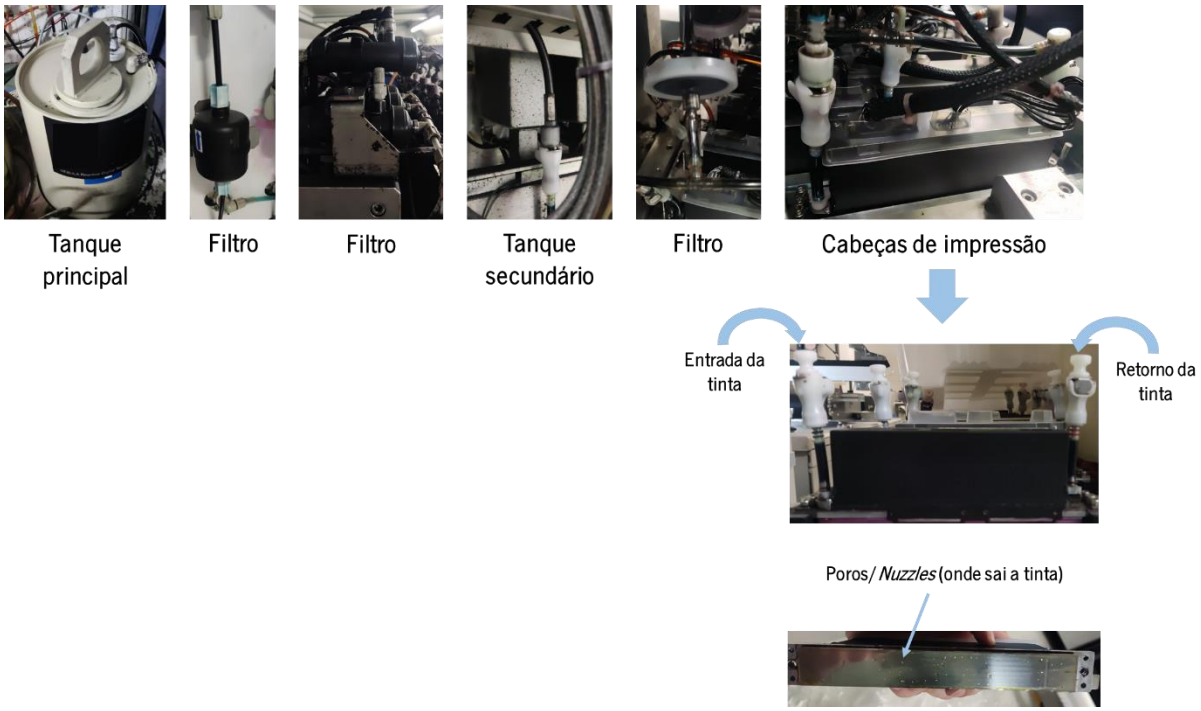


Figura 12. Arquitetura de uma cabeça de impressão.

As cabeças de impressão estão incorporadas numa máquina de impressão do tipo *single pass* ou do tipo *scanning* e podem ter diferentes tipos de configurações do sistema de cor: CMYK (ciano, magenta, amarelo e preto), CMYKOB (ciano, magenta, amarelo, preto, laranja e azul) ou *double* CMYK. Geralmente cada cabeça de impressão tem uma só cor, à exceção das cabeças de impressão *double* CMYK, em que em cada cabeça existem duas cores. A escolha de cada configuração vai de acordo com as necessidades da empresa.

As máquinas de impressão *single pass* e *scanning* têm essencialmente a mesma constituição. A diferença principal entre ambas é a forma como a tinta é distribuída sobre o tecido. Na impressão de digitalização *scanning*, as cabeças de impressão movimentam-se da esquerda para a direita e da direita para a esquerda sobre a largura do tecido, num sentido vai e vem. Na impressão *single pass*, as cabeças de impressão não se movimentam, estas são montadas sobre toda a largura do tecido numa barra de impressão fixa, uma para cada cor.[50]

Existem duas grandes classes de sistemas de jato de tinta: a jato de tinta contínuo (CIJ) e a jato de tinta intermitente (DOD). Na CIJ, as gotas de tintas são jorradas continuamente através de bicos a uma velocidade constante e podem ser deixadas no meio ou desviadas conforme o padrão a ser impresso. As gotículas não impressas são recolhidas e devolvidas para reutilização.[29,51] Num processo DOD, as gotas de tinta só são geradas caso o desenho requeira a sua formação.[51]

2.4.4 Pós-tratamento

Para além do pré-tratamento, tem que haver um pós-tratamento depois da impressão, para haver a fixação do corante e a remoção do corante em excesso e dos outros produtos químicos utilizados no pré-tratamento, garantindo não só as propriedades de solidez dos corantes, mas também para conferir brilho e alterar significativamente as cores.[29]

Este inicia-se pela vaporização, onde ocorre o processo de fixação dos corantes nos têxteis estampados, ou seja, este método fornece o efeito térmico necessário para ocorrer a reação entre o corante reativo e as fibras de celulose. Geralmente, os corantes reativos são tratados sob a pressão atmosférica e a uma temperatura de cerca de 100 °C, sendo que durante o processo, o vapor condensa no tecido e é absorvido pelo espessante e pelos agentes higroscópicos nas áreas estampadas.[29]

A lavagem é onde é removido o espessante, os auxiliares e o corante em excesso ou que não tenha reagido. Após o primeiro enxaguamento a frio na lavagem de estampados com corantes reativos, segue-se um enxaguamento com água a ferver para remover o corante hidrolisado, sendo o sabão adicionado na fervura e, por fim, há novamente um enxaguamento com água fria.[29,30]

2.6 Controlo de Qualidade

A indústria têxtil ainda se mantém em pé apesar das adversidades dos últimos anos, pelo que para ser possível aumentar a competitividade do mercado é necessário melhorar a qualidade do produto. Desde sempre os consumidores deparam-se com problemáticas no vestuário como a sua durabilidade e desgaste, sendo por isso de extrema relevância avaliar a qualidade dos artigos. Assim sendo, é necessário realizar testes nas propriedades físicas e químicas de qualquer material, de modo a garantir a qualidade dos bens e que estejam de acordo com as especificações adequadas.[52]

O controlo de qualidade de um produto permite verificar a qualidade deste, ou seja, se este se encontra dentro dos valores estabelecidos pelo caderno de encargos. Permite também manter a qualidade do produto constante e, monitorizar mais facilmente caso haja falhas, de modo a melhorá-las. Uma excelente preparação é fundamental para qualquer processo para uma posterior coloração, ou seja, uniformidade, hidrofilidade e a remoção total de sujidades são requisitos fulcrais para obtenção de um produto de qualidade. O controlo desses parâmetros evita retrocessos e ações caras que nem sempre proporcionam bons resultados. Assim, construiu-se um diagrama de causa e efeito (**Figura 13**), também conhecido como *Fishbone* ou diagrama de *Ishikawa*, que é uma forma eficaz de mapear os passos que afetam a qualidade.

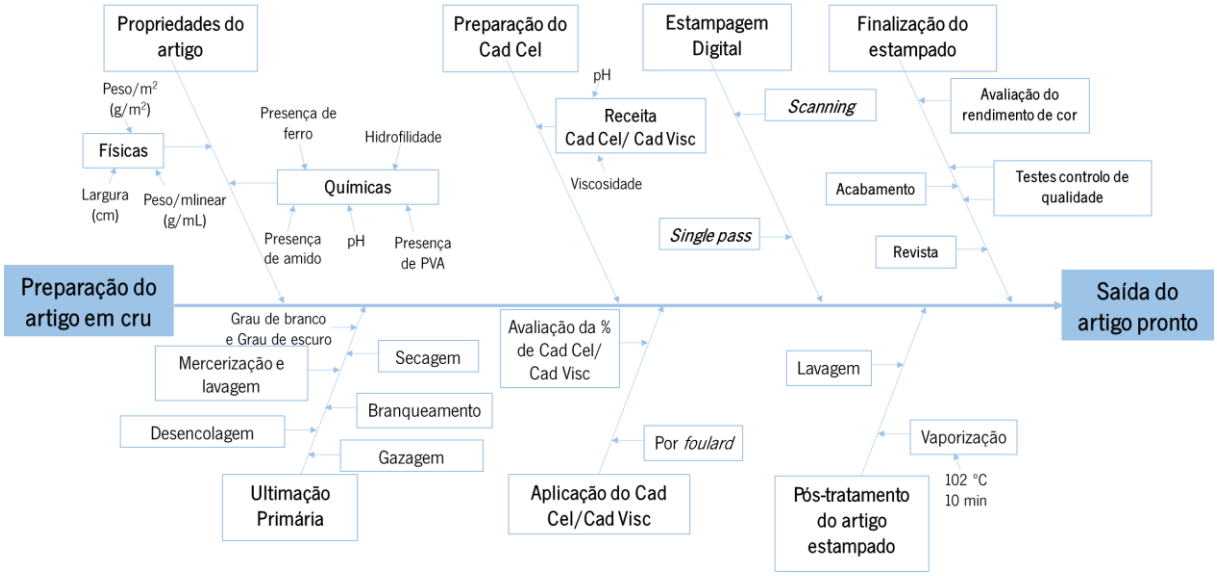


Figura 13. Diagrama de *Ishikawa* dos processos que afetam a qualidade num artigo em estamparia digital.

Capítulo 3 - Procedimento experimental

Neste capítulo irão ser descritos os processos mais relevantes para concretizar o objetivo idealizado e os seus procedimentos.

3.1 Avaliação do grau de branco e grau de escuro

De modo a validar o processo de ultimação primária e verificar se o substrato têxtil está em condições a ser estampado avalia-se o seu grau de branco e grau de escuro.

As medições do grau de branco ou brancura de *Berger* dos substratos têxteis foram realizadas no espectrofotómetro *Datacolor® 550* (**Figura 14a**), presente no Laboratório da Tinturaria. A leitura foi feita com a amostra dobrada em quatro, de forma a minimizar a entrada de luz através do espaço entre as fibras. Realizaram-se 4 leituras do grau de branco, em diferentes pontos da amostra, a partir das quais se determinou um valor médio.

O grau de escuro ou rendimento de cor é avaliado através da medição do grau de *Berger* pelo espectrofotómetro portátil *Xrite* (**Figura 14b**) numa barra estampada no substrato têxtil com uma pasta de corante azul-marinho. Após a estampagem, as amostras são secas na estufa a 160 °C, vaporizadas a 102 °C durante 10 minutos, lavadas em água a ferver e secas numa estufa a 160 °C, antes de ser lido o grau de escuro.



a) b)

Figura 14. (a) Espetrofotómetro *Datacolor*® 550 e (b) espetrofotómetro portátil *Xrite.*

3.2 Avaliação do pH

O pH é determinado através da concentração de iões de hidrogénio (H^+) e é usado para avaliar o grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma determinada amostra. É essencial haver um controlo sobre o intervalo de valores de pH, de modo a garantir a qualidade necessária. Uma vez que

os tecidos estão em contacto com a pele do corpo, por exemplo, um tecido com pH ácido pode causar irritações cutâneas.[53]

O pH do substrato pode ser avaliado por duas maneiras: à gota ou com recurso ao aparelho Morapex®A, como representado na **Figura 15a** e **b**, respetivamente. No caso da gota, primeiro, humedece-se o artigo com água destilada e adiciona-se uma gota de indicador de pH da Merck. Depois, compara-se a cor obtida com a escala de cores de pH da Merck.

No aparelho Morapex®A, a amostra é colocada numa área circular, onde ocorre a extração com o auxílio de água destilada a 95 °C. O extrato aquoso é recolhido num tubo de ensaio e arrefecido à temperatura ambiente. De seguida, recolhem-se 5 mL da solução obtida e coloca-se cinco gotas de indicador de pH da Merck. Agita-se um pouco o tubo de forma a uniformizar a mistura e valida-se a cor comparando com a escala de cores de pH da Merck (**Figura 15c**). Também é possível medir o pH do extrato aquoso com o auxílio de um elétrodo de pH WTW pH-Meter 526 (**Figura 15d**). Sendo que este último foi o método utilizado durante as medições do estudo.

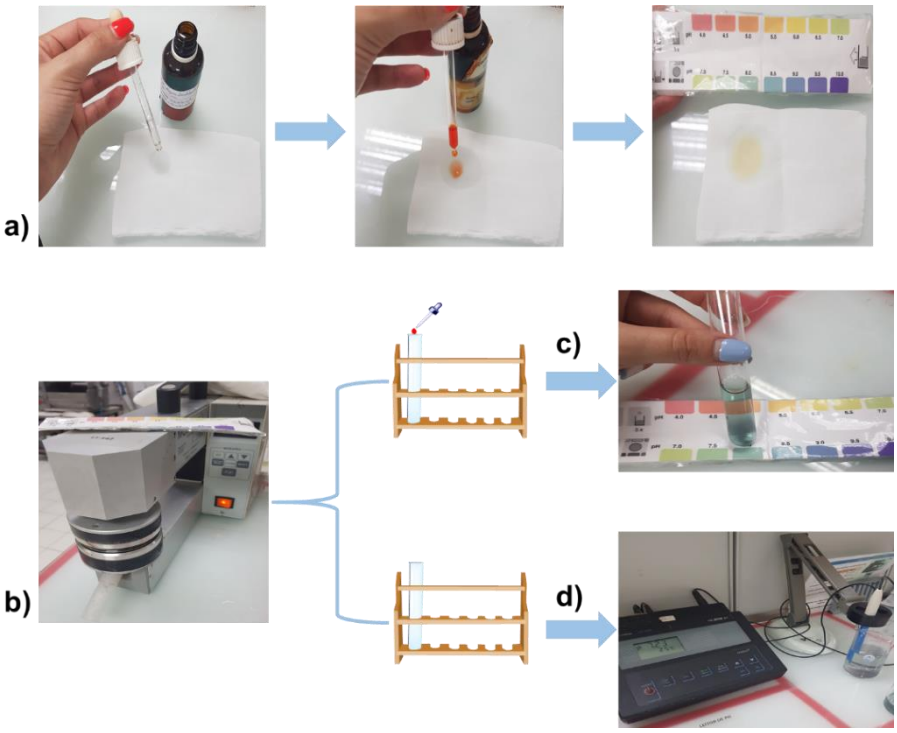


Figura 15. Diferentes modos de avaliar o pH: (a) pH de gota, (b) aparelho Morapex® A, (c) escala de pH do indicador da Merck, (d) elétrodo WTW pH-Meter 526.

3.3 Preparação e Aplicação do Cad Cel/Visc

Antes da estampagem digital, os substratos têxteis necessitam de ser revestidos com o *coating* de pré-tratamento (Receita).

Confecionou-se 2 kg de cada Receita para as amostras à escala laboratorial (AEL). Num balde adicionou-se o espessante e a água e noutro os restantes produtos químicos necessários. Com o auxílio de uma varinha mágica de cozinha misturou-se o espessante e a água e, aos poucos, acrescentava-se os restantes produtos, sem parar de mexer.

Posteriormente, consoante cada ensaio, no Laboratório da Tinturaria aplicavam-se as Receitas nos substratos celulósicos usando um *foulard* (**Figura 16a**) a uma pressão de 4 bar. O *foulard* é um equipamento de impregnação por imersão, onde o artigo é introduzido dentro do banho contendo o *coating*. Sendo que depois é espremido por dois cilindros para retirar o excesso do produto impregnado.

Por fim, guardou-se cada uma das amostras em sacos separados e na Estamparia Convencional secou-se cada uma na secadeira (**Figura 16b**). Num primeiro ensaio, secou-se as amostras a 160 °C, todavia as amostras ficaram com um aspeto queimado. Pelo que se baixou a temperatura da secadeira para 130 °C e passava-se duas vezes a amostra no tapete, para ela ficar bem seca.

À escala industrial são confecionadas maiores quantidades de cada Receita numa batedeira que está em constante agitação. Tal como nas Receitas em laboratório, adiciona-se primeiro o espessante e a água, e depois, vai-se acrescentando os restantes produtos.

Depois de preparada, aplica-se a Receita usando uma râmula (**Figura 16c**) no setor do Acabamento. Nestes equipamentos, o método de impregnação é igual ao do *foulard* utilizado à escala laboratorial, só que em tamanho industrial. Ou seja, o material têxtil passa por um conjunto de rolos paralelos, onde é espremido para retirar o excesso de pasta, definindo a espessura do artigo. Após a passagem do material têxtil pelo *foulard*, dá-se a secagem ao ar, seguida de um período na estufa, ou passa diretamente para a estufa, num processo contínuo. Um dos aspetos a ter em atenção é que não se pode esgotar o banho, para proporcionar ao substrato têxtil uma incorporação mais homogénea em todo o seu comprimento e largura. Na **Figura 16d** temos representado esquematicamente o processo de foulardagem à escala industrial.[54]

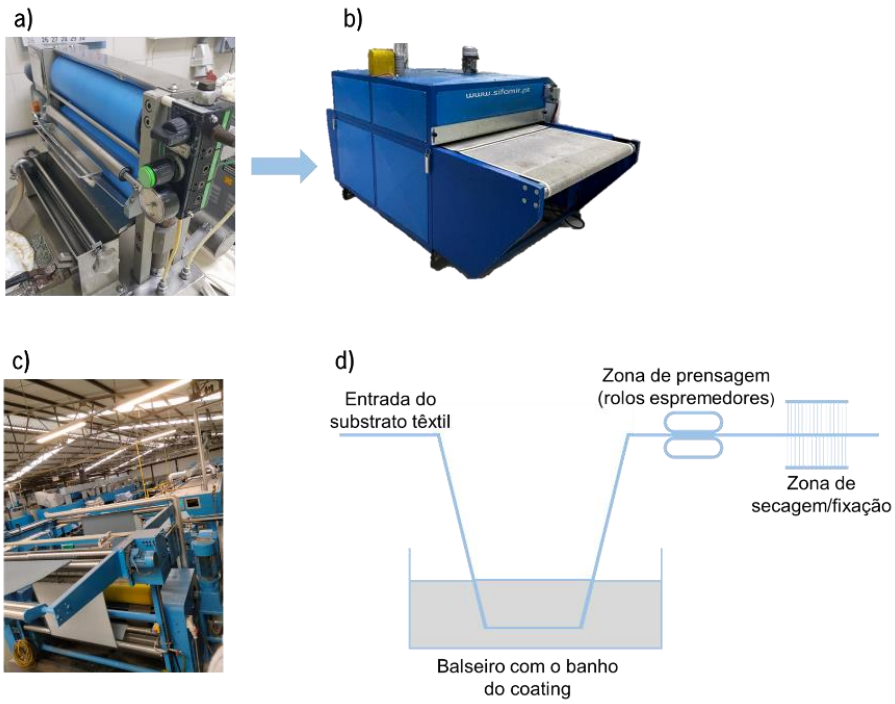


Figura 16. (a) *Foulard* à escala laboratorial, (b) secadeira, (c) râmula, (d) processo esquemático da foulardagem adaptado da referência 54.

3.4 Estampagem, Vaporização e Lavagem

Todas as amostras foram estampadas na mesma impressora (**Figura 17a**), sob as mesmas condições, a 15 m/min. Esta máquina é do tipo *single pass*, com 43 cabeças de impressão a 3 ou 4 mm do substrato têxtil, de acordo com o sistema de cor CMYKOB, sendo que a temperatura das cabeças de impressão tem de se manter abaixo dos 30 °C, senão estas podem rebentar. Após estampar digitalmente com corantes reativos, do tipo monoclorotriazinas e vinilsufónicos, o substrato entra na estufa acoplada à impressora, onde é secado a 120 °C.

Posteriormente, vaporizaram-se as amostras no vaporizador (**Figura 17b**) a 102 °C durante 10 minutos. A vaporização é feita a temperaturas elevadas utilizando vapor, e permite a reação do corante com a fibra. Esta operação é utilizada em todos os corantes ou pigmentos, variando a temperatura e o tempo de permanência de acordo com o tipo de substrato e a cor utilizada.

Por fim, lavaram-se as amostras na máquina do laboratório da Estamparia Digital (**Figura 17c**) no caso uma AEL, que é uma máquina com um funcionamento idêntico a uma máquina de lavar doméstica. No caso das amostras à escala industrial (AEI), estas são lavadas numa máquina industrial em contínuo aberta (**Figura 17d**), ou seja, o artigo é lavado em aberto.

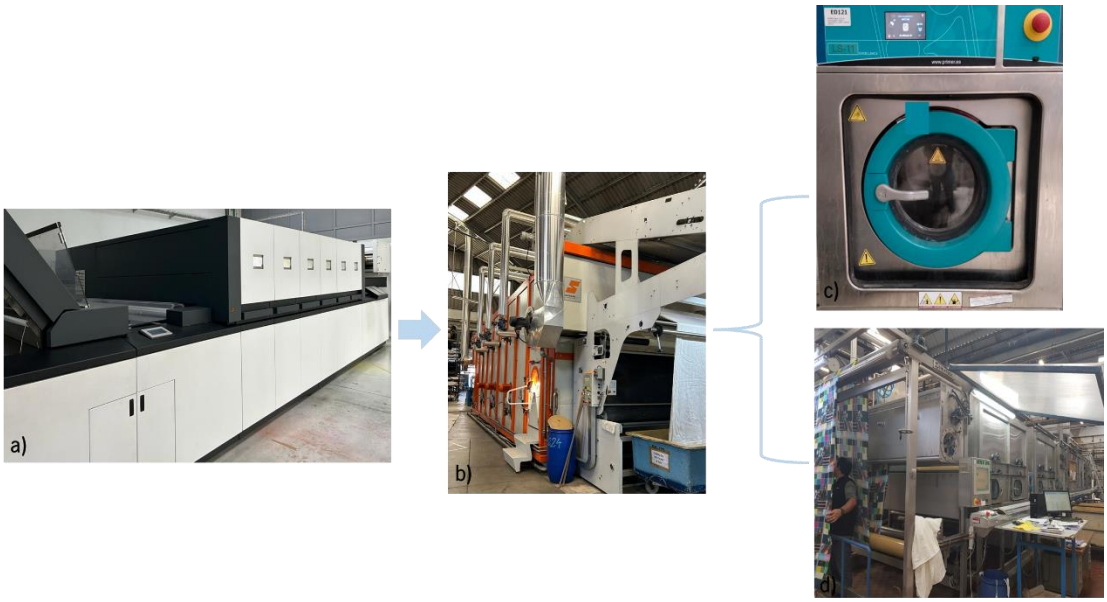


Figura 17. (a) Máquina de impressão *single pass*, (b) vaporizador, (c) máquina de lavar laboratorial, (d) máquina de lavar industrial.

3.5 Avaliação do rendimento de cor

A colorimetria é a ciência que mede a cor. É um sistema numérico com respostas objetivas, o que implica a substituição das respostas subjetivas existentes tal como "azul claro". Existem três aspetos que contribuem para a perceção da cor de um objeto: a natureza da iluminação, as propriedades óticas do objeto e a resposta do olho humano.[55]

O sistema de cor CIELAB foi desenvolvido em 1976 pela Comissão Internacional de Iluminação (CIE) como um sistema de especificação de cor baseado na organização das cores consoante três eixos perpendiculares (**Figura 18**). O eixo vertical, **L***, representa a intensidade da cor, em que os valores positivos representam cores mais claras e os valores negativos são valores mais escuros. O **a*** é o eixo no plano normal, a **L*** que representa a variação de cor entre vermelho e verde, em que os valores positivos denotam vermelho e os valores negativos denotam verde. O **b***, eixo normal para **L*** e para **a*** representa uma variação de cor entre amarelo e azul, sendo que os valores positivos representam o amarelo e os valores negativos representam o azul.[55,56] O **C***, croma, é a distância vetorial calculada do centro do espaço de cor para a cor medida, sendo que maiores valores indicam uma saturação maior. A saturação corresponde à pureza da cor, ou seja, uma cor com elevada saturação é uma cor bem definida dentro da sua faixa espetral, ou seja, a cor é mais viva e limpa.[57]

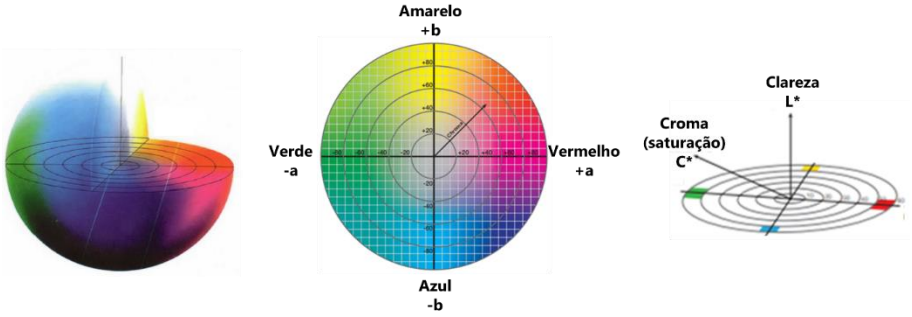


Figura 18. Sistema CIELAB. Adaptado da referência 56.

Este sistema foi concebido para ser visualmente uniforme, pelo que existe uma equação simples (**Equação 1**) para se obter a diferença de cor total entre uma amostra experimental e uma amostra padrão. Essa diferença é dada pela distância entre os dois pontos que representam essas cores no espaço de cor, que pode ser expressa como **ΔE**. O objetivo da produção é obter a cor considerada padrão. Todavia existem vários fatores que podem interferir durante o processo, levando a variações na cor obtida, em maior ou menor grau, comparada à cor padrão. Depois, depende se essa diferença é aceite ou não pelo cliente. Assim, estabeleceu-se uma tolerância para a aceitabilidade dos produtos, em que a escala do espaço de cor foi definida de modo a que valor de **ΔE** seja inferior a 1.[55]

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$ **Equação 1**

Primeiramente, as amostras foram analisadas visualmente, de modo a detetar alguma inconformidade, assim, observou-se as mesmas numa caixa de luz (**Figura 19**) sob uma lâmpada D65, de modo a representar a luz do dia. Para a análise do rendimento colorístico recorreu-se ao espetrofotómetro portátil da *Xrite* (**Figura 14b**) sob a lâmpada D65 10°. Para se fazer a medição, estabeleceu-se como padrão a amostra revestida com a Receita atual de Cad Cel/Cad Visc. E comparou-se três vezes cada uma das cores, sendo que os valores apresentados são a média dos obtidos.



Figura 19. Caixa de luz.

3.6 Ensaios de controlo de qualidade

Durante a sua aplicação, os têxteis estão, geralmente, expostos a fatores externos, como a luz, lavagem, engomagem, suor, fricção e agentes químicos, ou seja, existe a exigência de que a cor dos têxteis mantenha um bom desempenho de solidez da cor, caso contrário os corantes podem eventualmente desbotar, e assim, a aparência do produto têxtil é afetada negativamente. Além disso, durante a utilização do têxtil, as moléculas do corante podem ser absorvidos pelo corpo humano através da pele, o que provoca riscos à saúde do usuário como consequência, uma má solidez da cor é inadmissível.[58] Para uniformizar os parâmetros existem normas para a realização dos testes. Os testes realizados foram efetuados segundo a Organização Internacional de Normalização (ISO).

Os testes de solidez da cor são geralmente simples, mas podem ser obtidos resultados incoerentes para o mesmo substrato, porque podem depender do olho humano. O que torna este método de avaliação subjetivo e suscetível à influência de condições externas e das atividades psicológicas dos próprios avaliadores. A escala de cinzentos (**Figura 20**) é uma escala de cinco graus, que varia de 1 a 5, sendo que o 1 indica que existe muito manchamento e 5 representa que não ocorreu alteração de cor nas amostras e testemunhos. Para contrariar a subjetividade do método, as amostras podem ter uma avaliação quantitativa através da medição por espetrofotómetro, que permite obter o grau de manchamento de uma amostra comparativamente com um padrão.

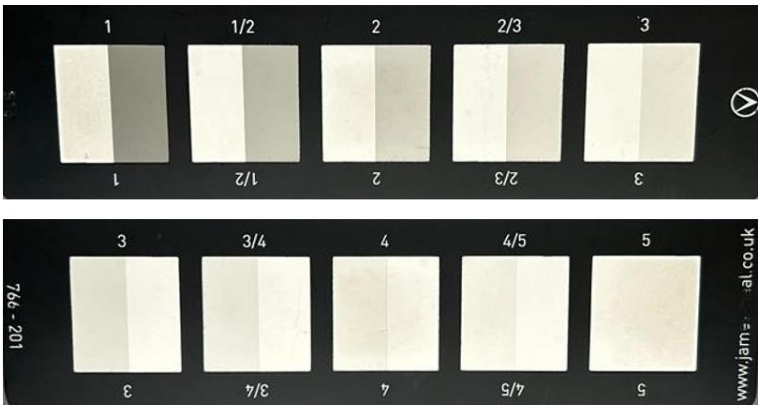


Figura 20. Escala de cinzentos.

3.6.1 Teste de fricção a seco e húmido

A solidez da cor à fricção é um indicador para avaliar a perda de cor do tecido quando sujeito à fricção, esta pode ser subdividida em solidez à fricção a seco e solidez à fricção a húmido. A resistência à fricção é determinada a partir do grau de coloração de uma amostra branca (provete) (**Figura 21a**).[59]

Este teste foi realizado de acordo com a norma ISO 105-X12:2016.[60] Para tal, friccionou-se um provete seco 5×5 cm no substrato estampado com o auxílio de um aparelho denominado de *Crockmeter* (**Figura 21b**). Colocou-se a amostra de estampado em cima da lixa e utilizando uma placa de acrílico, fixou-se a amostra no sentido das colunas no *Crockmeter*. O provete foi posicionado na extremidade cilíndrica do aparelho (**Figura 21c**), fixando-o com uma mola mecânica e friccionou-se 10 vezes num movimento retilíneo de vaivém. No caso, do teste de fricção a húmido, o procedimento é o mesmo, contudo, o provete é molhado com 10 gotas de água destilada e seco, para retirar o excesso de água. Após a realização do teste, seca-se o provete à temperatura ambiente.

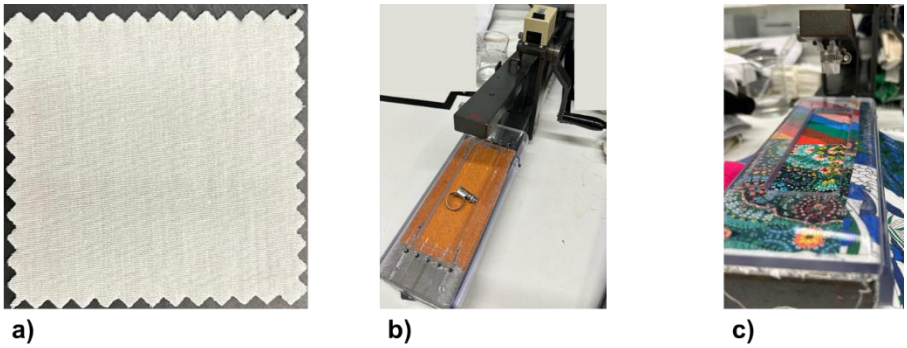


Figura 21. (a) Provete, (b) *Crockmeter*, (c) posicionamento do provete no *Crockmeter*.

Para avaliar o grau de manchamento do provete, fez-se uma análise espetrofotométrica no espetrofotómetro *Datacolor® 550* (**Figura 14a**), onde se comparou o padrão (provete branca) com a amostra obtida. Ambos os provetes foram dobrados a meio e medidos 3 vezes.

3.6.2 Teste de solidez à lavagem

A solidez à lavagem refere-se à manutenção da firmeza da cor nos têxteis, face à utilização de diferentes detergentes e ambientes de lavagem. O princípio geral deste teste é simular o estado de uma lavagem doméstica, sob as condições de tempo e temperatura catalogadas. Artigos com baixa resistência à lavagem têm que ser lavados a seco.[58]

De forma a analisar a solidez à lavagem dos estampados têxteis, realizaram-se testes no laboratório de controlo de qualidade segundo a norma ISO 105-C06:2010.[61] Para tal, utilizam-se testemunhos multifibras 2DW (**Figura 22a**), que são tecidos compostos por tiras de 6 fibras diferentes: lã (WO), poliacrílico (PAC), poliéster (PE), poliamida (PA), algodão (CO) e acetato (CA), de modo a verificar se o artigo em questão mancharia outros substratos aquando da sua lavagem. As amostras e os testemunhos foram cortados do mesmo tamanho, 10×3 cm, e agrafadas umas às outras, de forma ao estampado estar face com face com o testemunho.

Para a preparação do banho de lavagem, aqueceu-se, previamente, a água destilada e dissolveu-se 4 g/L de detergente e 1 g/L de perborato de sódio. Prepararam-se vários recipientes da máquina *Gyrowash* (**Figura 22b**), colocando em cada um, 25 esferas metálicas e 150 mL do banho de lavagem. Após o banho de lavagem atingir os 50 °C, adicionou-se uma amostra cosida ao respetivo testemunho e deixou-se a máquina agitar os recipientes durante 30 minutos. Por fim, retiraram-se as amostras, enxaguaram-se com água fria durante 5 minutos e colocaram-se a secar na estufa.

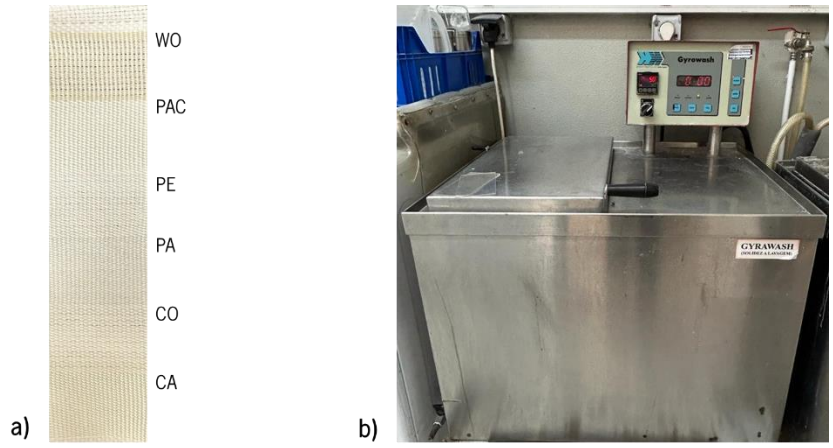


Figura 22. (a) Testemunho multifibras 2DW, (b) máquina *Gyrowash*.

Para avaliar o grau de manchamento do testemunho multifibra, fez-se uma análise espetrofotométrica no espetrofotómetro *Datacolor® 550* (**Figura 14a**), onde se comparou cada fibra do padrão (multifibra branco) com a respetiva fibra da amostra obtida. Para cada uma das fibras dobrou-se o tecido ao meio e mediu-se 3 vezes.

3.7 Substratos celulósicos utilizados

Para o 1º teste à escala industrial utilizou-se uma tela 100% CO com 115 g/m^2. Como substrato têxtil para as amostras à escala laboratorial (AEL), utilizou-se uma tela Popeline 100% CO ORG com 115 g/m^2 para testar as Receitas de Cad Cel. Para as Receitas de Cad Visc utilizou-se a tela Sarjinha 2x1 100% CV com 125 g/m^2. Na **Tabela 1** temos representado algumas das características das mesmas antes do pré-tratamento.

Tabela 1. Características das telas antes do pré-tratamento.

	Tela 100% CO	Tela Popeline 100% CO ORG	Tela Sarjinha 2x1 100% CV
Grau de Branco	75,71	71,93	74,24
Grau de Escuro	8,70	7,10	7,60
pH	6,56	7,01	7,95

Face aos valores apresentados na tabela, os substratos estão de acordo com o caderno de encargos para seguir para a estampagem.

Capítulo 4 - Apresentação e Discussão dos Resultados

Tendo em conta que se pretendia o desenvolvimento de uma Receita de *coating* do substrato têxtil (Receita), para impressão a jato de tinta, mais ecológica e económica, mantendo ou melhorando o rendimento colorístico, iniciou-se o trabalho com um teste à escala industrial, de modo a perceber o funcionamento do processo produtivo industrial e aproveitar para testar uma Receita nova, que ainda não tinha sido testada.

Posteriormente, passou-se aos testes à escala laboratorial, em que inicialmente foram testadas algumas Receitas pré-existentes e, depois, foi-se testando a influência individual de alguns dos produtos químicos componentes da Receita. Na **Tabela 2** temos apresentado as Receitas atualmente usadas (Receitas Padrão) nos substratos têxteis, Cad Cel e Cad Visc, e o custo associado por kg. Os produtos químicos estão indicados com letras para preservar o sigilo da empresa.

Tabela 2. Constituição das Receitas Padrão usadas atualmente nos substratos têxteis de algodão e viscose.

Produto	Cad Cel (Algodão) (g/kg)	Cad Visc (Viscose) (g/kg)
A	40	35
B	10	10
C	125	225
D	30	30
E	10	10
F	25	25
G	15	15
Água	745	650
Custo Total (€/kg)	0,41	0,50

Tanto à escala industrial como laboratorial estampou-se o "Teste dos Palhaços" como o representado na **Figura 23a**. Este estampado foi idealizado com as cores mais críticas e desenhos que possam avaliar características necessárias em estampados, de modo a ter uma melhor perceção do funcionamento de cada Receita. Como as AEL são mais pequenas (24×77 cm), para que possam passar no *foulard* do laboratório, a disposição de cada um dos desenhos difere (**Figura 23b**). Através deste padrão avaliou-se visualmente e quantitativamente, com o espetrofotómetro, as 17 cores individuais. E fez-se uma análise visual na caixa de luz dos restantes desenhos, para ver características como o recorte e o vazamento.



Figura 23. Estampado padrão utilizado ao longo dos testes e disposição das cores testadas a) escala industrial, b) escala laboratorial.

Em cada subcapítulo os resultados da análise espetrofotométrica CIELAB são apresentados graficamente, sendo que em anexo temos os valores das leituras colorimétricas expostos em tabela. No caso da análise dos testes de controlo de qualidade, os valores da escala de cinzentos estão apresentados em tabelas.

As AEL foram nomeadas segundo a mesma mnemónica consoante o tipo de substrato têxtil utilizado, **RCO** ou **RCV**, sendo que, quando aparecia um apóstrofe (') indicava que se estava a repetir a Receita proveniente do ensaio anterior, de modo a ver a sua repetibilidade, dado serem consideradas as melhores do seu ensaio.

De modo a minimizar o número de variáveis, as amostras de cada ensaio foram submetidas às mesmas condições, ou seja, tiveram o pré-tratamento (aplicação e secagem do *coating*), estampagem e pós-tratamento (vaporização, lavagem e secagem) realizadas em simultâneo.

4.1 Ensaio 1 à escala industrial

Este ensaio foi realizado à escala industrial, com o intuito de comparar a Receita Padrão - Cad Cel com uma nova Receita considerada ideal em testes realizados anteriormente em laboratório, de modo a validar a sua reprodutibilidade. A composição da nova Receita **RCO1** está apresentada na **Tabela 3.**

Tabela 3. Composição e preço da nova Receita usada em teste industrial.

Produto	RCO1 (g/kg)
A	20
B	5
C	100
D	20
E	22,5
F	–
G	–
Água	832,5
Custo Total (€/kg)	0,26

Ambas as Receitas (Cad Cel e **RCO1**) passaram pelo mesmo processo produtivo e em simultâneo, apenas diferindo no banho de *coating* aplicado. Após o processo estar concluído, fez-se a análise espetrofotométrica.

Na **Figura 24** temos a avaliação da tonalidade de cada uma das cores estudadas, em que através das coordenadas fornecidas pela análise espetrofotométrica, podemos analisar para que tonalidade cada uma das cores obtidas, com pré-tratamento com a Receita **RCO1**, tende comparativamente com quando se utilizava a Receita Cad Cel. Assim, o gráfico representa o desvio de cor obtido na Receita testada nas diferentes coordenadas. As cores com abcissas positivas (+a) tendem para vermelho (ex: cor 1 e 7) e as com abcissas negativas (-a) tendem para verde (ex: cor 11 e 9). No caso, das ordenadas positivas (+b) tendem para amarelo (ex: cor 3 e 12) e as ordenadas negativas (-b) tendem para azul (ex: cor 16 e 17). As cores que estão mais perto do centro das coordenadas são aquelas em que se observam menos diferenças entre a impressão com o pré-tratamento com a Receita **RCO1** e o pré-tratamento com a Receita Cad Cel.

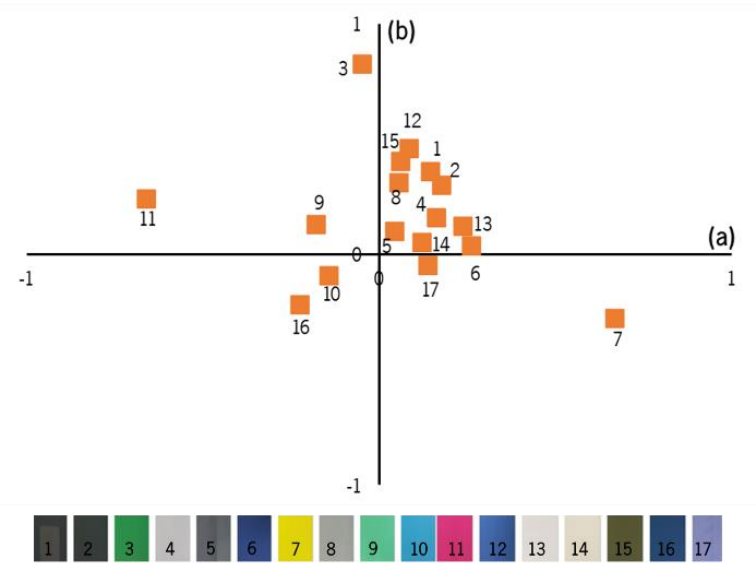


Figura 24. Tendência de tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB das amostras no ensaio 1industrial da impressão com o pré-tratamento com a Receita RCO1 comparativamente com a Receita Cad Cel.

Na **Figura 25** estão representados os valores de **ΔE** (diferença de cor total) para cada cor testada. Verifica-se que temos duas cores, a 5 e 8, que ultrapassam o limite definido (superior a 1), pelo que essas são as cores que apresentam uma maior diferença de cor comparativamente ao obtido com o pré-tratamento padrão, apesar de que visualmente, não era notória uma grande diferença de cor. Comparando este resultado com o apresentado na **Figura 24**, as cores 5 e 8 não apresentam uma tendência de tonalidade muito diferente das cores com o pré-tratamento com a Receita Cad Cel, na verdade as cores até estão relativamente próximas à origem, pelo que a diferença se deverá principalmente à intensidade da cor (parâmetro L* do sistema de cor CIELAB).

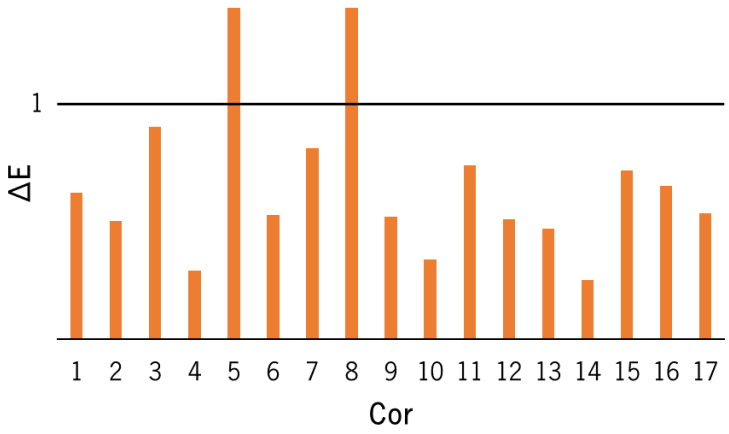


Figura 25. Representação gráfica da diferença de cor no sistema de cor CIELAB das amostras no ensaio 1 industrial da impressão com o pré-tratamento com a Receita RCO1 comparativamente com a Receita Cad Cel.

De facto é o que se pode observar quando representamos o gráfico com apenas a diferença de intensidade da cor **ΔL** (**Figura 26**), que mostra que efetivamente nas cores 5 e 8 existe uma grande diferença neste parâmetro, sendo as cores mais claras que as cores com o pré-tratamento com a Receita Cad Cel. Analisando a **Figura 26**, verificamos também que existem 4 cores (10, 11, 15 e 16) com **ΔL** negativo, o que indica que essas cores são mais escuras (têm maior intensidade de cor) relativamente às cores com o pré-tratamento com a Receita Cad Cel.

Apesar de visualmente não haver grande diferença no estampado "Palhaços", avaliando os desenhos de produção de clientes havia uma diferença notória, onde se realçava bastante a intensidade da cor. O artigo revestido com o *coating* da Receita Cad Cel apresentava um maior rendimento colorístico, mesmo tendo um maior vazamento no verso do substrato têxtil. Posto isto, a Receita Cad Cel apesar de ser mais cara, continuava a ser mais vantajosa a nível colorístico, dado que as cores eram mais vivas.

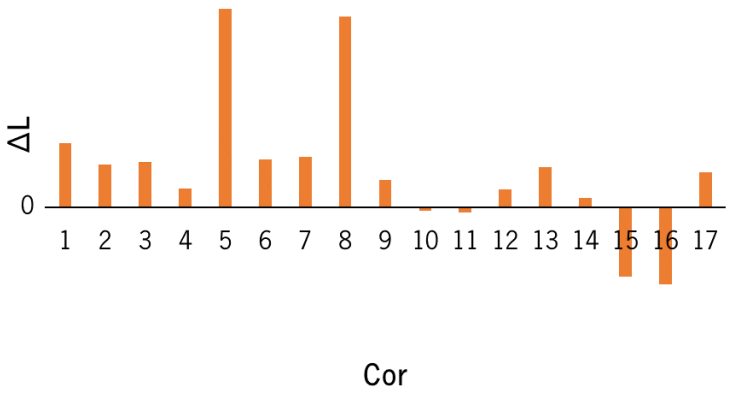


Figura 26. Representação gráfica da diferença de intensidade de cor no sistema de cor CIELAB das amostras no ensaio 1 industrial da impressão com o pré-tratamento com a Receita RCO1 comparativamente com a Receita Cad Cel.

4.2 Ensaio 1 à escala laboratorial

No primeiro ensaio à escala laboratorial estabeleceram-se como objetivos retestar a Receita **RCO1** abordada no **subcapítulo 4.1** e testar a influência da remoção da Receita Cad Cel do **produto G** (**RCO2**), de modo a corroborar a coerência dos resultados obtidos à escala industrial ou perceber se teria acontecido algum erro durante o processo industrial. Além disso, também se testou uma Receita considerada "com dualidade", ou seja, poderia funcionar tanto em substratos de CO como em CV (**RCO3**). Estes testes do ensaio 1 foram realizados no substrato celulósico 100% CO.

Na **Tabela 4** temos a composição e o preço de cada Receita usada neste ensaio.

Tabela 4. Composição das Receita de pré-tratamento do substrato celulósico de algodão usadas no 1º ensaio à escala laboratorial.

Produto	Cad Cel (g/kg)	RCO1 (g/kg)	RCO2 (g/kg)	RCO3 (g/kg)
A	40	20	40	20
B	10	5	10	10
C	125	100	125	150
D	30	20	30	30
E	10	22,5	10	22,5
F	25	–	25	–
G	15	–	–	–
Água	745	832,5	760	767,5
Custo Total (€/kg)	0,41	0,26	0,41	0,37

Na **Figura 27** temos apresentados os resultados da avaliação da tonalidade de cada uma das cores estudadas, em função da análise espetrofotométrica comparativamente com a impressão em substrato celulósico 100% CO pré-tratado com a Receita Cad Cel. É claro pelos resultados obtidos que o tratamento onde se obtém globalmente os maiores desvios de tonalidade em relação às cores com o pré-tratamento com a Receita Cad Cel é o pré-tratamento com a Receita **RCO1**. Sendo que a Receita **RCO3** destaca-se por ter os menores desvios de cor face às cores obtidas com a Receita Cad Cel.

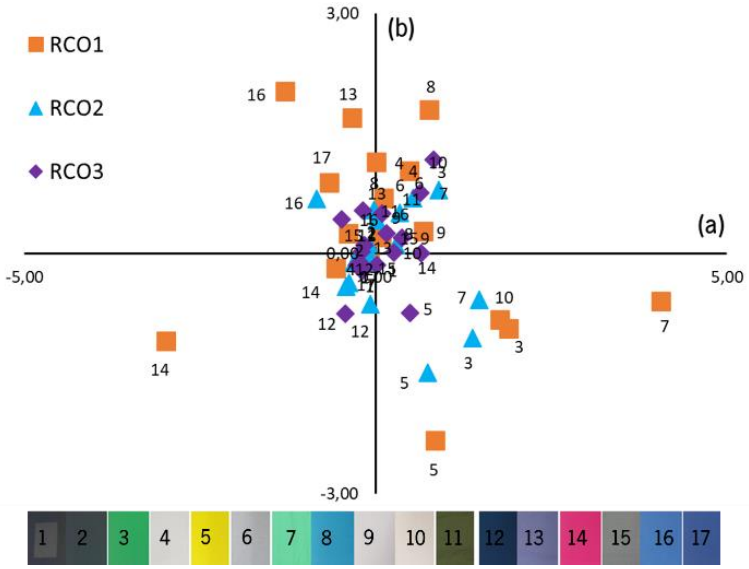


Figura 27. Tendência de tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB, das amostras do ensaio 1 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO1, RCO2 e RCO3 comparativamente com a Receita Cad Cel.

Relativamente à diferença de cor (**Figura 28**) a Receita **RCO1** (barra laranja), como esperado face aos resultados anteriores, é a Receita com maior desvio comparativamente com a Receita padrão

de pré-tratamento (Cad Cel), apresentando apenas uma cor com **ΔE** inferior a 1 (cor 9), como pode ser observado na **Figura 28**.

Na mesma figura observa-se também que a Receita **RCO2** (barra azul), tem nove cores (2, 8, 9 11, 12, 13, 14 e 15) com **ΔE** inferior a 1, pelo que essas são as cores onde existe uma menor diferença de cor comparativamente com as cores impressas no substrato com o pré-tratamento com a Receita Cad Cel.

Tal como previsto, pela análise da **Figura 27**, a Receita **RCO3** (barra roxa da **Figura 28**) é a que apresenta cores mais semelhantes às cores da Receita Cad Cel, sendo que existem dez cores (2, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15 e 17) com **ΔE** inferior a 1, ou seja, são as cores que apresentam menor diferença de cor quando comparadas às cores obtidas com o pré-tratamento da Receita Cad Cel.

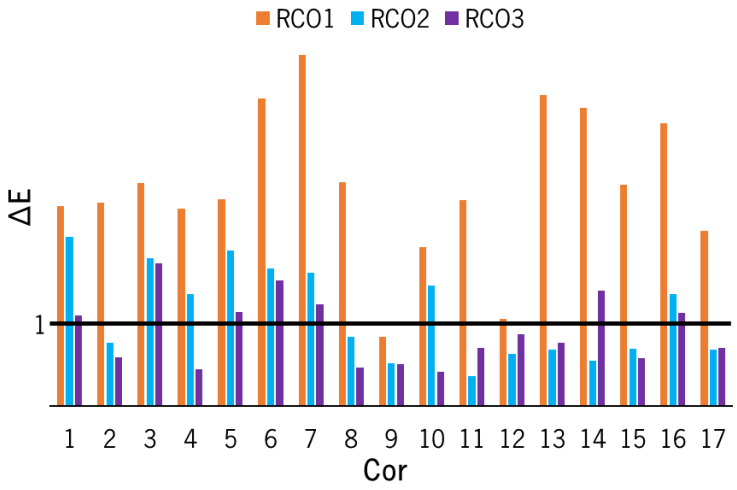


Figura 28. Representação gráfica da diferença de cor no sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 1 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO1, RCO2 e RCO3 comparativamente com a Receita Cad Cel.

No caso, da diferença de intensidade de cor (**ΔL**), representada na **Figura 29**, observa-se que para a Receita **RCO1** só existem valores positivos, pelo que todas as cores da amostra são mais claras que as da amostra revestida com o pré-tratamento da Receita Cad Cel. Deste modo, este ensaio corroborou o ensaio industrial abordado no **subcapítulo 4.1**, onde se tinha verificado que a Receita Cad Cel tinha um melhor rendimento colorístico que a Receita **RCO1**.

Analisando a Receita **RCO2** existem duas cores (12 e 14) com valor de **ΔL** negativo, o que indica que essas cores são mais escuras que as cores da Receita Cad Cel, ou seja, as restantes 15 cores são mais claras. Assim sendo, verifica-se que a remoção do **produto G** não beneficiou a impressão, dado que não ocorreu um aumento do rendimento colorístico da mesma. Logo, este produto é necessário na Receita.

Por fim, avaliando a Receita **RCO3**, verifica-se que não existem valores de **ΔL** inferiores a 0, pelo que todas as cores da amostra com o revestimento da Receita **RCO3** são mais claras que as cores revestidas pela Receita Cad Cel de pré-tratamento.

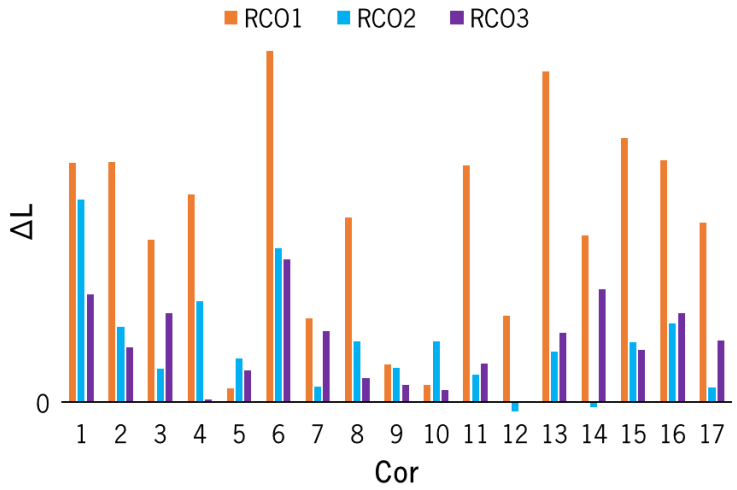


Figura 29. Representação gráfica da diferença de intensidade de cor no sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 1 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO1, RCO2 e RCO3 comparativamente com a Receita Cad Cel.

Tal como aconteceu no ensaio à escala industrial, a Receita **RCO1** não apresentou bons resultados, sendo possível observar pela representação gráfica da diferença de intensidade da cor (**Figura 29**) que o rendimento colorístico desta Receita é inferior à Receita Cad Cel.

Posto isto, a Receita Padrão apesar de ser mais cara, continua a ser a mais vantajosa comparativamente às três Receitas estudadas durante este ensaio. Ainda assim, para o seguinte ensaio, decidiu-se repetir a Receita **RCO2**, para validar se de facto o **produto G**, é ou não necessário na Receita e, também para validação repetiu-se a Receita **RCO3**.

4.3 Ensaio 2 à escala laboratorial

Um dos objetivos deste ensaio era validar os resultados obtidos no **ensaio 1** (**RCO2** e **RCO3**). Além disso, a partir da Receita **RCO3**, modificou-se alguns produtos, numa tentativa de conseguir melhores resultados, originando as Receitas **RCO4** e **RCO5**.

Na **Tabela 5** temos a composição e o preço de cada Receita usadas neste ensaio.

Tabela 5. Composição das Receita de pré-tratamento do substrato celulósico de algodão usadas no ensaio 2 à escala laboratorial.

Produto	Cad Cel (g/kg)	RCO2' (g/kg)	RCO3' (g/kg)	RCO4 (g/kg)	RCO5 (g/kg)
A	40	40	20	20	20
B	10	10	10	10	10
C	125	125	150	125	125
D	30	30	30	30	30
E	10	10	22,5	25	25
F	25	25	–	–	–
G	15	–	–	–	15
Água	745	760	767,5	790	775
Custo Total (€/kg)	0,41	0,41	0,37	0,34	0,35

Na **Figura 30** temos a tendência da tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB de cada uma das cores estudadas no ensaio 2, em função da análise espetrofotométrica em comparação com as cores obtidas com a Receita padrão de pré-tratamento (Cad Cel). Na sua generalidade os desvios de tonalidade de cor estão muito homogéneos, sendo que cada uma das Receitas tem algumas cores com um maior desvio de tonalidade face às cores da Receita Cad Cel. É possível realçar que a cor 4 em todas as Receitas apresenta um grande desvio à origem.

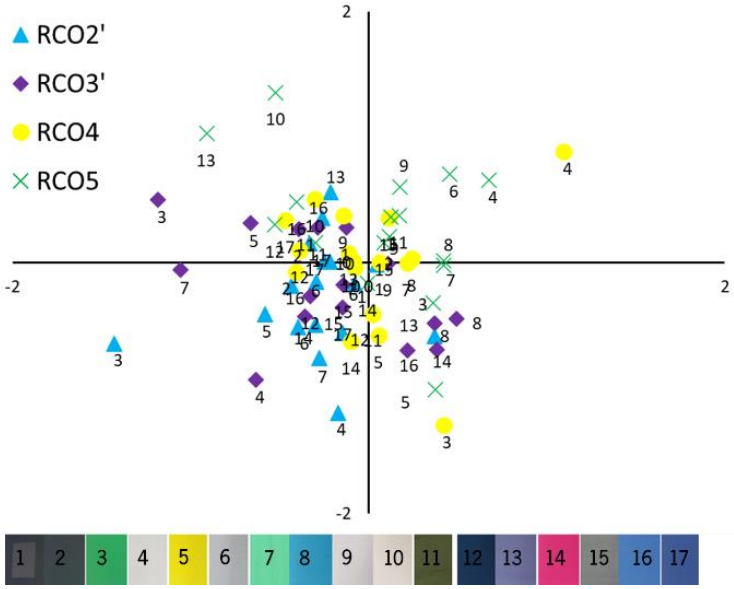


Figura 30. Tendência da tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 2 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO2', RCO3', RCO4 e RCO5 comparativamente com a Receita Cad Cel.

Analisando a representação gráfica da **Figura 31**, em que é possível avaliar a diferença de cor pelo **ΔE** nas Receitas de pré-tratamento testadas, verifica-se que a **RCO3'** e a **RCO4** são as Receitas

que apresentam um maior número de cores com uma menor diferença de cor comparativamente às cores da Receita Cad Cel, dado que ambas apresentam apenas três cores com **ΔE** superior a 1. Em ambas as Receitas (**RCO3'** e **RCO4**) as cores 3 e 4 são as mais críticas, sendo que para a Receita **RCO3'** a cor 7 também apresenta **ΔE** superior a 1, já na Receita **RCO4** é a cor 17. As outras duas Receitas, **RCO2'** e **RCO5**, apresentam cinco e seis cores, respetivamente, com **ΔE** superior a 1. Entre as quais as cores 3, 4, 6, 12 e 17 para a Receita **RCO2'** e as cores 4, 5, 6, 10, 12 e 13 para a Receita **RCO5**. Como previsto a cor 4 é a cor mais crítica em todas as Receitas, apresentando uma maior diferença de cor (**ΔE** superior a 1) e maiores desvios na tendência da tonalidade em relação às cores da Receita Padrão, como observado no gráfico anterior (**Figura 30**).

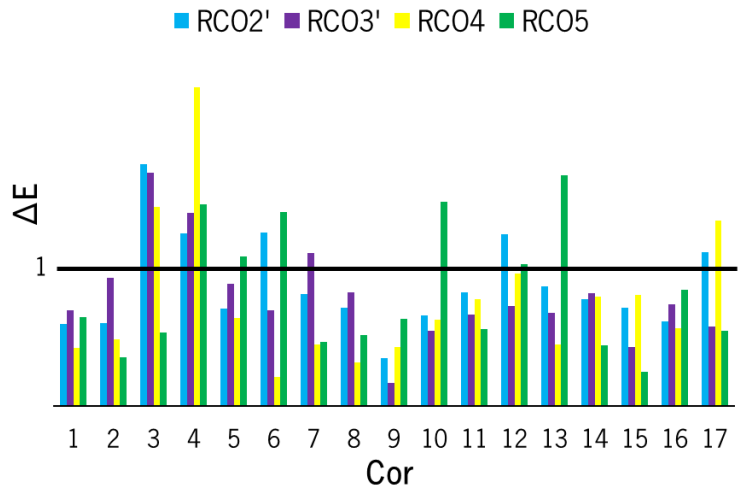


Figura 31. Representação gráfica da diferença de cor no sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 2 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO2', RCO3', RCO4 e RCO5 comparativamente com a Receita Cad Cel.

A diferença da intensidade da cor (**ΔL**) das quatro Receitas estudadas neste ensaio pode ser analisado na **Figura 32**. É legítimo dizer que na maior parte das cores não existem ganhos na intensidade da cor, ou seja, as cores das amostras revestidas com as Receitas de pré-tratamento estudadas durante este ensaio são praticamente todas mais claras que as cores da amostra revestida com a Receita padrão de pré-tratamento (Cad Cel).

As cores onde é possível constatar um aumento na intensidade da cor (valores de **ΔL** negativos) são a cor 4 (Receita **RCO2'** e **RCO3'**), a cor 5 (Receita **RCO5**), a cor 6 (Receita **RCO3'** e **RCO4**), a cor 9 (Receita **RCO4**), a cor 10 (Receita **RCO5**), a cor 13 (Receita **RCO3'**) e a cor 15 (Receita **RCO3'**). Perante estes resultados, apesar de não serem muito significativos, a Receita **RCO3'** é a que apresenta maiores ganhos na intensidade da cor comparativamente às cores da Receita Cad Cel.

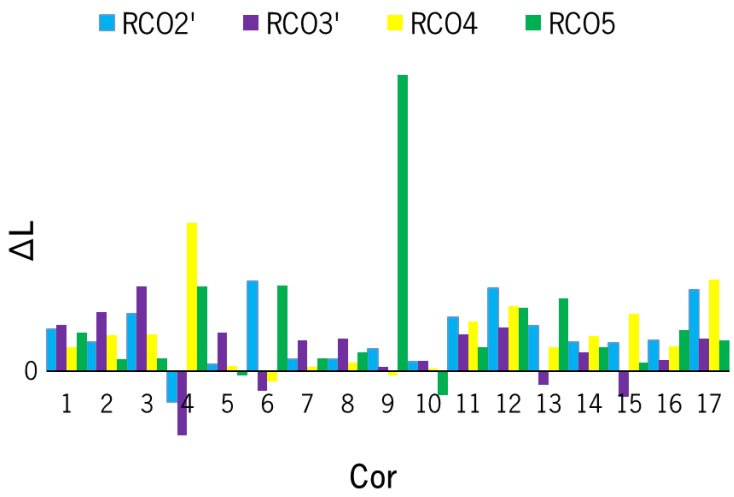


Figura 32. Representação gráfica da diferença de intensidade de cor no sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 2 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO2', RCO3', RCO4 e RCO5 comparativamente com a Receita Cad Cel.

Neste ensaio, nas Receitas repetidas, **RCO2'** e **RCO3'**, verificou-se que as duas não se comportaram da mesma maneira que no **ensaio 1**, dado que no **ensaio 2**, a Receita **RCO3'** apresentava maior rendimento colorístico que a Receita **RCO2'** face à Receita Cad Cel. Isto demonstra, que ambas não apresentam repetibilidade de resultados e que não vale a pena prosseguir com a sua repetição, uma vez que não cumprem com o objetivo pretendido.

Por conseguinte, a Receita Cad Cel continua a ser a mais benéfica, constatando assim que o custo acrescido acaba por compensar, dado que as cores são mais vivas. Além disso, percebeu-se que, de facto o **produto G** é essencial na Receita de pré-tratamento, dado que sem ele as cores ficam na sua maioria mais claras (**RCO2'**).

4.4 Ensaio 3 à escala laboratorial

Este ensaio tinha como objetivo principal testar a influência do aumento ou dimininuição da concentração do **produto A** (um espessante), **RCO6** e **RCO7** respetivamente. Além disso, testaram-se três outros espessantes presentes no mercado, de modo a ponderar uma possível mudança de

fornecedor deste produto (**RCO10** a **RCO16**). Entre os produtos testados o **produto H** é natural e o **I** e **J** são sintéticos.

É de notar que relativamente ao estudo da influência do **produto A**, testou-se ainda as Receitas (**RCO8** e **RCO9**) que foram criadas a partir da Receita **RCO4**. Sendo que a **RCO4** também foi repetida (**RCO4'**), apesar de não ter sido a melhor no resultado anterior, pretendeu-se testar novamente o seu potencial.

Nas **Tabela 6** e **7** temos a composição e o preço de cada Receita confecionada neste ensaio. As concentrações dos novos produtos testados neste ensaio foram estabelecidas com base em concentrações indicadas pelo fornecedor.

Tabela 6. Composição das Receita de pré-tratamento do substrato celulósico de algodão usadas no ensaio 3 à escala laboratorial.

Produto	Cad Cel (g/kg)	RCO4' (g/kg)	RCO6 (g/kg)	RCO7 (g/kg)	RCO8 (g/kg)	RCO9 (g/kg)
A	40	20	60	20	60	40
B	10	10	10	10	10	10
C	125	125	125	125	125	125
D	30	30	30	30	30	30
E	10	25	10	10	25	25
F	25	–	25	25	–	–
G	15	–	15	15	–	–
Água	745	790	725	765	750	770
Custo Total (€/kg)	0,41	0,34	0,46	0,36	0,45	0,40

Tabela 7. Composição das Receita de pré-tratamento do substrato celulósico de algodão usadas no ensaio 3 à escala laboratorial com os novos produtos.

Produto	RCO10 (g/kg)	RCO11 (g/kg)	RCO12 (g/kg)	RCO13 (g/kg)	RCO14 (g/kg)	RCO15 (g/kg)	RCO16 (g/kg)
H	100	–	–	–	–	–	–
I	–	20	40	60	–	–	–
J	–	–	–	–	50	100	150
B	10	10	10	10	10	10	10
C	125	125	125	125	125	125	125
D	30	30	30	30	30	30	30
E	25	10	10	10	10	10	10
F	–	25	25	25	25	25	25
G	–	15	15	15	15	15	15
Água	710	765	745	725	735	685	635
Custo Total (€/kg)	1,04	0,37	0,44	0,51	0,43	0,56	0,68

Na **Figura 33** é possível ver a tendência da tonalidade de cada uma das cores estudadas durante este ensaio em relação às cores da Receita padrão de pré-tratamento (Cad Cel). É possível

verificar que a cor 7 em várias das Receitas apresenta um grande desvio relativamente à origem, sendo que no caso das Receitas **RCO6**, **RCO12**, **RCO15** e **RCO16** tende para o verde, já nas Receitas **RCO4'**, **RCO7**, **RCO9** e **RCO11** tende para o vermelho. De salientar, que no seu global a Receita **RCO8** é a Receita que apresenta menores desvios na tendência de tonalidade face à Receita Cad Cel.

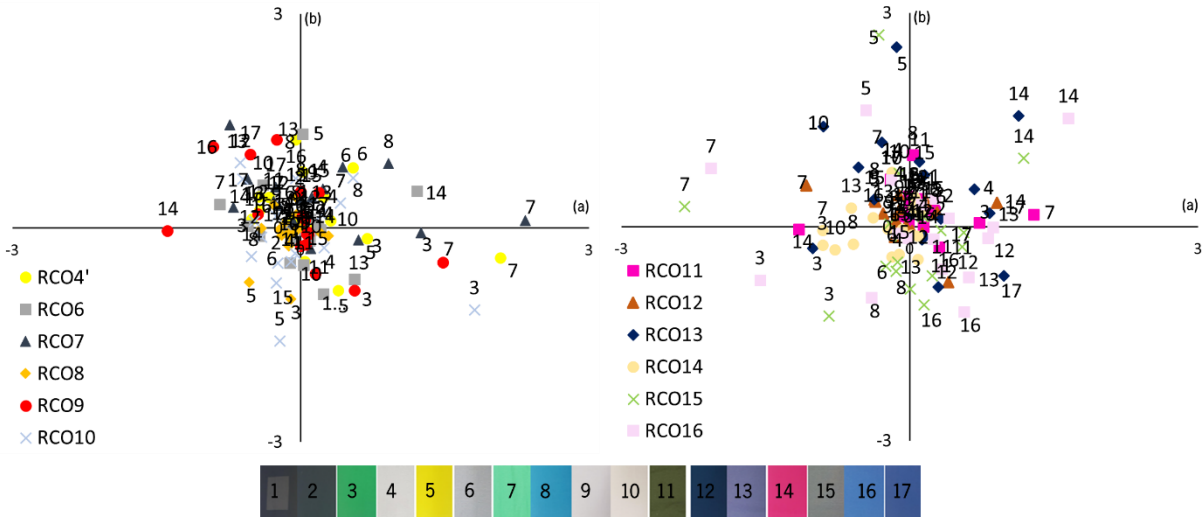


Figura 33. Tendência da tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 3 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO4', RCO6, RCO7, RCO8¸ RCO9, RCO10, RCO11¸ RCO12, RCO13, RCO14, RCO15 e RCO16 comparativamente com a Receita Cad Cel.

Iniciando a análise dos resultados da impressão pelo gráfico representado na **Figura 34**, em que temos representados os valores de **ΔE**, que indicam a diferença de cor em relação às cores da Receita Padrão. Das Receitas em que se manteve o **produto A**, constatou-se que a Receita **RCO8** é a Receita com menor diferença de cor comparada à Receita Padrão, dado que apenas tem dois valores com **ΔE** superior a 1 (cores 3 e 5), corroborando a análise da **Figura 33**. Além disso, averiguou-se que se aumentar a concentração do **produto A** para 60 g/kg (**RCO6**), havia uma menor diferença de cor relativamente à Receita Padrão, do que na Receita **RCO7**, onde se diminui a concentração para 20 g/kg. Pelo que se pode concluir que a presença do **produto A** é importante para o sucesso da impressão.

Na Receita **RCO10** em que temos a substituição do **produto A** pelo **produto H**, observa-se que as cores 1, 3, 5, 8, 12, 14 e 17, são as cores que apresentam uma maior diferença de cor face à Receita Cad Cel, dado que apresentam valores de **ΔE** superiores a 1.

A substituição do **produto A** pelo **produto I** nas Receitas **RCO11** e **RCO12** não demonstrou um grande desvio na diferença de cor relativamente às cores da Receita Cad Cel, porque em ambas, apenas quatro cores têm valores de **ΔE** superior a 1. Já na Receita **RCO13** a maior parte das cores

apresentam valores de **ΔE** superior a 1, pelo que esta Receita difere mais na cor comparativamente à Receita Cad Cel.

Finalizando a análise dos **ΔE**, com a substituição do **produto A** pelo **produto J**, a Receita com a menor concentração (**RCO14**) é a que se aproxima mais a nível de cor com a Receita Cad Cel, dado que tem apenas duas cores (cor 3 e 15) com **ΔE** superior a 1. À medida que se aumentava a concentração do **produto J**, as Receitas (**RCO15** e **RCO16**) apresentavam mais cores com valores de **ΔE** superiores a 1.

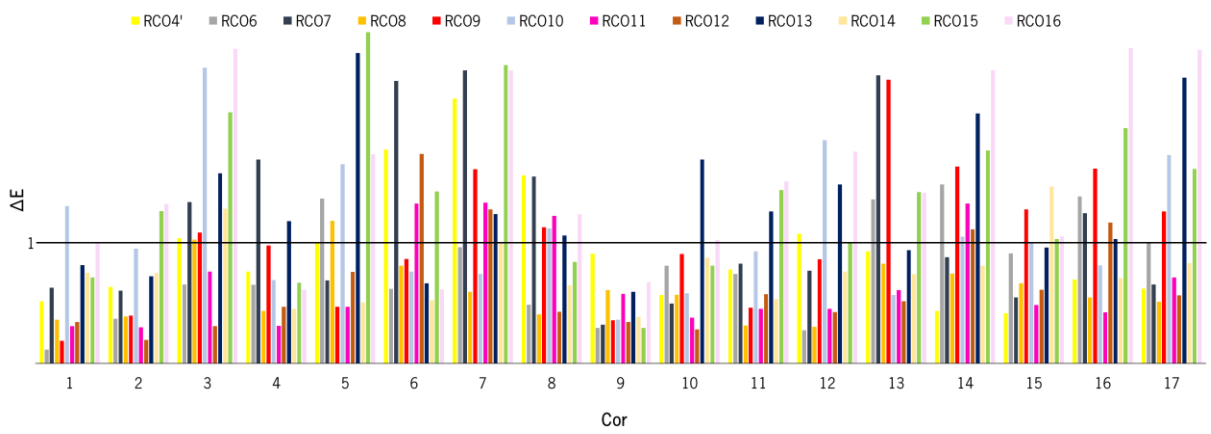


Figura 34. Representação gráfica da diferença de cor no sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 3 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO4', RCO6, RCO7, RCO8¸ RCO9, RCO10, RCO11¸ RCO12, RCO13, RCO14, RCO15 e RCO16 comparativamente com a Receita Cad Cel.

Fazendo uma apreciação geral dos valores de **ΔL** (**Figura 34**) já é possível ver bastantes casos de ganho na intensidade da cor, o que é um *upgrade* face aos primeiros ensaios. Nas Receita com o **produto A**, o aumento da concentração para 60 g/kg (**RCO6**) mostrou ser uma mais-valia para o aumento da intensidade da cor, já que apenas as cores 5 e 9 são mais claras (valores de **ΔL** positivos) do que as mesmas cores com a Receita Cad Cel.

No caso da substituição para os **produtos H** e **I**, a utilização do **produto H** em vez do **produto A** (**RCO10**), não se mostrou vantajosa em nenhum sentido, o preço excessivo não compensava os poucos ganhos na intensidade de cor que demonstrou. No caso do **produto I**, havia um aumento gradual na intensidade da cor com o aumento da concentração do mesmo. Todavia na Receita **RCO11**, a de concentração mais baixa de **produto I** (20 g/kg), só havia ganhos em duas cores (cor 12 e 15).

Por fim, a substituição para o **produto J** mostrou ser a mais vantajosa, dado que se obteve ganhos significativos na intensidade da cor em todas as concentrações estudadas (50, 100 e 150 g/kg) durante este ensaio. O que levantou a questão se seria possível reduzir a sua concentração e

obter igualmente bons resultados, dado que economicamente poderia ser um benefício, devido ao facto de ser um produto mais barato. Consequentemente o **ensaio 4** foi dedicado a esse estudo.

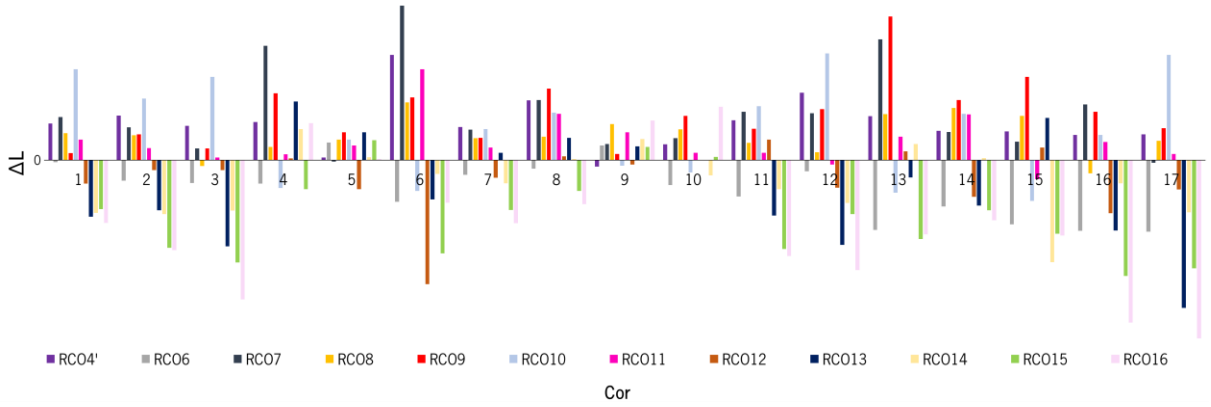


Figura 35. Representação gráfica da diferença de intensidade da cor no sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 3 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO4', RCO6, RCO7, RCO8¸ RCO9, RCO10, RCO11¸ RCO12, RCO13, RCO14, RCO15 e RCO16 comparativamente com a Receita Cad Cel.

Com a introdução da análise da saturação da cor (**ΔC**) neste ensaio, apurou-se que as Receitas com ganhos na intensidade da cor (**RCO6**, **RCO12**, **RCO13**, **RCO14**, **RCO15** e **RCO16**) também apresentavam cores mais limpas e saturadas, ou seja, apresentavam cores mais vivas. Isto porque se analisarmos a **Figura 36** verifica-se que no geral a maior parte das cores apresentam valores de **ΔC** positivos nessas Receita.

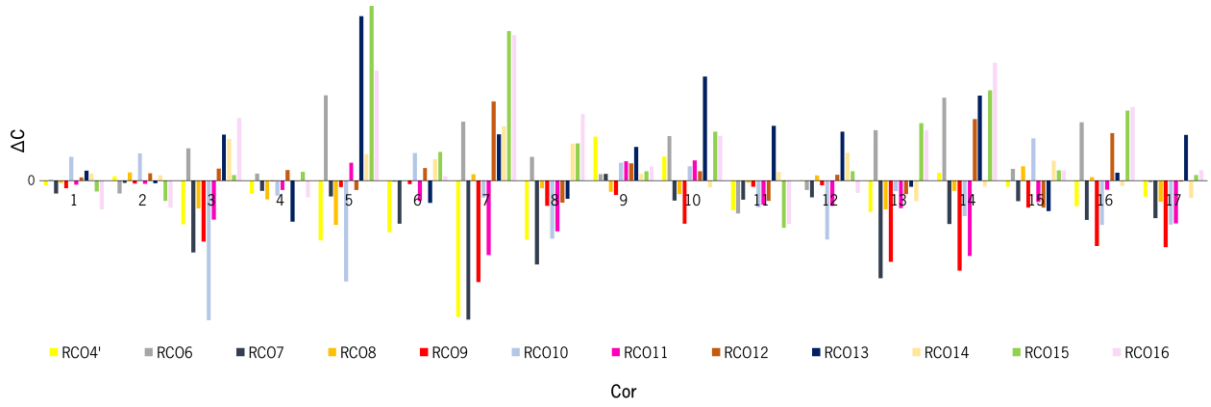


Figura 36. Representação gráfica da saturação da cor no sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 3 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO4', RCO6, RCO7, RCO8¸ RCO9, RCO10, RCO11¸ RCO12, RCO13, RCO14, RCO15 e RCO16 comparativamente com a Receita Cad Cel.

No que consta à Receita **RCO4'**, a Receita manteve no seu geral os mesmos resultados que no ensaio anterior, pelo que continua a não ser elegível para substituir a Receita Cad Cel, uma vez que têm rendimento coloristico inferior.

Contudo, este ensaio foi bastante promissor, dado que se criou a hipótese de uma possível mudança de fornecedor e a possibilidade da redução de 5% da quantidade de corante gasto anualmente, dado não ser preciso adicionar mais corante para vivificar a cor, uma vez que graças ao *coating*, o corante não vaza tanto para o avesso, ficando mais à superfície como pretendido.

4.5 Ensaio 4 à escala laboratorial

Este ensaio tinha como único objetivo a averiguação da fiabilidade da diminuição da concentração do **produto J**, ou seja, pretendeu-se estudar se utilizando valores abaixo da concentração mínima estabelecida pelo fornecedor, 40 e 20 g/kg, se continuaria a ter bons resultados. Dado que seria algo financeiramente benéfico, porque as Receitas seriam mais económicas que a Receita Cad Cel e utilizar-se-ia menores quantidades de produtos auxiliares, o que também seria algo bom para o ambiente.

Na **Tabela 8** temos a composição e o preço de cada Receita confecionada neste ensaio.

Tabela 8. Composição das Receita de pré-tratamento do substrato celulósico de algodão usadas no ensaio 4 à escala laboratorial.

Produto	Cad Cel (g/kg)	RCO17 (g/kg)	RCO18 (g/kg)
A	40	–	–
J	–	40	20
B	10	10	10
C	125	125	125
D	30	30	30
E	10	10	10
F	25	25	25
G	15	15	15
Água	745	745	765
Custo Total (€/kg)	0,41	0,41	0,36

Na **Figura 36** é possível verificar, segundo a análise espetrofotométrica, a tendência da variação tonalidade de cada uma das cores estudadas durante este ensaio. No seu global, a Receita **RCO17** é a que apresenta mais cores com desvios face à origem do gráfico. Também é possível observar que em ambas as Receitas (**RCO17** e **RCO18**) as cores 7 e 16 são as que mais se desviam.

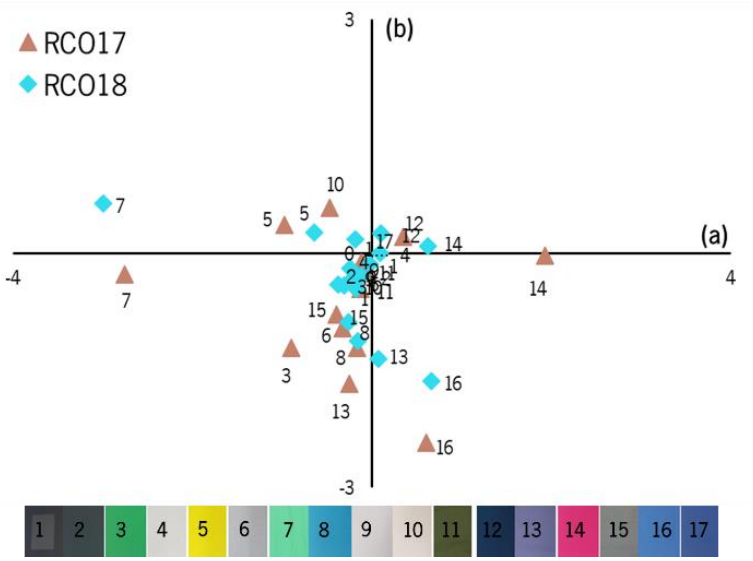


Figura 37. Tendência da tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 4 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO17 e RCO18 comparativamente com a Receita Cad Cel.

Observando a **Figura 38**, a Receita **RCO18** (menor concentração do **produto J**) apresenta menor diferença de cor do que a Receita **RCO17** face à Receita Padrão, sendo que em ambas as Receitas as cores 6, 7, 8, 13, 15 e 16 são críticas, dado apresentarem um **ΔE** superior a 1. Sendo que a **RCO17** ainda tem como cores críticas a 3, 4, 5 e 14. Estas observações corroboram as conclusões tiradas pela análise da **Figura 36**.

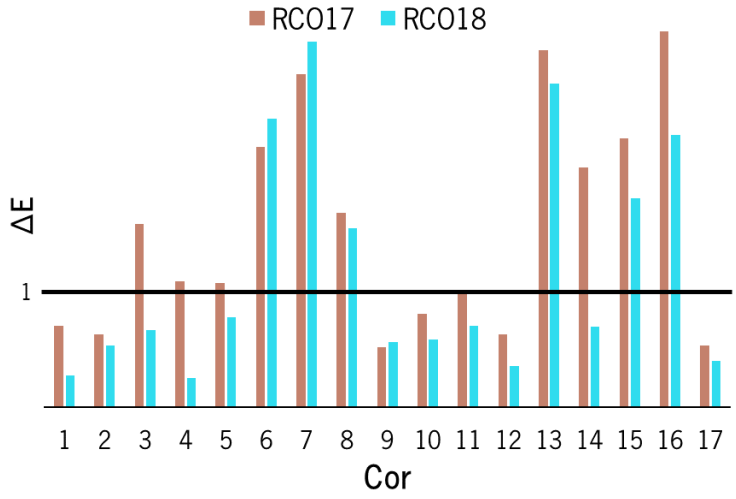


Figura 38. Representação gráfica da diferença da cor no sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 4 laboratorial da impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO17 e RCO18 comparativamente com a Receita Cad Cel.

Fazendo a análise da diferença de intensidade de cor entre as Receitas e a Receita Cad Cel, representada graficamente pelos valores de **ΔL** na **Figura 39**, observa-se à exceção das cores 12 e 17,

que existem ganhos na intensidade da cor em pelo menos uma das Receitas estudadas neste ensaio. Os resultados são, portanto, bastante satisfatórios, na medida em que é possível a diminuição da concentração do **produto J**, sem prejudicar o rendimento de cor, o que acarreta a vantagem da diminuição da utilização de produtos auxiliares, no caso da **RCO18**, e a diminuição do preço da Receita por kg para ambas as Receitas comparativamente à Receita Cad Cel. Este era um dos objetivos a alcançar neste ensaio e no estudo realizado nesta dissertação.

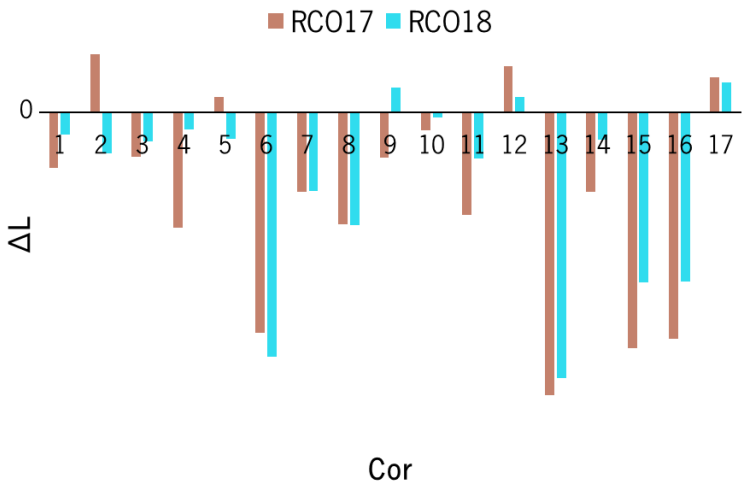


Figura 39. Representação gráfica da diferença de intensidade da cor no sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 4 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO17 e RCO18 comparativamente com a Receita Cad Cel.

Para complementar os bons resultados, a nível da saturação da cor, verifica-se que segundo os valores de **ΔC** representados na **Figura 40**, na maioria as cores apresentam valores de **ΔC** superiores a 0, ou seja, as cores são mais limpas e vivas.

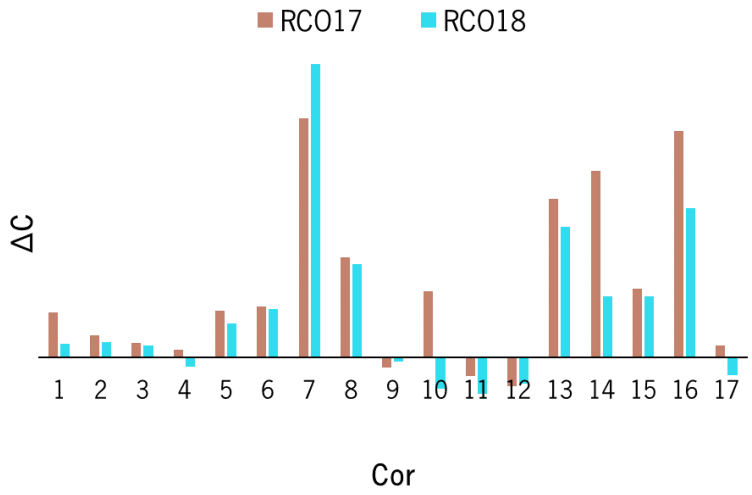


Figura 40. Representação gráfica da saturação da cor no sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 4 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO17 e RCO18 comparativamente com a Receita Cad Cel.

Este ensaio foi bastante encorajador para os restantes ensaios, dado que se deu um passo em frente para se aproximar do objetivo final. Assim sendo, nos próximos ensaios de testes em algodão para além do **produto A** irá ser utilizado o **produto J** como espessante, tendo-se optado por escolher a concentração média dos testes deste ensaio como concentração final. Todavia, primeiro, será testado se os novos **produtos I** e **J** têm também um bom funcionamento na viscose.

4.6 Ensaio 5 à escala laboratorial

Este ensaio à semelhança do **ensaio 3** (subcapítulo 4.4) tinha o objetivo de testar novos espessantes, que pudessem substituir a utilização do **produto A**. No entanto, neste ensaio trocou-se o substrato celulósico, ou seja, realizou-se testes num substrato 100% viscose. Outra alteração é que se optou por não testar o espessante natural (**produto H**) e só fazer um teste empregando o **produto A**, onde se aumentou a sua concentração.

Assim, na **Tabela 9**, temos representado a composição e o preço de cada Receita confecionada neste ensaio.

Tabela 9. Composição das Receita de pré-tratamento do substrato de viscose usadas no 5º ensaio à escala laboratorial.

Produto	Cad Visc (g/kg)	RCV1 (g/kg)	RCV2 (g/kg)	RCV3 (g/kg)	RCV4 (g/kg)	RCV5 (g/kg)	RCV6 (g/kg)	RCV7 (g/kg)
A	35	60	–	–	–	–	–	–
I	–	–	20	40	60	–	–	–
J	–	–	–	–	–	50	100	150
B	10	10	10	10	10	10	10	10
C	225	225	225	225	225	225	225	225
D	30	30	30	30	30	30	30	30
E	10	10	10	10	10	10	10	10
F	25	25	25	25	25	25	25	25
G	15	15	15	15	15	15	15	15
Água	650	625	665	645	625	635	585	535
Custo Total (€/kg)	0,50	0,56	0,47	0,54	0,61	0,53	0,66	0,78

Na **Figura 41** temos representado graficamente a tendência de variação da tonalidade das cores a partir dos valores da análise espetrofotométrica. No geral, a Receita **RCV6** foi a que apresentou mais cores com desvios maiores à origem do gráfico, indicando ser a Receita com maior diferença de cor em relação à Receita Cad Visc. As cores 9 e 17, no geral, são as cores que apresentam maior desvio de cor, tendendo para o azul ou para o vermelho.

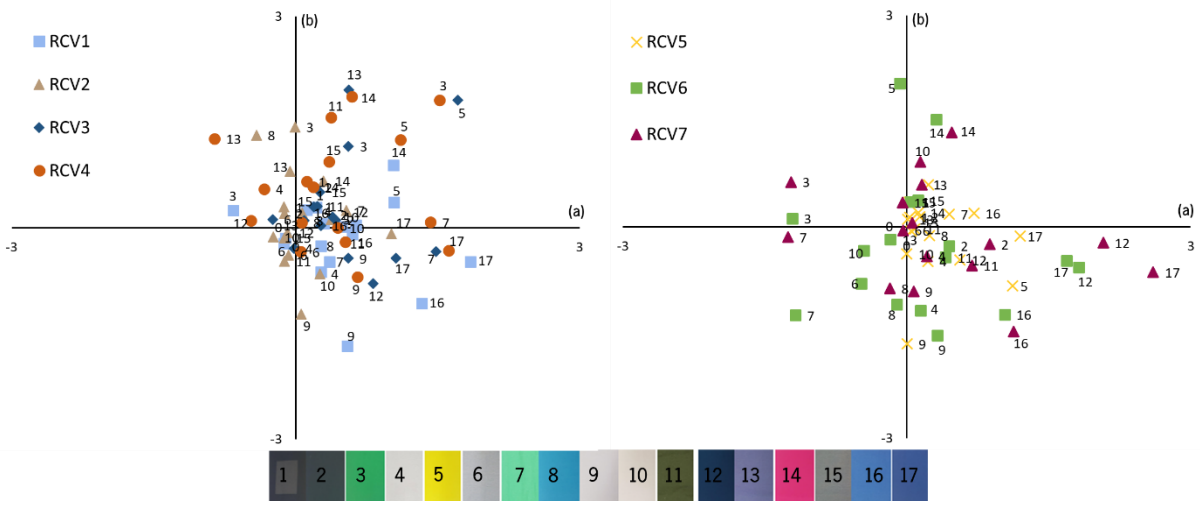


Figura 41. Tendência da tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 5 laboratorial da impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCV1, RCV2, RCV3, RCV4, RCV5, RCV6 e RCV7 comparativamente com a Receita Cad Visc.

Examinando a diferença de cor das Receitas usadas durante o ensaio (**Figura 42**), constatou-se que de facto que a Receita **RCV6** é a que apresenta mais cores com maior diferença de cor comparativamente à Receita Padrão, dado que de 82% das cores testadas apresentam valores de **ΔE** superior a 1. Já a Receita **RCV5** (50 g/kg do **produto J**) é a que tem mais cores semelhantes às cores

obtidas com a Receita padrão Cad Visc, já que só tem apenas cinco cores (4, 5, 9, 15 e 17) que apresentavam **ΔE** superior a 1. Como previsto, pela análise do gráfico anterior (**Figura 41**), a cor 9 é uma das cores mais críticas especialmente nas Receitas **RCV1**, **RCV2**, **RCV4**, **RCV5** e **RCV6**, todavia a cor mais crítica foi a 17, já que em todas as Receitas apresenta valores de **ΔE** superior a 1.

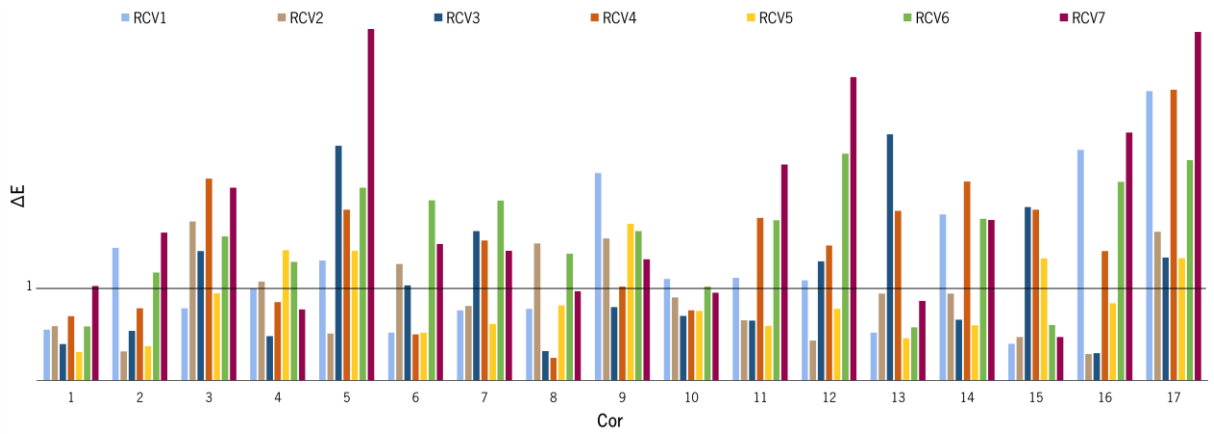


Figura 42. Representação gráfica da diferença da cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 5 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCV1, RCV2, RCV3, RCV4, RCV5, RCV6 e RCV7 comparativamente com a Receita Cad Visc.

Pela análise da **Figura 43**, na Receita **RCV1** o aumento da concentração do **produto A** é genericamente benéfico para a intensidade da cor, dado que só três cores (4, 8 e 15) apresentam valores de **ΔL** positivos. Já a substituição do **produto A** pelo **produto I** (**RCV2**, **RCV3** e **RCV4**), trouxe alguns ganhos na intensidade da cor, mas no geral não são muito substanciais.

À semelhança do que aconteceu no **ensaio 3** realizado em algodão, os melhores valores de **ΔL** ocorreram utilizando o **produto J**. Todavia, a 50 g/kg (**RCV5**) não se conseguem os resultados desejados, ou seja, só a partir de 100 g/kg (**RCV6**) é que se conseguem ganhos na intensidade da cor. Este fato é desanimador, dado que seria preciso uma maior concentração de produtos auxiliares, o que acartaria mais custos e não seria tão vantajoso ambientalmente.

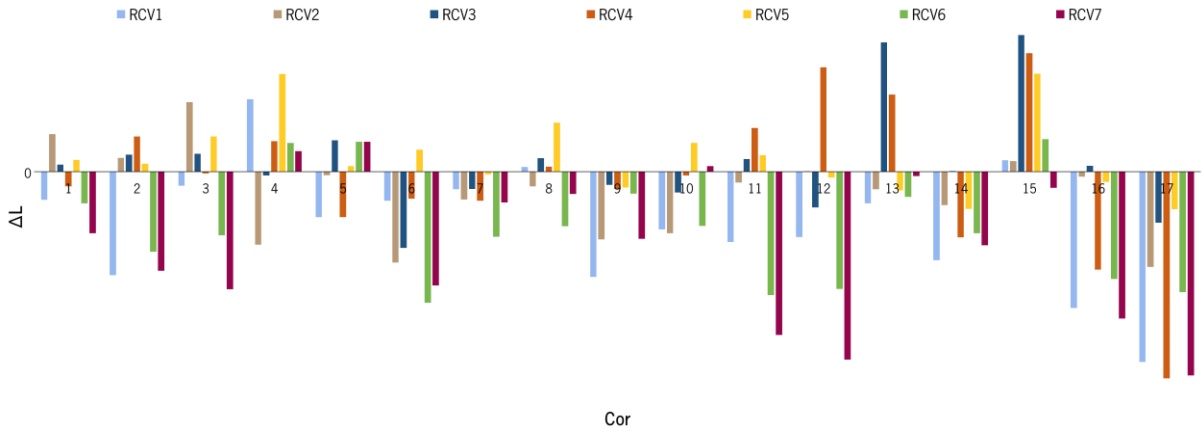


Figura 43. Representação gráfica da diferença da intensidade da cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 5 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCV1, RCV2, RCV3, RCV4, RCV5, RCV6 e RCV7 comparativamente com a Receita Cad Visc.

Além do mais, de maneira geral, em conformidade com o **ΔC (Figura 44)** as cores obtidas com o pré-tratamento de Cad Visc continuam a ser mais limpas e vivas. Porém, fazendo a média dos valores obtidos para cada cor com cada Receita, apenas nas Receitas **RCV6** e **RCV7** os valores eram positivos, indicando que apenas com estas Receitas se conseguiam cores mais vivas e limpas que com pré-tratamento com a Receita Cad Visc.

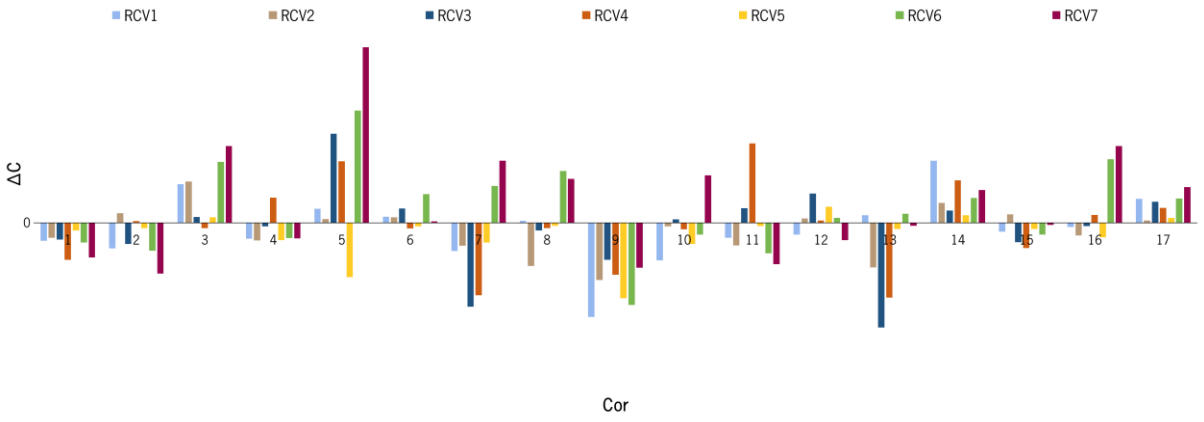


Figura 44. Representação gráfica da saturação da cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 5 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCV1, RCV2, RCV3, RCV4, RCV5, RCV6 e RCV7 comparativamente com a Receita Cad Visc.

Posto isto, ao contrário do ensaio do algodão, em que era possível ponderar a mudança de fornecedor, por se terem obtido bons resultados de rendimentos de cor a preços mais baixos e com menor uso de auxiliares, na viscose haveria um aumento de cerca de 32% no preço da Receita por kg, que corresponderia também ao uso de maiores quantidades de auxiliares para se conseguir chegar aos mesmos resultados de rendimento de cor que no algodão.

4.7 Ensaio 6 à escala laboratorial

Este ensaio tinha como objetivo a diminuição da concentração do **produto C** na Receita de pré-tratamento de substratos 100% de algodão. Assim, este ensaio foi realizado utilizando o **produto J** como espessante, tendo-se decidido utilizar a concentração de 30 g/kg, após o ensaio 4 realizado anteriormente.

Assim, na **Tabela 10**, temos representada a composição e o preço de cada Receita usadas durante este ensaio.

Tabela 10. Composição das Receita de pré-tratamento do substrato celulósico de algodão usadas no 6º ensaio à escala laboratorial.

Produto	Cad Cel (g/kg)	RCO19 (g/kg)	RCO20 (g/kg)	RCO21 (g/kg)	RCO22 (g/kg)
A	40	–	–	–	–
J	–	30	30	30	30
B	10	10	10	10	10
C	125	125	100	80	60
D	30	30	30	30	30
E	10	10	10	10	10
F	25	25	25	25	25
G	15	15	15	15	15
Água	745	755	780	800	820
Custo Total (€/kg)	0,41	0,38	0,36	0,34	0,32

A avaliação da tendência da tonalidade das cores deste ensaio pode ser observada na **Figura 45**. É possível observar que as cores 3 e 5, aparentam ser as mais críticas, dado que são as cores que mais se desviam da origem em todas as Receitas. No geral, a Receita **RCO22** é a que aparenta ter mais cores semelhantes às cores obtidas usando a Receita Cad Cel, uma vez que, na sua maioria, as cores não se desviam muito da origem.

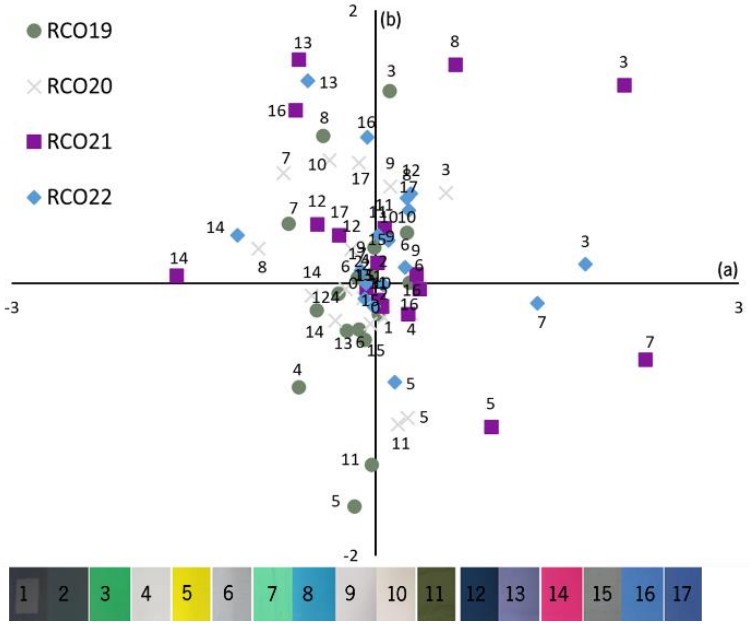


Figura 45. Tendência da tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 6 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO19, RCO20, RCO21 e RCO22 comparativamente com a Receita Cad Cel.

Analisando a diferença de cor segundo os valores de **ΔE** (**Figura 46**), detetou-se que a Receita **RCO21** (80 g/kg do **produto C**) é a que tem menos cores semelhantes ao padrão, já que só tem cinco cores (4, 9, 10, 12 e 17) com **ΔE** inferior a 1. As restantes Receitas (**RCO19**, **RCO20** e **RCO22**), apresentam todas nove cores com **ΔE** inferior a 1, sendo que as cores 5 e 6 são consideradas críticas, dado terem em todas as Receita um **ΔE** superior a 1.

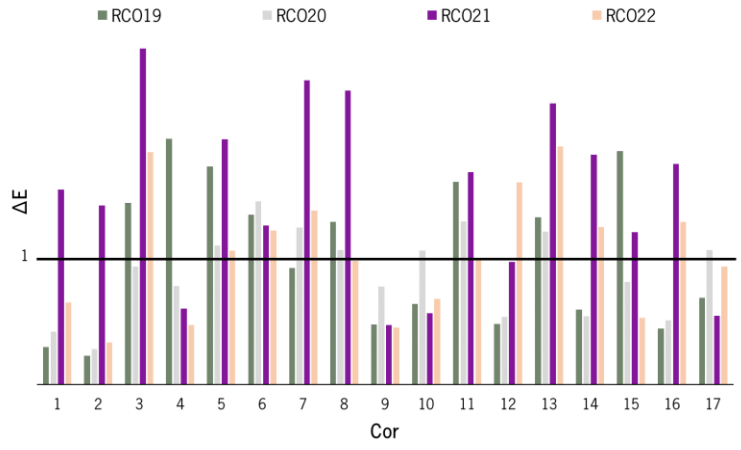


Figura 46. Representação gráfica da diferença da cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 6 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO19, RCO20, RCO21 e RCO22 comparativamente com a Receita Cad Cel.

À medida que se diminui a concentração do **produto C**, não se verificou melhorias na intensidade das cores (**Figura 47**), mas o oposto, tendo havido uma diminuição gradual da intensidade das cores, já que o **ΔL** apresentava cada vez mais valores positivos. Ou seja, à medida que se diminuía a concentração, as cores ficavam mais claras, o que não é o pretendido.

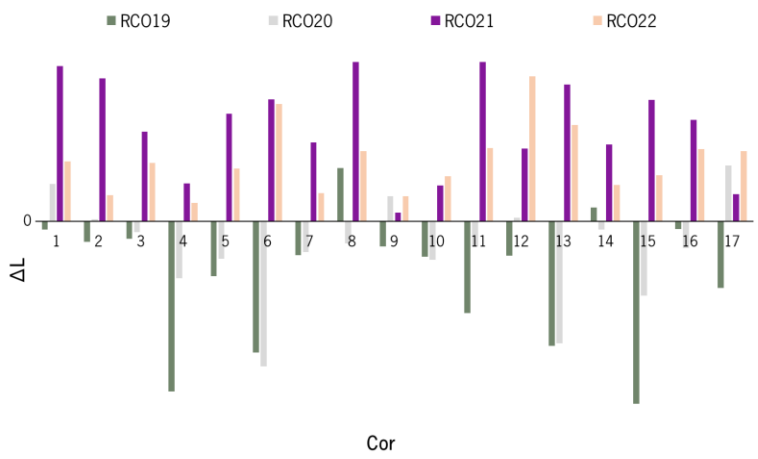


Figura 47. Representação gráfica da diferença da intensidade da cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 6 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO19, RC020, RC021 e RCO22 comparativamente com a Receita Cad Cel.

A análise da saturação das cores (**Figura 48**) veio confirmar o infortúnio deste ensaio, em que se verificou que no geral as Receitas apresentavam valores de **ΔC** negativos, pelo que a maior parte das cores não eram tão vivas como as cores obtidas com a Receita Cad Cel. Posto isto, concluiu-se que a concentração de **produto C** utilizada na Receita Cad Cel é a mais indicada para se obter cores mais vivas e intensas.

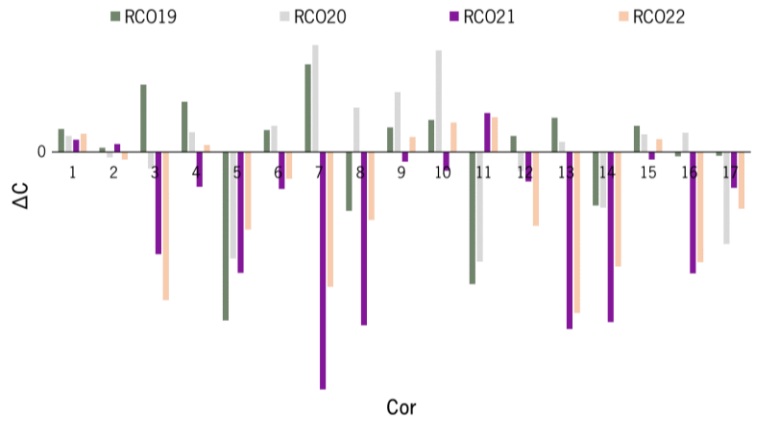


Figura 48. Representação gráfica da saturação da cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 6 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO19, RC020, RC021 e RCO22 comparativamente com a Receita Cad Cel.

4.8 Ensaio 7 à escala laboratorial

Este ensaio tinha o mesmo objetivo que o ensaio anterior, diminuir a quantidade do **produto C** utilizado, mas desta vez utilizando o substrato de viscose. Nestes testes como espessantes utilizaram-se os **produtos A** e **J**, com as concentrações estabelecidas como melhores no **ensaio 5**, por revelarem possuir mais intensidade de cor.

Assim, na **Tabela 11**, temos representada a composição e o preço de cada Receita preparada neste ensaio.

Tabela 11. Composição das Receita de pré-tratamento do substrato de viscose usadas no ensaio 7 à escala laboratorial.

Produto	Cad Visc (g/kg)	RCV1' (g/kg)	RCV8 (g/Kg)	RCV9 (g/kg)	RCV10 (g/kg)	RCV6' (g/kg)	RCV11 (g/kg)	RCV12 (g/kg)	RCV13 (g/kg)
A	35	60	60	60	60	–	–	–	–
J	–	–	–	–	–	100	100	100	100
B	10	10	10	10	10	10	10	10	10
C	225	225	200	175	150	225	200	175	150
D	30	30	30	30	30	30	30	30	30
E	10	10	10	10	10	10	10	10	10
F	25	25	25	25	25	25	25	25	25
G	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Água	650	625	650	675	700	585	610	635	660
Custo Total (€/kg)	0,50	0,56	0,54	0,51	0,49	0,66	0,63	0,61	0,58

A tonalidade das cores obtidas com as diferentes Receitas testadas foi estudada a partir do gráfico de coordenadas cartesianas, construído com os valores da análise espetrofotométrica (**Figura 49)**. A Receita **RCV13** destaca-se por ser a que tem mais cores a desviarem-se da origem, indicando poder ser a que apresenta maior diferença de cor em relação à Receita Cad Visc. A cor 7 aparenta ser a cor mais crítica, uma vez que em todas as Receitas está mais desviada da origem.

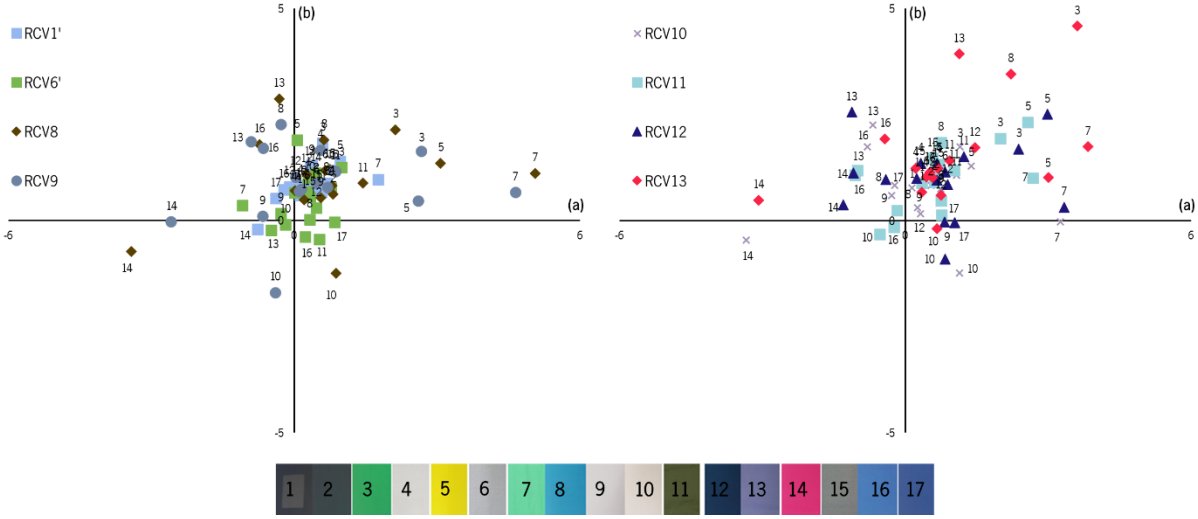


Figura 49. Tendência da tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 7 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RC1', RCV6', RCV8, RCV9, RCV10, RCV11, RCV12 e RCV13 comparativamente com a Receita Cad Visc.

Analisando a **Figura 50**, observa-se que apesar do que considerado anteriormente, a Receita **RCV13** não é a que mais difere a nível de cor em relação à Receita Cad Visc. Na verdade, as Receitas **RCV8** e **RCV12** são as que mais diferenças de cor apresentam, dado que nenhuma cor apresenta valores de **ΔE** inferiores a 1. As Receitas que revelaram uma menor diferença de cor foram as Receitas **RCV1'** e **RCV6'**, onde a alteração da composição era no **produto A** e não no **produto C**.

É possível verificar que à medida que se diminui a concentração do **produto C,** há um aumento da diferença de cor, com cerca de 90% das cores apresentaram um **ΔE** superior a 1.

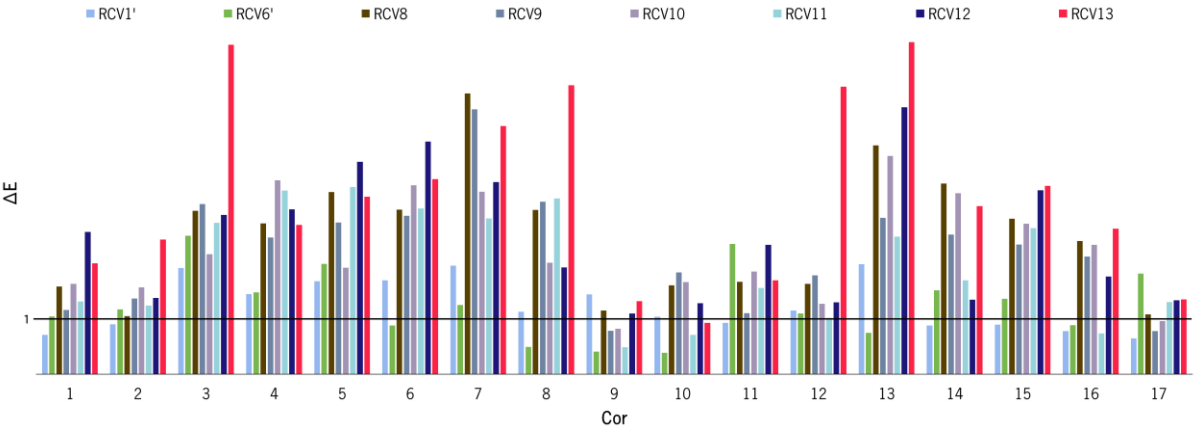


Figura 50. Representação gráfica da diferença da cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 7 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RC1', RCV6', RCV8, RCV9, RCV10, RCV11, RCV12 e RCV13 comparativamente com a Receita Cad Visc.

Examinando as Receitas repetidas (**RCV1'** e **RCV6'**) quanto ao seu **ΔL** (**Figura 51**), constatou-se que só a Receita **RCV6'** é consistente com o ensaio anterior. A Receita **RCV1'** não exibiu os resultados

promissores do **ensaio 5**, tendo-se observado uma diminuição na intensidade da cor, com 65% das cores mais claras que as obtidas com a Receita Cad Visc. Salienta-se que a Receita **RCV6'** é a que apresenta novamente cores com maior intensidade relativamente às cores obtidas com a Receita Cad Visc de pré-tratamento. Ou seja, a Receita **RCV6'**, continua a apresentar melhor rendimento colorístico que a Receita Cad Visc, o que mostra a sua repetibilidade e cumpre com um dos objetivos idealizados para este trabalho.

Desafortunadamente, tal como observado no ensaio anterior realizado no substrato de algodão, a diminuição da concentração do **produto C**, não acarreta benefícios no ganho da intensidade da cor. Verifica-se que à medida que se diminui a concentração do **produto C**, há uma diminuição da intensidade da cor, ou seja, no substrato de viscose a concentração do **produto C** utilizada na Receita Cad Visc é também a mais eficaz.

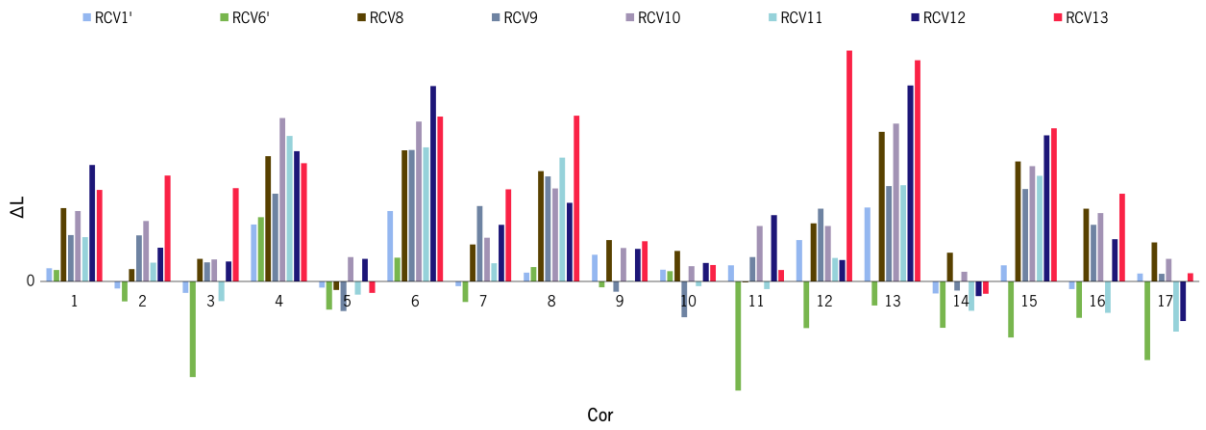


Figura 51. Representação gráfica da diferença da intensidade da cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 7 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RC1', RCV6', RCV8, RCV9, RCV10, RCV11, RCV12 e RCV13 comparativamente com a Receita Cad Visc.

Tal como na diferença da intensidade da cor (**ΔL**), a Receita **RCV10** é a que apresenta melhores resultados a nível de saturação, uma vez que apresenta de modo geral valores de **ΔC** positivos (**Figura 52**), ou seja, exibe cores mais vivas e intensas que quando usando o pré-tratamento com a Receita Cad Visc. Relativamente às restantes Receitas, a Receita Cad Visc ostenta cores mais vivas e intensas, ou seja, corrobora que na viscose também não é rentável a redução da concentração do **produto C**.

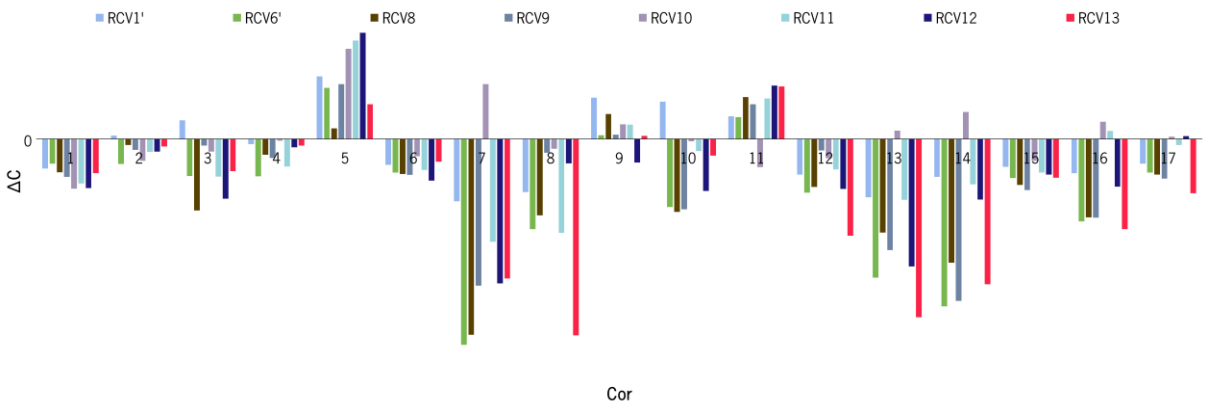


Figura 52. Representação gráfica da saturação das cores do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 7 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RC1', RCV6', RCV8, RCV9, RCV10, RCV11, RCV12 e RCV13 comparativamente com a Receita Cad Visc.

4.9 Ensaio 8 à escala laboratorial

Este ensaio tinha como principal objetivo fazer o varrimento da concentração de bases na Receita para substrato de 100% algodão, variando as concentrações dos **produtos E** e **F** e utilizando como espessantes os **produtos A** e **J**. Em cada um dos teste variou-se à vez a concentração de um dos produtos, aumentando ou reduzindo a concentração dos mesmos, enquanto se mantinha as concentrações dos restantes produtos.

Assim, nas **Tabelas 12** e **13**, temos representada a composição e o preço de cada Receita usadas durante este ensaio.

Tabela 12. Composição das Receita de pré-tratamento do substrato celulósico de algodão usadas no ensaio 8 à escala laboratorial.

Produto	Cad Cel (g/kg)	RCO23 (g/kg)	RCO24 (g/kg)	RCO25 (g/kg)	RCO26 (g/kg)
A	40	40	40	40	40
B	10	10	10	10	10
C	125	125	125	125	125
D	30	30	30	30	30
E	10	5	15	20	30
F	25	25	25	25	25
G	15	15	15	15	15
Água	745	750	740	750	740
Custo Total (€/kg)	0,410	0,407	0,414	0,406	0,415

Tabela 13. Composição das Receita de pré-tratamento do substrato celulósico de algodão usadas no ensaio 8 à escala laboratorial.

Produto	RCO19' (g/kg)	RCO27 (g/kg)	RCO28 (g/kg)	RCO29 (g/kg)	RCO30 (g/kg)
J	30	30	30	30	30
B	10	10	10	10	10
C	125	125	125	125	125
D	30	30	30	30	30
E	10	5	15	10	10
F	25	25	25	20	30
G	15	15	15	15	15
Água	755	760	750	760	750
Custo Total (€/kg)	0,382	0,378	0,385	0,377	0,386

Na **Figura 53** é possível observar o gráfico de coordenadas cartesianas, construído a partir dos valores da análise espetrofotométrica para a impressão em tecidos de algodão pré-tratados com as Receitas em estudo, sendo possível avaliar a tendência das tonalidades das cores. No global as cores das Receitas tendem para a origem, não existindo uma Receita que se realce. Todavia é possível salientar que as cores 3 e 7, na maioria das Receitas apresentam um maior desvio face à origem, apontando serem as cores mais críticas.

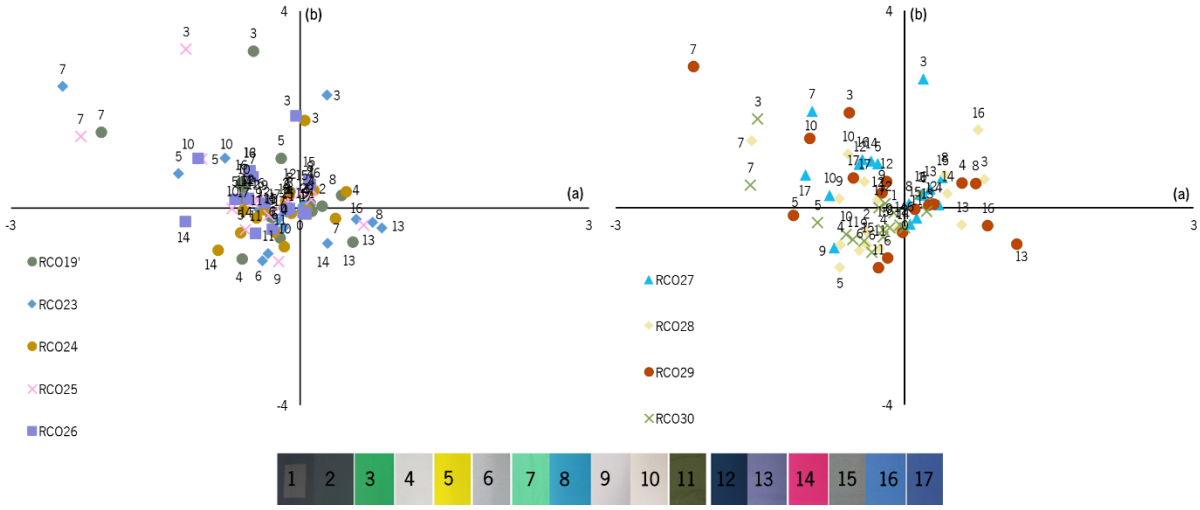


Figura 53. Tendência da tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 8 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO19', RCO23, RCO24, RCO25, RCO26, RCO27, RCO28, RCO29 e RCO30 comparativamente com a Receita Cad Cel.

Na **Figura 54** é possível examinar a diferença de cor, pela análise dos valores de **ΔE** das Receitas estudadas, onde as Receitas **RCO24** e **RCO30** revelaram possuir mais cores semelhantes à Receita Cad Cel, por apresentarem menos valores com **ΔE** superiores a 1. Já as Receitas **RCO23**, **RCO27**, **RCO28** e **RCO29** dispõe de mais de metade das cores com valores com **ΔE** superior a 1.

Sendo que, a cor 3, tal como observado na **Figura 53**, é a mais crítica, dado que em todas as Receita, o **ΔE** é superior a 1, pelo que existe maior diferença de cor.

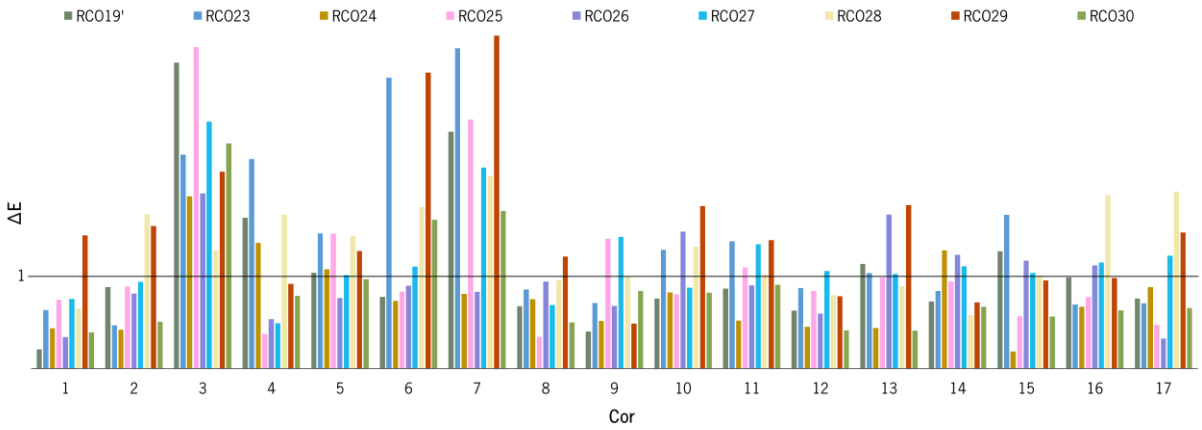


Figura 54. Representação gráfica da diferença de cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 8 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO19', RCO23, RCO24, RCO25, RCO26, RCO27, RCO28, RCO29 e RCO30 comparativamente com a Receita Cad Cel.

Em todas as Receitas onde se diminuiu a concentração de uma das bases ocorreram ganhos na intensidade da cor (**Figura 55**), sendo que existem duas Receitas, a **RCO23** (diminuição do **produto E**) e **RCO29** (diminuição do **produto F**), que se sobressaem no estudo da intensidade da cor através dos valores do **ΔL**, por terem cerca de 70% das cores com valores negativos. Ainda assim, a cor 8 é a única cor que não teve ganhos na intensidade de cor em nenhuma das Receitas. Além disso, foi possível verificar que a Receita **RCO19'** continuava a ter maior rendimento colorístico que Receita Cad Cel, tal como demonstrado no **ensaio 6**.

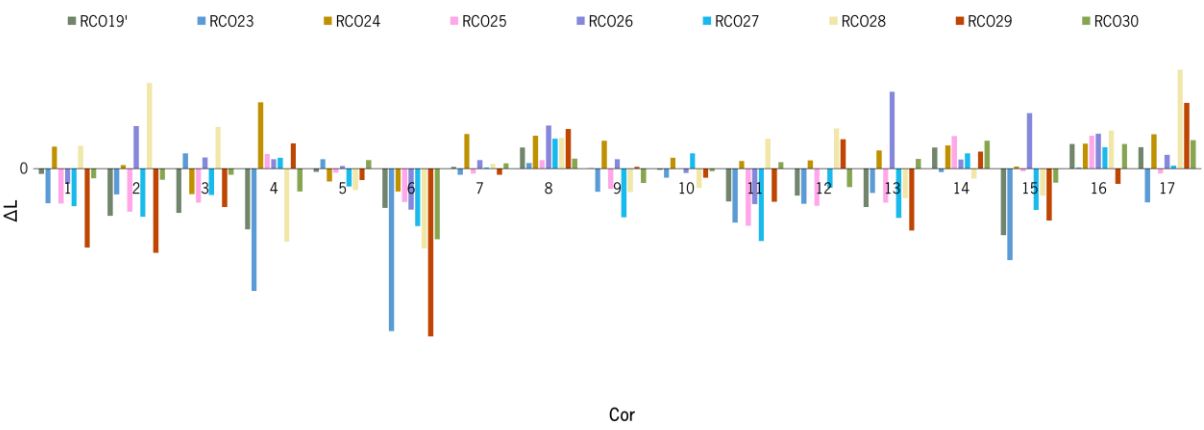


Figura 55. Representação gráfica da diferença de intensidade de cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 8 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO19', RCO23, RCO24, RCO25, RCO26, RCO27, RCO28, RCO29 e RCO30 comparativamente com a Receita Cad Cel.

Os valores da saturação da cor, avaliado pelos valores de **ΔC** representados na **Figura 56,** vêm complementar os resultados anteriores, dado que a Receita repetida (**RCO19'**) e as Receitas com menor concentração de base (**RCO23** e **RCO29**) apresentam cores mais vivas e limpas. Pelo que a partir deste ensaio, colocou-se a hipótese da diminuição da concentração de uma das bases na Receita. De salientar que as Receitas **RCO23** e **RCO29**, apresentavam espessantes diferentes, podendo ser esse o motivo de não atuarem de maneira igual face à diminuição do **produto E** ou do **produto F**.

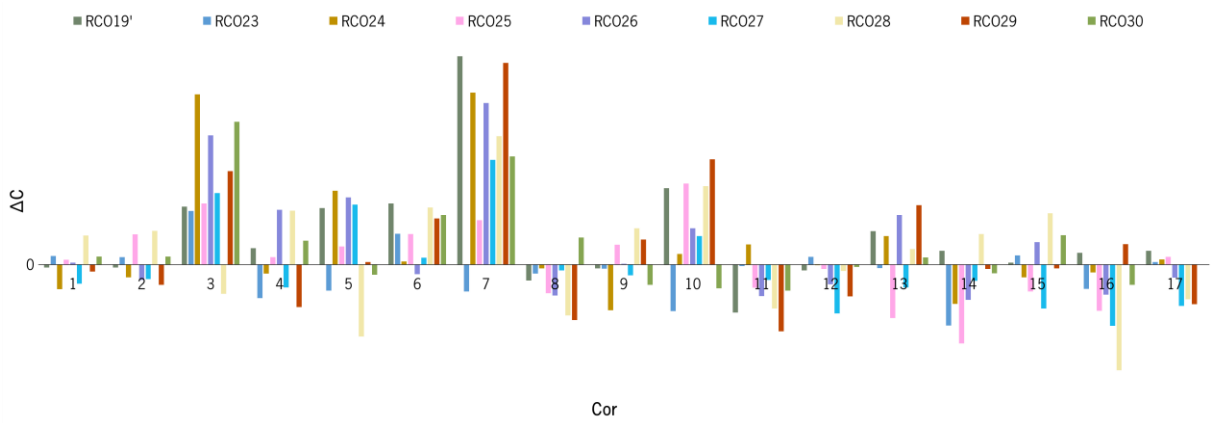


Figura 56. Representação gráfica da saturação das cores do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 8 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO19', RCO23, RCO24, RCO25, RCO26, RCO27, RCO28, RCO29 e RCO30 comparativamente com a Receita Cad Cel.

4.10 Ensaio 9 à escala laboratorial

Este ensaio, tal como no **ensaio 8**, tinha como principal objetivo fazer o varrimento da concentração das bases, mas utilizando o substrato de viscose, pelo que se variou as concentrações dos **produtos E** e **F**, utilizando como espessantes os **produtos A** e **J**. Ou seja, aumentou-se e diminuiu-se a concentração do **produto E,** mantendo a concentreção do **produto F**, e vice-versa.

Assim, nas **Tabelas 14** e **15**, temos representada a composição e o preço de cada Receita usadas neste ensaio.

Tabela 14. Composição das Receita de pré-tratamento do substrato celulósico de viscose usadas no ensaio 9 à escala laboratorial.

Produto	Cad Visc (g/kg)	RCV14 (g/kg)	RCV15 (g/kg)	RCV16 (g/kg)	RCV17 (g/kg)
A	35	35	35	35	35
B	10	10	10	10	10
C	225	225	225	225	225
D	30	30	30	30	30
E	10	5	15	20	30
F	25	25	25	25	25
G	15	15	15	15	15
Água	650	655	645	655	645
Custo Total (€/kg)	0,495	0,492	0,499	0,491	0,500

Tabela 15. Composição das Receita de pré-tratamento do substrato celulósico de viscose usadas no ensaio 9 à escala laboratorial.

Produto	RCV6'' (g/kg)	RCV18 (g/kg)	RCV19 (g/kg)	RCV20 (g/kg)	RCV21 (g/kg)
J	100	100	100	100	100
B	10	10	10	10	10
C	225	225	225	225	225
D	30	30	30	30	30
E	10	5	15	10	10
F	25	25	25	20	30
G	15	15	15	15	15
Água	585	590	580	590	580
Custo Total (€/kg)	0,655	0,652	0,659	0,651	0,660

A variação na tonalidade das cores obtidas na impressão usando cada uma das Receitas de pré-tratamento pode ser visualizada na **Figura 57** através do gráfico de coordenadas cartesianas, concebido a partir dos valores da análise espetrofotométrica. Pela análise do gráfico, retira-se que provavelmente a cor 5 é a cor mais crítica, uma vez que na maioria das Receitas se desvia da origem, sendo este facto particularmente visível nas Receitas **RCV6''**, **RCV18**, **RCV19** e **RCV20**. Potencialmente, a Receita **RCV18** é a Receita com maior diferença de cor relativamente às cores obtidas com a Receita Cad Visc.

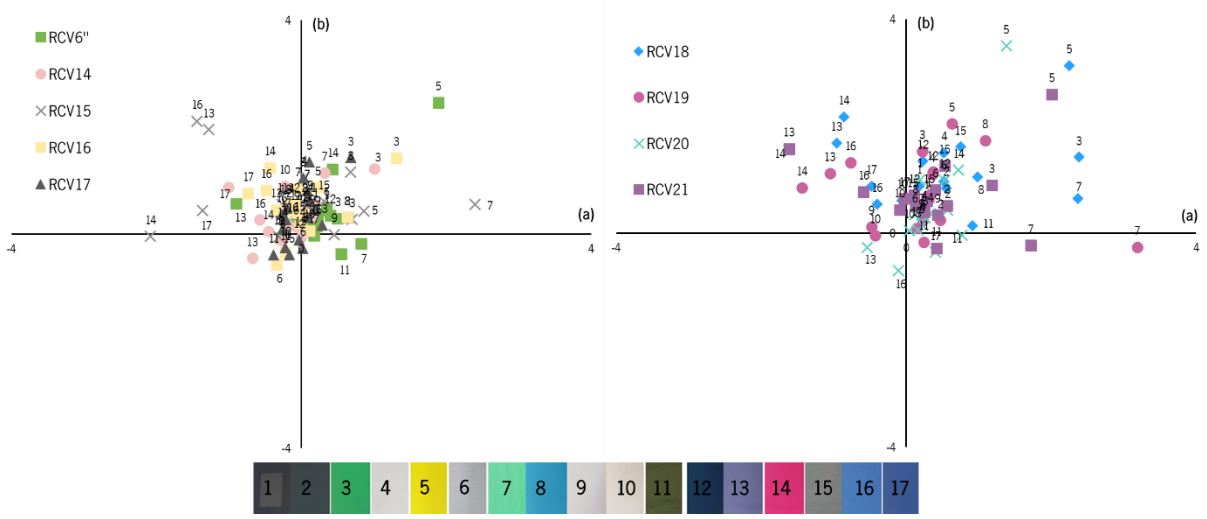


Figura 57. Tendência da tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 9 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCV6'', RCV14, RCV15, RCV16, RCV17, RCV18, RCV19, RCV20 e RCV21 comparativamente com a Receita Cad Visc.

De acordo com a **Figura 58**, contrariamente ao esperado, a cor 3 é a cor mais crítica, por apresentar em todas as Receitas um **ΔE** superior a 1. Tal como observado na **Figura 57**, de facto a Receita **RCV18** é a Receita onde as cores apresentam maior diferença de cor relativamente às cores obtidas com a Receita Cad Visc. Já as Receitas **RCV14** e **RCV17**, são as Receitas que apresentam uma menor diferença de cor comparativamente à Receita Cad Visc, dado apresentarem apenas cinco cores com **ΔE** superior a 1.

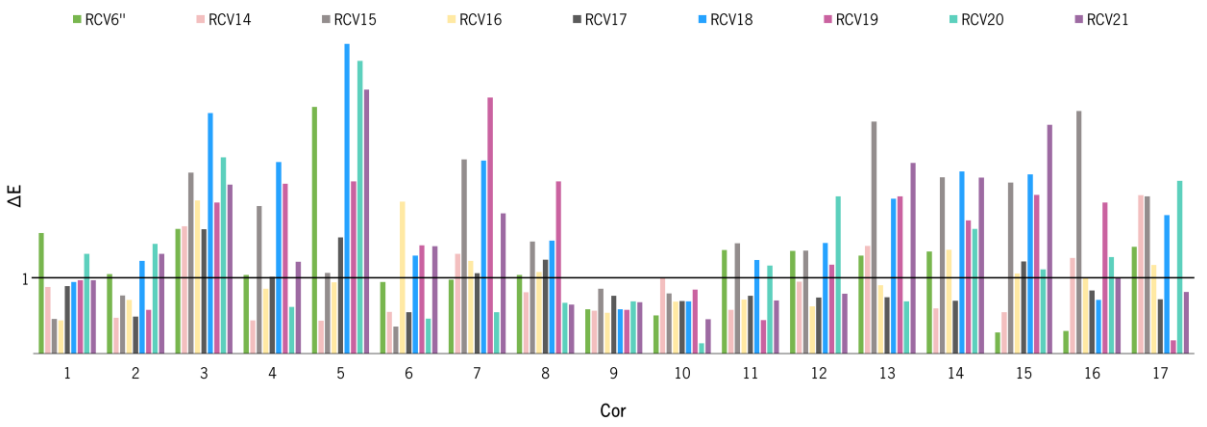


Figura 58. Representação gráfica da diferença da cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 9 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCV6'', RCV14, RCV15, RCV16, RCV17, RCV18, RCV19, RCV20 e RCV21 comparativamente com a Receita Cad Visc.

No que toca aos valores de **ΔL** que avaliam a intensidade da cor (**Figura 59**), verificam-se ótimos resultados nas Receitas onde se diminuiu a concentração do **produto F**, **RCV16** e **RCV20**, sendo estas das Receitas com maiores ganhos na intensidade da cor, juntamente com a **RCV6''**, que continua

a demonstrar consistência nos resultados ao longo destes ensaios. De mencionar que em todas as cores existe pelo menos uma Receita, que apresenta maior intensidade de cor comparativamente às cores da Receita Cad Visc.

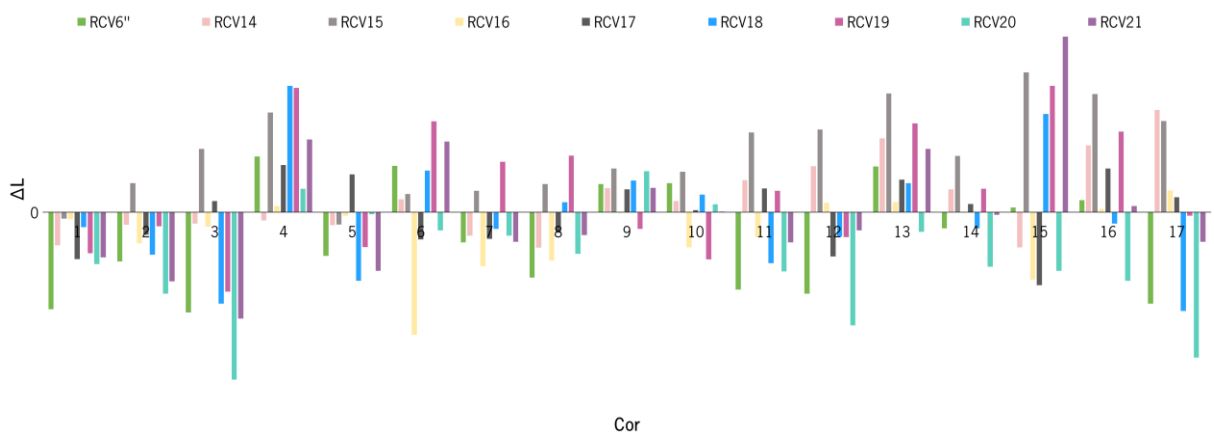


Figura 59. Representação gráfica da diferença da intensidade da cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 9 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCV6'', RCV14, RCV15, RCV16, RCV17, RCV18, RCV19, RCV20 e RCV21 comparativamente com a Receita Cad Visc.

A partir da **Figura 60**, estudou-se a saturação da cor a partir dos valores de **ΔC** e constatou-se que a Receita **RCV20** é a Receita que na sua maioria exibe cores mais limpas e vivas comparativamente às cores da Receita Padrão. Pelo que, podemos ponderar a hipótese de diminuir a concentração do **produto F** no futuro.

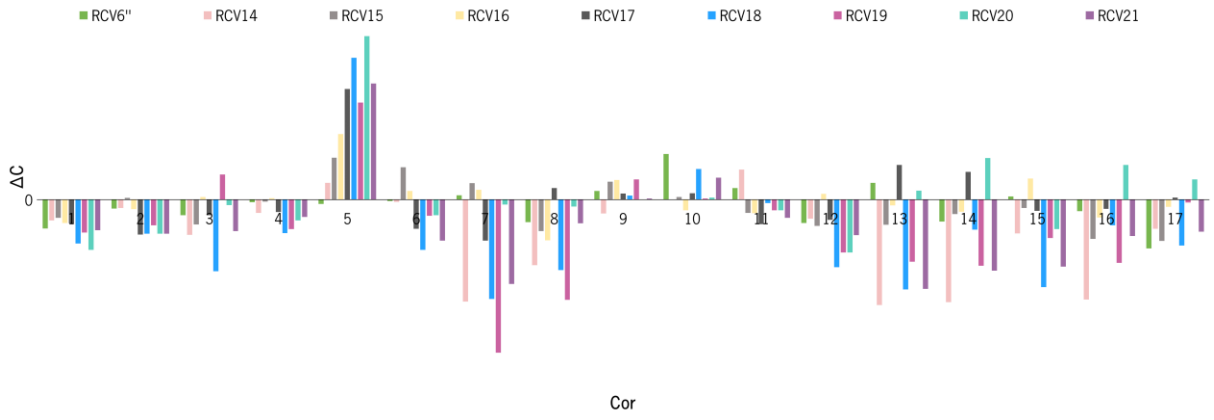


Figura 60. Representação gráfica da diferença da saturação das cores do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 9 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCV6'', RCV14, RCV15, RCV16, RCV17, RCV18, RCV19, RCV20 e RCV21 comparativamente com a Receita Cad Visc.

4.11 Ensaio 10 à escala laboratorial

Este ensaio é a continuação do **ensaio 8** sobre o varrimento da concentração das bases, em que tentou-se perceber a viabilidade de diminuir ainda mais a concentração dos **produtos E** e **F**, utilizando os **produtos A** e **J** como espessantes, em substrato 100% algodão.

Assim, na **Tabela 16**, temos representada a composição e o preço de cada Receita confecionada neste ensaio.

Tabela 16. Composição das Receitas de pré-tratamento do substrato celulósico de algodão usadas no ensaio 10 à escala laboratorial.

Produto	Cad Cel (g/kg)	RCO23' (g/kg)	RCO31 (g/kg)	RCO32 (g/kg)	RCO33 (g/kg)	RCO29' (g/kg)	RCO34 (g/kg)	RCO35 (g/kg)	RCO36 (g/kg)
A	40	40	40	40	40	–	–	–	–
J	–	–	–	–	–	30	30	30	30
B	10	10	10	10	10	10	10	10	10
C	125	125	125	125	125	125	125	125	125
D	30	30	30	30	30	30	30	30	30
E	10	5	–	5	10	10	10	5	–
F	25	25	25	20	15	20	15	20	25
G	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Água	745	750	755	755	755	760	765	765	765
Custo Total (€/kg)	0,410	0,407	0,404	0,403	0,402	0,377	0,373	0,374	0,375

Atendendo ao gráfico de coordenadas cartesianas (**Figura 61**), elaborado a partir dos valores da análise espetrofotométrica, é possível observar a tendência das tonalidades das cores neste ensaio. É visível os desvios de cor da Receita **RCO31**, pelo que esta Receita possivelmente é a que irá apresentar maiores diferenças de cor em relação à Receita Cad Cel.

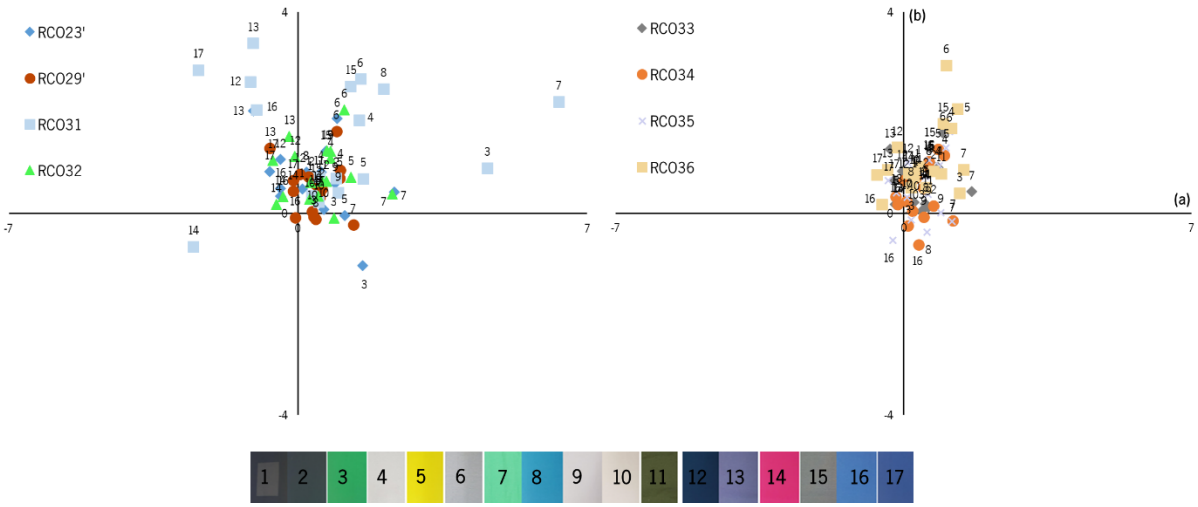


Figura 61. Tendência da tonalidade nas coordenadas a* e b* do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 10 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO23', RCO29', RCO31, RCO32, RCO33, RCO34, RCO35 e RCO36 comparativamente com a Receita Cad Cel.

Na **Figura 62**, como previsto, apurou-se que a Receita **RCO31** é a Receita com maiores diferenças de cor comparativamente com cores obtidas com a Receita Cad Cel, em que apenas a cor 10 apresentava **ΔE** inferior a 1. Já a Receita **RCO29'** foi a única Receita onde menos de metade das cores apresentavam valores de **ΔE** superiores a 1, pelo que é a Receita que mais se assemelha à Receita Cad Cel. Destacam-se as cores 4, 5, 6 e 7 como as mais críticas, por disporem só de valores de **ΔE** superiores a 1 em todas as Receitas.

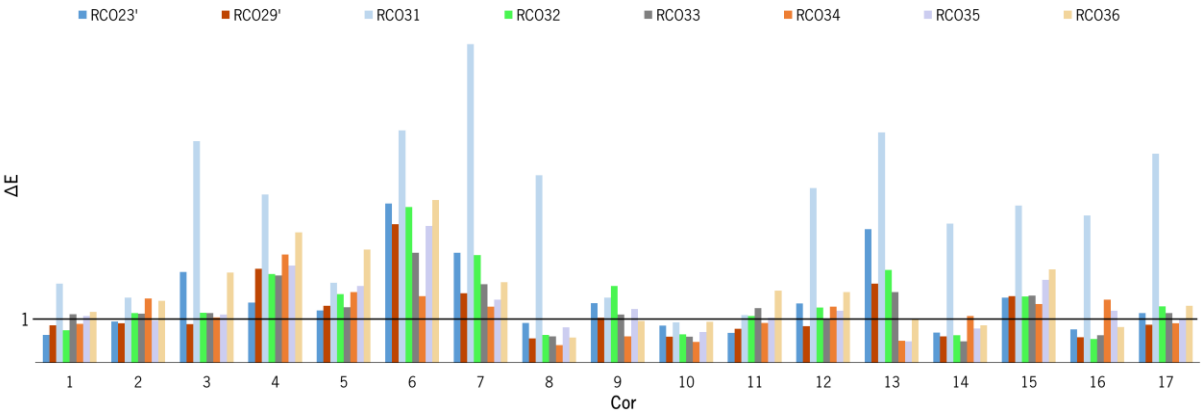


Figura 62. Representação gráfica da diferença de cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 10 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO23', RCO29', RCO31, RCO32, RCO33, RCO34, RCO35 e RCO36 comparativamente com a Receita Cad Cel.

As Receita **RCO23'** e **RCO29'** não mantiveram os bons resultados do **ensaio 8**, uma vez que os valores de **ΔL** aumentaram (**Figura 62**), indicando que as cores são mais claras, pelo que se pode considerar que estas Receitas não apresentam repetibilidade. Comparativamente com os ensaios

anteriores, nestes testes não existiram tantos ganhos na intensidade da cor, tendo-se verificado os maiores ganhos na **RCO34**.

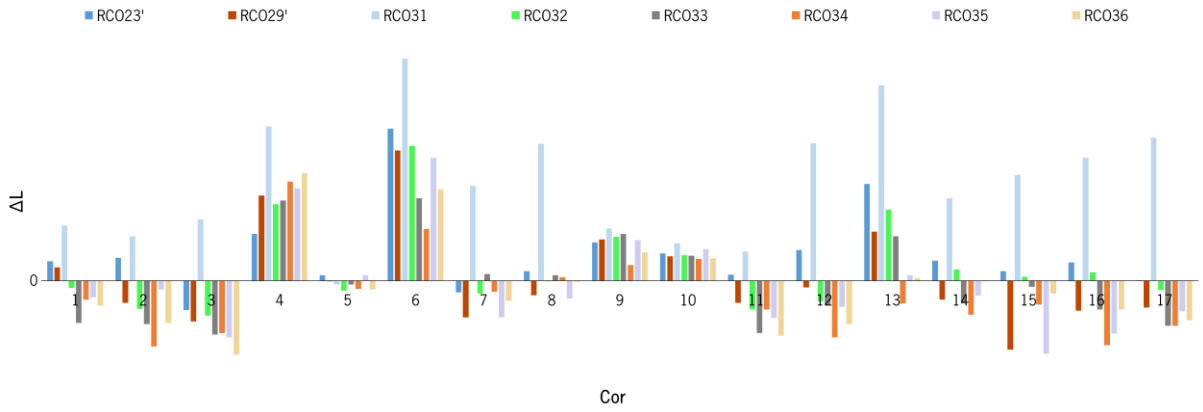


Figura 63. Representação gráfica da diferença de intensidade de cor do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 10 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO23', RC029', RCO31, RCO32, RCO33, RCO34, RCO35 e RCO36 comparativamente com a Receita Cad Cel.

Pela análise da saturação da cor na **Figura 64**, percebeu-se que a Receita Cad Cel apresenta cores mais limpas e vivas que as Receitas estudadas neste ensaio, uma vez que a maioria dos valores de **ΔC** são negativos. Pelo que a partir deste ensaio, constatou-se que não era possível diminuir ainda mais a concentração da base, sendo que as Receitas repetidas (**RCO23'** e **RCO29'**) não demostraram repetibilidade como analisado anteriormente pela diferença de intensidade de cor, ou seja, podem de facto não ser tão boas como o que se tinha assumido, existindo a hipótese de não ser possível a diminuição da concentração das bases.

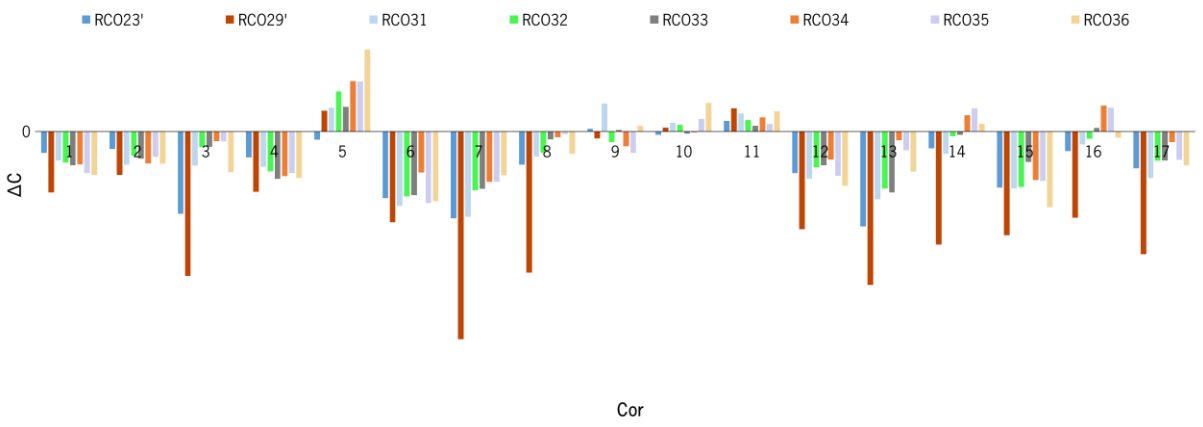


Figura 64. Representação gráfica da saturação das cores do sistema de cor CIELAB das amostras do ensaio 10 laboratorial na impressão com o pré-tratamento com as Receitas RCO23', RC029', RCO31, RCO32, RCO33, RCO34, RCO35 e RCO36 comparativamente com a Receita Cad Cel.

4.12 Testes Controlo de Qualidade

De entre todos os ensaios estudados, selecionaram-se as amostras revestidas com as Receitas de pré-tratamento, onde a média dos valores de **ΔL** das 17 cores era inferior a -0,50, por ser considerado um elevado rendimento colorístico. Posto isto, as Receitas **RCO14**, **RCO17**, **RCO18**, **RCV1**, **RCV6**, **RCO23**, **RCO29** e **RCV20** foram testadas no Laboratório de Controlo de Qualidade.

4.12.1 Testes de Fricção a Seco e Húmido

Na **Tabela 17** temos apresentado os valores na escala de cinzentos dos testes de fricção a seco e húmido de cada uma das Receitas indicadas acima, obtidos a partir da análise espetrofotométrica do manchamento.

Tabela 17. Valores da escala de cinzentos das cores dos tecidos impressos com diferentes pré-tratamentos, obtidos pela análise espetrofotométrica nos testes de fricção.

	Fricção a Seco	Fricção a Húmido
RCO14	4-5	4-5
RCO17	5	4-5
RCO18	4-5	5
RCV1	4-5	4-5
RCV6	5	4-5
RCO23	5	5
RCO29	5	5
RCV20	5	4-5

De acordo com o caderno de encargos interno estipulado, os valores de manchamento no teste de fricção a seco deverá ter no mínimo um grau de 4 e no teste de fricção a húmido um grau mínimo de 2-3. De acordo com os testes acima apresentados, verifica-se que todos passam no teste e com resultados considerados muito bons, onde o valor mínimo é de 4-5, o que indica que as amostras tanto a seco como húmido têm pouca tendência a perder a cor quando sujeitas à fricção. Face a estes resultados consideraram-se as Receitas **RCO23** e **RCO29** como as melhores Receitas para o substrato de algodão e as Receitas **RCV6** e **RCV20** para o substrato de viscose.

4.12.2 Testes de Solidez à Lavagem

Na **Tabela 18** temos apresentado os valores na escala de cinzentos de cada uma das fibras do testemunho para cada Receita, obtidos a partir da análise espetrofotométrica do manchamento.

Tabela 18. Valores da escala de cinzentos dos testemunhos multifibras 2DW, obtidos pela análise espetrofotométrica nos testes de solidez à lavagem.

	WO	PAC	PE	PA	CO	CA
RCO14	4-5	5	5	4-5	4-5	5
RCO17	4-5	5	5	4-5	5	5
RCO18	4-5	5	5	4-5	4-5	5
RCV1	4-5	5	4-5	4	4-5	5
RCV6	4-5	5	4-5	3-4	4-5	5
RCO23	4-5	5	5	4-5	5	5
RCO29	4-5	5	5	4-5	5	5
RCV20	4-5	5	4-5	4	5	4-5

De acordo com o caderno de encargos interno estipulado, os valores de manchamento no teste de solidez à lavagem deverá ter no mínimo um grau de 3-4, assim sendo, pela análise da **Tabela 18** verifica-se que todas as amostras passariam no teste. No geral, todos os testes têm valores na escala de cinzentos bastante bons, entre os quais destaca-se a fibra de poliacrílico (PAC) que obteve em todas as Receitas um grau de 5, ou seja, esta fibra não é manchada quando lavada juntamente com nenhuma das amostras. Por outro lado, a poliamida (PA) é a fibra onde se registam os valores mais baixos, sendo mais suscetível a ser manchada, especialmente no que toca às amostras do substrato de viscose. Segundo estes resultados considerou-se as Receitas **RCO17** e **RCO29** como as melhores Receitas para o substrato de algodão e a **RCV1** e **RCV20** para o substrato de viscose.

4.13 Receitas Otimizadas e o seu Impacto Financeiro

Face a todos os resultados quantitativos acima apresentados, estipularam-se as Receitas apresentadas na **Tabela 19** como as consideradas otimizadas, para o algodão escolheu-se a **RCO29** e para a viscose a **RCV20**. Conjuntamente, devido à dificuldade do tratamento quantitativo da análise das cores dos desenhos, os mesmos foram analisados visualmente na caixa de luz tendo em conta a definição e o corte das linhas e o vazamento das cores no avesso do estampado. Tendo-se verificado que em todos os desenhos estampados, as amostras otimizadas apresentaram resultados melhores ou semelhantes comparativamente à Receita utilizada atualmente.

Tabela 19. Composição e custos das Receitas de pré-tratamento Padrão e Otimizadas para os substratos de algodão e viscose.

Produto	Receita Padrão CO (g/kg)	Receita Otimizada CO (g/kg)	Receita Padrão CV (g/kg)	Receita Otimizada CV (g/kg)
A	40	—	35	–
J	—	30	—	100
B	10	10	10	10
C	125	125	225	225
D	30	30	30	30
E	10	10	10	10
F	25	20	25	20
G	15	15	15	15
Água	745	760	650	625
Custo Total (€/kg)	0,41	0,38	0,50	0,65

De modo a avaliar se de facto seria benéfico financeiramente a mudança das Receitas Padrão dos substratos de algodão e viscose, realizou-se um estudo sobre o impacto financeiro de uma possível mudança na empresa. Além disso, perante os resultados obtidos surgiu a possibilidade da diminuição da quantidade de corante utilizada em 5%, face aos resultados da intensidade do rendimento de cor fornecido pelo pré-tratamento. Assim sendo, elaborou-se um estudo da análise dos custos associados à preparação de uma Receita, tendo em consideração as quantidades utilizadas na preparação da Receita e de corante no ano de 2022. Deste modo, nas **Tabelas 20** e **21** temos esses custos evidenciados.

Tabela 20. Custos associados à Receita Padrão de pré-tratamento e corantes durante o ano de 2022 para os substratos de algodão e viscose.

	Custo Receita 2022 (€/L)	Quantidade de Receita gasta 2022 (L)	Custo anual da Receita (€)	Custo do corante utilizado (€)	Custo total: Receita + Corante
CO	0,41	233000	95530	138710	234240
CV	0,50	80000	40000	46236	86237

Tabela 21. Custos associados à Receita Otimizada de pré-tratamento e o corte da % de corante utilizado para os substratos de algodão e viscose.

	Custo Receita Otimizada (€/L)	Quantidade de Receita gasta 2022 (L)	Custo anual da Receita (€)	Custo do corte de 5 % corante utilizado (€)	Custo total: Receita + Corante
CO	0,38	233000	88540	131774	220314
CV	0,65	80000	52000	43925	95925

Segundo os cálculos dos custos apresentados nas **Tabelas 20** e **21**, apenas a Receita Otimizada para o pré-tratamento do substrato de algodão viabiliza a possibilidade de uma diminuição dos custos associados ao pré-tratamento e utilização dos corantes. Proporcionando uma diminuição de cerca de 6% no custo total anual, perante a mesma quantidade utilizada em 2022. Em contrapartida, no substrato de viscose seria necessário o uso de uma maior quantidade de espessante, o que implicaria um custo anual da Receita de pré-tratamento mais elevado para a mesma quantidade usada em 2022. Assim, haveria um aumento anual de 11% no custo da confeção da Receita, pelo que no balanço final, haveria um aumento de 5% do custo anual, o que ainda é um valor considerável.

Ainda assim, no passado, os consumidores procuravam os produtos têxteis com base no seu preço, todavia isso tem vindo a mudar. Atualmente, o principal objetivo das empresas têxteis passa por produzir bens que para além dos *designs*, funcionalidades e qualidades especificas, apresentem segurança e sustentabilidade. Assim sendo, um aumento do custo de produção, poderia ser considerado um investimento, dado que neste caso o **produto J** é mais sustentável que o **produto A**.

Perante estes resultados, realizou-se um ensaio à escala industrial empregando a Receita Otimizada para o substrato de algodão. Para tal, utilizou-se um desenho complexo de um cliente e verificou-se que visualmente os resultados refletiam os mesmos resultados que a escala laboratorial, onde as cores eram mais intensas e vivas no substrato revestido com a Receita Otimizada de pré-tratamento. Este ensaio evidenciou a reprodutibilidade da Receita Otimizada para o substrato de algodão.

Capítulo 5 – Conclusões e Perspetivas Futuras

De acordo com a pesquisa bibliográfica efetuada durante a elaboração desta dissertação, conclui-se que o desenvolvimento de Receitas de pré-tratamento de substratos têxteis para impressão, a um custo rentável e amigas do ambiente ainda se encontra numa fase precoce, pelo que é fundamental a pesquisa de processos otimizados, ou seja, o presente trabalho emergiu da necessidade dessa busca.

Assim, iniciou-se o estudo pela realização de um ensaio à escala industrial, com o intuito de compreender o processo produtivo realizado na *Adalberto Textile Solutions*, S.A.. Deste teste, concluiu-se que para se conseguir um bom rendimento de cor é necessário existir uma boa preparação do substrato têxtil para garantir um produto final de qualidade e evitar retrocessos caros. Averiguou-se que a Receita em estudo (**RCO1**), apesar de mais barata, não apresentava o mesmo rendimento de cor que a Receita utilizada atualmente pela empresa (Cad Cel), ou seja, não compensaria mudar de Receita.

Na generalidade dos testes à escala laboratorial, a sua finalidade era analisar a influência de cada um dos produtos na Receita. Constatou-se que o **produto G** é essencial na Receita, sem o mesmo as cores perdem intensidade (**ensaio 1 e 2**). Pelo **ensaio 3 e 4**, verificou-se que para o substrato de algodão seria possível substituir o **produto A** pelo **produto J**, com o benefício de ter bons rendimentos de cor, um menor uso de auxiliares e a um preço mais económico. Em contrapartida, no **ensaio 5**, no substrato de viscose, para ter igualmente bom rendimento de cor era necessário o uso de maiores quantidades do **produto J**, o que acartaria mais custos. Tanto o **ensaio 6** realizado no substrato de algodão como o **ensaio 7** realizado no substrato de viscose visava diminuir a concentração do **produto C**, especialmente pelas problemáticas ambientais provocadas pelo mesmo. Desafortunadamente, verificou-se que à medida que se diminuía a concentração do produto, a intensidade das cores também diminuía, ou seja, determinou-se que a concentração usada na Receita Padrão é a mais acertada. Os **ensaios 8**, **9** e **10** eram relacionados com a redução da concentração de uma ou ambas as bases (**produto E** e **F**) presentes na Receita. No geral, a diminuição do **produto F** seria a mais indicada, no entanto, no substrato de algodão a Receita aquando repetida não demonstrou repetibilidade, tendo diminuído a intensidade da cor.

Dentro de cada ensaio, selecionou-se as Receitas (**RCO14**, **RCO17**, **RCO18**, **RCV1**, **RCV6**, **RCO23**, **RCO29** e **RCV20**) com maior rendimento de cor comparativamente às Receitas Padrão (Cad Cel e Cad Visc), sendo que o requisito de seleção foi o facto de as Receitas em questão apresentarem uma média dos valores de **ΔL** de todas as cores inferior a -0,50. Nestes casos, fora as análises

quantitativas, também se realizaram análises visuais, para avaliar o vazamento e o recorte das amostras, em que se verificou estar tudo conforme e ser possível visualizar de facto a vivacidade das cores. Estas Receitas, posteriormente, passaram por testes de controlo de qualidade nos estampados, com a finalidade de apurar a qualidade do mesmo. Em ambos os testes realizados, fricção e solidez à lavagem, os valores na escala de cinzentos obtidos foram bastante satisfatórios, estando todos dentro dos valores estabelecidos pelo caderno de encargos.

Face a todos os ensaios e testes realizados determinou-se a Receita **RCO29** como a Receita mais indicada para substituir a Receita de pré-tratamento para o substrato de algodão atualmente usada e a **RCV20** para substituir a Receita de pré-tratamento para o substrato de viscose. Estas Receitas foram consideradas as melhores no respetivo substrato têxtil estudado devido ao facto de exibirem bons rendimentos de cor e cores limpas e vivas, pela avaliação dos valores de **ΔL** e **ΔC**, respetivamente. Além de que, nos testes de controlo de qualidade obtiveram valores na escala de cinzentos elevados tanto nos testes de fricção a seco e húmido como nos testes da solidez às lavagens.

Isto significa que perante os resultados obtidos para o substrato de algodão, é possível afirmar que a mudança de fornecedor do espessante poderia ser uma hipótese rentável a nível monetário e ambiental, dado que o **produto J** é um produto mais barato e pode ser utilizado em menor concentração. Além disso, existe a possibilidade de diminuir cerca de 5% da concentração de corante necessário na hora da impressão, assim, é possível obter processos de coloração mais otimizados, uma vez que se utiliza o mínimo de auxiliares possíveis, que consequentemente irá reduzir a poluição do efluente gerado pelo processo. Com a vantagem de existir um lucro financeiro de cerca de 6% anualmente.

Por outro lado, no substrato de viscose, a Receita considerada otimizada era mais cara e envolveria o uso de maiores quantidades de auxiliares. Seria necessário mais estudos, de modo a encontrar uma alternativa para conseguirmos os bons resultados obtidos no substrato de algodão, tendo em vista uma Receita mais barata, com menores quantidades de auxiliares e com um bom rendimento de cor e cores mais vivas.

Perante tudo isto, no futuro, seria necessário verificar e validar a reprodutibilidade e repetibilidade do comportamento das Receitas à escala industrial, de modo a verificar se de facto a otimização é viável para ser implementada na empresa. Além disso, é importante salientar que estes ensaios foram conduzidos numa impressora específica, com corantes reativos específicos, em substratos celulósicos específicos, ou seja, diferentes impressoras, corantes e substratos podem conduzir a resultados diferentes, pelo que seria relevante testar este tipo de Receitas em outras

condições, de modo a perceber se eventualmente haveria oscilações nos resultados. Por fim, outro estudo interessante, dado não ter sido possível diminuir a concentração de todos os produtos, seria a substituição dos mesmos por outras alternativas.

Bibliografia

(1) Vivo/Lusa, D. *Têxtil e vestuário exporta recorde de mais de 6,1 mil milhões de euros em 2022*. Dinheiro Vivo. https://www.dinheirovivo.pt/economia/nacional/textil-e-vestuario-exporta-recorde-de-mais-de-61-mil-milhoes-de-euros-em-2022-15816249.html (acesso 2023-04-12).

(2) ATP. *Caraterização da Indústria Têxtil e de Vestuário*. https://atp.pt/pt-pt/estatisticas/caraterizacao/ (acesso 2023-08-29).

(3) Agência Portuguesa do Ambiente. *Têxteis*. https://apambiente.pt/residuos/texteis (acesso 2023-04-12).

(4) Madhav, S.; Ahamad, A.; Singh, P.; Mishra, P. K. A Review of Textile Industry: Wet Processing, Environmental Impacts, and Effluent Treatment Methods. *Environ. Qual. Manag.* **2018**, *27* (3), 31–41. https://doi.org/10.1002/tqem.21538.

(5) Sulthana, S. R. Influence Of Fashion And Textiles On Mental Health. *J. Posit. Sch. Psychol.* **2022**, *6*, 5003–5008. https://journalppw.com/index.php/jpsp/article/view/13468/8734.

(6) Ferreira, J. M. F. Obtenção de Fibras Têxteis Alternativas Usando Resíduos de Fontes Renováveis, Tese de Mestrado, Universidade do Minho, 2021. https://hdl.handle.net/1822/80947.

(7) Silveira, S. Manual de Matérias Primas Têxteis, Centro de Formação Profissional para a Indústria de Lanifícios, 2014. http://storage.ning.com/topology/rest/1.0/file/get/99113016?profile=original.

(8) Chandramohan, D.; Marimuthu, K. A Review on Natural Fibers. *Int. J. Res. Rev. Appl. Sci.* **2011**, *8*, 194–206. https://www.arpapress.com/volumes/vol8issue2/ijrras_8_2_09.pdf.

(9) Hearle, J. W. S. Textile Fibers: A Comparative Overview. In *Encyclopedia of Materials: Science and Technology*; Elsevier, 2001; pp 9100–9116. https://doi.org/10.1016/B0-08-043152-6/01643-0.

(10) Dochia, M.; Sirghie, C.; Kozłowski, R. M.; Roskwitalski, Z. Cotton Fibres. In *Handbook of Natural Fibres*; Woodhead Publishing, 2012; pp 11–23. https://doi.org/10.1533/9780857095503.1.9.

(11) El Mogahzy, Y. E. Structure, Characteristics and Types of Fiber for Textile Product Design. In *Engineering Textiles*; Elsevier, 2009; pp 208–239. https://doi.org/10.1533/9781845695415.2.208.

(12) Hebeish, A.; Hashem, M.; Shaker, N.; Ramadan, M.; El-Sadek, B.; Hady, M. A. New Development for Combined Bioscouring and Bleaching of Cotton-Based Fabrics. *Carbohydr. Polym.* **2009**, *78*, 961–972. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.07.019.

(13) *Cotton: Science and Technology*, Gordon, S., Ed.; Woodhead publishing in textiles; Woodhead Publishing: Cambridge, 2007.

(14) Ansell, M. P.; Mwaikambo, L. Y. The Structure of Cotton and Other Plant Fibres. In *Handbook of Textile Fibre Structure*; Woodhead Publishing, 2009; pp 62–94. https://doi.org/10.1533/9781845697310.1.62.

(15) Yu, C. Natural Textile Fibres. In *Textiles and Fashion*; Woodhead Publishing, 2015; pp 29–56. https://doi.org/10.1016/B978-1-84569-931-4.00002-7.

(16) Andrade, J. E. P. de; Correa, A. R.; Silva, C. V. D. G. F. *Polo de Tecelagem Plana de Fibras Artificiais e Sintéticas da Região de Americana*; Relatório Setorial; Banco Nacional de Desenvolvimento Económico e Social: Rio de Janeiro, 2001. https://docplayer.com.br/16930773-Polo-de-tecelagem-plana-de-fibras-artificiais-e-sinteticas-da-regiao-de-americana.html.

(17) Kuasne, A. Fibras Têxteis, Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina Unidade de Ensino de Araranguá, 2008. https://wiki.ifsc.edu.br/mediawiki/images/8/88/Apostila_fibras.pdf.

(18) Teixeira, J. A. Análise Prática da Pirólise de Resíduos Têxteis Compostos de Viscose e Poliéster para Obtenção de Carvão e Bio-óleo em Reator de Leito Fixo Sem Fluxo de Gás, Tese de Doutoramento, Universidade De Ribeirão Preto Centro de Ciências Exatas, Naturais e Tecnológicas Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental, 2019. http://repositorio.unaerp.br//handle/12345/194.
(19) Shabbir, M.; Mohammad, F. Sustainable Production of Regenerated Cellulosic Fibres. In *Sustainable Fibres and Textiles*; Woodhead Publishing, 2017; pp 171–189. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102041-8.00007-X.
(20) Marques, M. R. S. Acabamentos Químicos em Tecidos, Tese de Mestrado, Universidade do Minho, 2015. https://hdl.handle.net/1822/41102.
(21) Wu, S. An Overview of Hierarchical Design of Textile-Based Sensor in Wearable Electronics. *Crystals* **2022**, *12*, 555. https://doi.org/10.3390/cryst12040555.
(22) Gandhi, K. L.; Sondhelm, W. S. Technical Fabric Structures – 1. Woven Fabrics. In *Handbook of Technical Textiles*; Elsevier, 2016; pp 63–106. https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-458-1.00004-2.
(23) Fangueiro, R.; Soutinho, F. Textile Structures. In *Fibrous and Composite Materials for Civil Engineering Applications*; Woodhead Publishing, 2011; pp 62–91. https://doi.org/10.1533/9780857095583.1.62.
(24) Schrank, V.; Beer, M.; Beckers, M.; Gries, T. Polymer-Optical Fibre (POF) Integration into Textile Fabric Structures. In *Polymer Optical Fibres*; Woodhead Publishing, 2017; pp 337–348. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100039-7.00010-5.
(25) Babu, B. R.; Parande, A. K.; Raghu, S.; Kumar, T. P. An Overview of Wastes Produced During Cotton Textile Processing. *J. Cotton Sci.* **2007**, *11*, 110–122. https://www.researchgate.net/publication/230667514_An_Overview_of_Wastes_Produced_During_Cotton_Textile_Processingand_Effluent_Treatment_Methods
(26) Chen, W.; Wang, L.; Wang, D.; Zhang, J.; Sun, C.; Xu, C. Recognizing a Limitation of the TBLC-Activated Peroxide System on Low-Temperature Cotton Bleaching. *Carbohydr. Polym.* **2016**, *140*, 1–5. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.12.013.
(27) Fijan, R.; Basile, M.; Lapasin, R.; Šostar-Turk, S. Rheological Properties of Printing Pastes and Their Influence on Quality-Determining Parameters in Screen Printing of Cotton with Reactive Dyes Using Recycled Polysaccharide Thickeners. *Carbohydr. Polym.* **2009**, *78*, 25–35. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.03.022.
(28) Laschuk, T.; Ruthschilling, E. A. Processos contemporâneos de impressão sobre tecidos. *Modapalavra e-periódico*. 2013, pp 60–81. https://doi.org/10.5965/1982615x06122013060
(29) Ujiie, H. *Digital Printing of Textiles*; Woodhead Publishing: Cambridge, 2006.
(30) Tyler, D. J. Textile Digital Printing Technologies. *Text. Prog.* **2005**, *37*, 1–65. https://doi.org/10.1533/tepr.2005.0004.
(31) Wilson, J. *Handbook of Textile Design: Principles, Processes and Practice*; Woodhead Publishing: Cambridge, 2004.
(32) Tyler, D. J. Digital Printing Technology for Textiles and Apparel. In *Computer Technology for Textiles and Apparel*; Woodhead Publishing, 2011; pp 259–282. https://doi.org/10.1533/9780857093608.3.259.
(33) Cie, C. Heat Transfer and Sublimation Printing. In *Ink Jet Textile Printing*; Elsevier, 2015; pp 125–137. https://doi.org/10.1016/B978-0-85709-230-4.00010-8.
(34) Sinclair, R. *Textiles and Fashion: Materials, Design and Technology*; Elsevier: Boston, 2014.
(35) Shang, S. M. Process Control in Printing of Textiles. In *Process Control in Textile Manufacturing*; Elsevier, 2013; pp 339–362. https://doi.org/10.1533/9780857095633.3.339.

(36) Carmo, S. N. do. Acabamentos Funcionais Têxteis Aplicados Por Estamparia Digital Em Substratos Têxteis Ativados Por Plasma, Tese de Doutoramento, Universidade do Minho, 2016. https://hdl.handle.net/1822/41499.
(37) Cie, C. Color Management in Ink Jet Printing. In *Ink Jet Textile Printing*; Elsevier, 2015; pp 43–57. https://doi.org/10.1016/B978-0-85709-230-4.00004-2.
(38) Christie, R. M. *Colour Chemistry*; Royal Society of Chemistry: Cambridge, 2015.
(39) Broadbent, A. D. *Basic Principles of Textile Coloration*; Society of Dyers and Colourists: Bradford, 2001.
(40) Chakraborty, J. N. *Fundamentals and Practices in Colouration of Textiles*; Woodhead Publishing India, 2014.
(41) Gomes, J. I. N. R. *Estrutura e Propriedades Dos Corantes*; Oficinas Gráficas de Barbosa & Xavier, Lda: Braga, 2001.
(42) Javoršek, D.; Javoršek, A. Colour Management in Digital Textile Printing. *Color. Technol.* **2011**, *127*, 235–239. https://doi.org/10.1111/j.1478-4408.2011.00304.x.
(43) Kaimouz, A. W.; Wardman, R. H.; Christie, R. M. The Inkjet Printing Process for Lyocell and Cotton Fibres. Part 1: The Significance of Pre-Treatment Chemicals and Their Relationship with Colour Strength, Absorbed Dye Fixation and Ink Penetration. *Dyes Pigments* **2010**, *84*, 79–87. https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2009.06.015.
(44) Cie, C. Pretreatment for Ink Jet Printing. In *Ink Jet Textile Printing*; Elsevier, 2015; pp 59–71. https://doi.org/10.1016/B978-0-85709-230-4.00005-4.
(45) Mongkholrattanasit, R.; Klaichoi, C. Reactive Dye Printing on Cotton Fabric Using Modified Starch of Wild Taro Corms as a New Thickening Agent. *Cellul. Chem. Technol.* **2021**, *55*, 1119–1129. https://doi.org/10.35812/CelluloseChemTechnol.2021.55.96.
(46) Zhang, B.; Gong, H.; Lü, S.; Ni, B.; Liu, M.; Gao, C.; Huang, Y.; Han, F. Synthesis and Characterization of Carboxymethyl Potato Starch and Its Application in Reactive Dye Printing. *Int. J. Biol. Macromol.* **2012**, *51*, 668–674. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2012.07.003.
(47) Hussien, A.; Abdelrahman, M.; Wahab, S.; Mashaly, H.; Ali, safya; Maamoun, D.; Khattab, T. Review in Textile Printing Technology. *Egypt. J. Chem.* **2020**, *63*, 3465–3479. https://doi.org/10.21608/ejchem.2020.23726.2418.
(48) Ahmed, N. S. E.; Youssef, Y. A.; El-Shishtawy, R. M.; Mousa, A. A. Urea/Alkali-free Printing of Cotton with Reactive Dyes. *Color. Technol.* **2006**, *122*, 324–328. https://doi.org/10.1111/j.1478-4408.2006.00047.x.
(49) Cie, C. Ink Jet Print Heads. In *Ink Jet Textile Printing*; Elsevier, 2015; pp 73–84. https://doi.org/10.1016/B978-0-85709-230-4.00006-6.
(50) SPG Prints. *How to choose between a single-pass and multi-pass digital textile printing machine?* https://blog.spgprints.com/single-vs-multi-pass-printing (acesso 2023-04-12).
(51) Kašiković, N.; Vladić, G.; Novaković, D. Textile Printing-Past, Present, Future. *Gaz. Chem. Technol. Environ. Repub. Srp. Hem. Tehnol. Ekol. Repub. Srp.* **2016**. https://www.researchgate.net/publication/310597434_TEXTILE_PRINTING_-_PAST_PRESENT_FUTURE
(52) *Controle de qualidade do vestuário: um guia prático para a empresa de vestuário - Testex*. https://www.testextextile.com/pt/guia-de-controle-de-qualidade-de-vestu%C3%A1rio/ (acesso 2023-08-14).
(53) Pinto, A. S. R. D. S. Economia Circular e Análise de Ciclo de Vida: Estudo de Casos Na Indústria Têxtil, Tese de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Porto, 2021. http://hdl.handle.net/10400.22/18734.

(54) Rodrigues, S. N.; Martins, I. M.; Fernandes, I. P.; Gomes, P. B.; Mata, V. G.; Barreiro, M. F.; Rodrigues, A. E. Scentfashion®: Microencapsulated Perfumes for Textile Application. *Chem. Eng. J.* 2009, *149*, 463–472. https://doi.org/10.1016/j.cej.2009.02.021.
(55) Lindon, J. C.; Tranter, G. E.; Holmes, J. L. *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry*; Academic press: San Diego San Francisco New York, 2000.
(56) Lazzerini, B.; Pistolesi, F. Evaluation of the Role of Image Resolution in the Perception of Color Differences; Glasgow, 2020.
(57) *Você Está Usando o Método de Tolerância Certo | X-Rite Blog*. X-Rite. https://www.xrite.com/pt-pt/blog/tolerancing-basics (acesso 2023-04-20).
(58) *Solidez da cor: o guia definitivo - Testex*. https://www.testextextile.com/pt/solidez-da-cor-o-guia-final/ (acesso 2023-08-14).
(59) *O método de teste de solidez da cor à fricção de tecidos e procedimento completo de teste AATCC-8 - Testex*. https://testextextile.com/pt/a-solidez-da-cor-%C3%A0-fric%C3%A7%C3%A3o-de-tecidos-introdu%C3%A7%C3%A3o-e-teste-aatcc-8-procedimento-completo/ (acesso 2023-08-14).
(60) ISO 105-X12. Textiles — Tests for Colour Fastness — Part X12: Colour Fastness to Rubbing. 2016.
(61) ISO 105-C06. Textiles — Tests for Colour Fastness — Part C06: Colour Fastness to Domestic and Commercial Laundering. 2010.

Tabela A1. Leituras colorimétricas do 1° ensaio industrial.

Cor	ΔL	Δa	Δb	ΔE
1	0,45	0,14	0,36	0,62
2	0,31	0,18	0,30	0,50
3	0,32	-0,05	0,83	0,90
4	0,13	0,16	0,16	0,29
5	1,40	0,04	0,10	1,410
6	0,34	0,26	0,04	0,53
7	0,36	0,67	-0,27	0,81
8	1,35	0,06	0,41	1,41
9	0,19	-0,18	0,13	0,52
10	-0,02	-0,14	-0,09	0,34
11	-0,04	-0,66	0,24	0,74
12	0,13	0,08	0,46	0,51
13	0,29	0,24	0,12	0,47
14	0,07	0,12	0,05	0,25
15	-0,49	0,05	0,31	0,72
16	-0,54	-0,23	-0,22	0,65
17	0,25	0,14	-0,05	0,53

Tabela A2. Leituras colorimétricas do 1° ensaio laboratorial em algodão.

Cor	Receitas	ΔL	Δa	Δb	ΔE
1	RCO1	2,40	- 0,08	- 0,06	2,42
	RCO2	2,03	- 0,08	0,10	2,04
	RCO3	1,08	0,01	- 0,14	1,09
2	RCO1	2,41	- 0,38	0,25	2,46
	RCO2	0,75	- 0,06	- 0,08	0,77
	RCO3	0,54	- 0,20	0,02	0,59
3	RCO1	1,63	1,90	- 0,94	2,69
	RCO2	0,33	1,38	- 1,05	1,79
	RCO3	0,89	0,82	1,18	1,72
4	RCO1	2,09	0,01	1,14	2,39
	RCO2	1,01	0,54	0,69	1,35
	RCO3	0,02	- 0,26	- 0,14	0,45
5	RCO1	0,13	0,86	- 2,34	2,49
	RCO2	0,44	0,74	- 1,48	1,88
	RCO3	0,31	0,49	- 0,74	1,13
6	RCO1	3,53	0,49	1,02	3,71
	RCO2	1,54	0,35	0,51	1,66
	RCO3	1,43	0,09	0,50	1,52
7	RCO1	0,84	4,07	- 0,60	4,23
	RCO2	0,15	1,47	- 0,58	1,61
	RCO3	0,71	0,64	0,76	1,23
8	RCO1	1,85	0,77	1,79	2,70

	RCO2	0,61	- 0,02	0,55	0,84
	RCO3	0,24	0,15	0,25	0,47
9	RCO1	0,37	0,69	0,27	0,84
	RCO2	0,34	0,29	0,11	0,52
	RCO3	0,17	0,37	0,19	0,51
10	RCO1	0,17	1,77	- 0,83	1,92
	RCO2	0,60	0,89	0,80	1,46
	RCO3	0,12	0,26	0,01	0,42
11	RCO2	0,27	- 0,12	- 0,11	0,36
	RCO1	2,37	0,13	0,69	2,48
	RCO3	0,38	- 0,18	0,54	0,70
12	RCO1	0,86	- 0,55	- 0,19	1,05
	RCO2	- 0,10	- 0,42	- 0,41	0,63
	RCO3	0,00	- 0,43	- 0,75	0,87
13	RCO2	0,51	0,02	0,42	0,68
	RCO1	3,32	- 0,33	1,69	3,75
	RCO3	0,69	- 0,16	0,11	0,77
14	RCO1	1,67	- 2,97	- 1,10	3,60
	RCO2	- 0,06	- 0,38	- 0,36	0,55
	RCO3	1,13	0,64	0,00	1,39
15	RCO1	2,65	0,09	0,20	2,67
	RCO2	0,60	- 0,31	- 0,11	0,69
	RCO3	0,52	- 0,16	- 0,17	0,58
16	RCO1	2,43	- 1,28	2,02	3,42
	RCO2	0,78	- 0,84	0,68	1,36
	RCO3	0,89	- 0,49	0,43	1,13
17	RCO1	1,80	- 0,65	0,89	2,11
	RCO2	0,14	- 0,08	- 0,63	0,69
	RCO3	0,61	- 0,19	- 0,21	0,70

Tabela A3. Leituras colorimétricas do 2° ensaio laboratorial em algodão.

Cor	Receitas	ΔL	Δa	Δb	ΔE
1	RCO2'	0,57	- 0,08	- 0,17	0,61
	RCO3'	0,63	- 0,13	0,28	0,71
	RCO4	0,33	0,06	0,00	0,43
	RCO5	0,52	0,13	0,36	0,66
2	RCO2'	0,39	- 0,43	- 0,18	0,61
	RCO3'	0,80	- 0,39	0,27	0,95
	RCO4	0,49	- 0,09	0,01	0,49
	RCO5	0,16	0,12	0,21	0,36
3	RCO2'	0,78	- 1,43	- 0,65	1,80
	RCO3'	1,15	- 1,18	0,50	1,73
	RCO4	0,50	0,42	- 1,29	1,48
	RCO5	0,17	0,36	- 0,32	0,55

4	RCO2'	- 0,42	- 0,17	- 1,20	1,28
	RCO3'	- 0,88	- 0,63	- 0,93	1,44
	RCO4	2,02	1,20	0,89	2,48
	RCO5	1,15	0,68	0,66	1,50
5	RCO2'	0,09	- 0,58	- 0,41	0,73
	RCO3'	0,52	- 0,66	0,32	0,91
	RCO4	0,07	0,06	- 0,58	0,65
	RCO5	- 0,06	0,37	- 1,01	1,11
6	RCO2'	1,23	- 0,29	- 0,15	1,29
	RCO3'	- 0,28	- 0,36	- 0,43	0,71
	RCO4	- 0,14	- 0,08	- 0,04	0,22
	RCO5	1,17	0,46	0,71	1,44
7	RCO2'	0,17	- 0,28	- 0,76	0,83
	RCO3'	0,41	- 1,06	- 0,06	1,14
	RCO4	0,06	0,22	- 0,00	0,46
	RCO5	0,17	0,42	- 0,02	0,48
8	RCO2'	0,17	0,37	- 0,58	0,73
	RCO3'	0,44	0,49	- 0,45	0,85
	RCO4	0,12	0,24	0,03	0,32
	RCO5	0,25	0,42	0,02	0,53
9	RCO2'	0,30	0,05	- 0,01	0,35
	RCO3'	0,06	0,11	- 0,01	0,17
	RCO4	- 0,06	- 0,14	0,38	0,44
	RCO5	4,04	0,18	0,60	0,65
10	RCO2'	0,13	- 0,22	0,01	0,67
	RCO3'	0,14	- 0,10	0,03	0,56
	RCO4	0,04	- 0,30	0,51	0,64
	RCO5	- 0,33	- 0,52	1,36	1,52
11	RCO2'	0,74	- 0,33	0,15	0,85
	RCO3'	0,50	- 0,29	0,28	0,68
	RCO4	0,68	0,02	- 0,41	0,80
	RCO5	0,33	0,17	0,37	0,57
12	RCO2'	1,13	- 0,15	- 0,56	1,28
	RCO3'	0,59	- 0,33	- 0,27	0,74
	RCO4	0,89	- 0,39	0,10	0,98
	RCO5	0,87	- 0,53	0,30	1,06
13	RCO2'	0,61	- 0,21	0,56	0,89
	RCO3'	- 0,19	0,37	- 0,49	0,69
	RCO4	0,32	- 0,11	0,08	0,46
	RCO5	0,99	- 0,91	1,03	1,72
14	RCO2'	0,40	- 0,40	- 0,52	0,79
	RCO3'	0,25	0,38	- 0,70	0,84
	RCO4	0,48	- 0,10	- 0,63	0,81
	RCO5	0,33	- 0,01	- 0,17	0,45
15	RCO2'	0,38	- 0,30	- 0,49	0,73
	RCO3'	- 0,36	- 0,14	- 0,18	0,44
	RCO4	0,78	0,11	0,36	0,82

	RCO5	0,11	0,09	0,16	0,26
16	RCO2'	0,42	- 0,26	0,36	0,63
	RCO3'	0,15	0,22	- 0,70	0,76
	RCO4	0,34	- 0,41	- 0,07	0,58
	RCO5	0,56	- 0,40	0,48	0,86
17	RCO2'	1,11	- 0,25	0,01	1,14
	RCO3'	0,44	- 0,15	- 0,36	0,59
	RCO4	1,24	- 0,47	0,34	1,38
	RCO5	0,42	- 0,30	0,16	0,56

Tabela A4. Leituras colorimétricas do 3° ensaio laboratorial em algodão.

Cor	Receitas	ΔC	ΔL	Δa	Δb	ΔE
1	RCO4'	-0,07	0,50	0,04	0,07	0,51
	RCO6	0,01	-0,03	0,04	-0,02	0,11
	RCO7	-0,20	0,59	0,03	0,20	0,62
	RCO8	-0,04	0,37	0,04	-0,02	0,36
	RCO9	-0,12	0,09	0,05	0,11	0,19
	RCO10	0,36	1,24	-0,06	-0,36	1,29
	RCO11	-0,07	0,28	-0,01	0,07	0,31
	RCO12	0,05	-0,32	0,03	-0,05	0,34
	RCO13	0,15	-0,77	0,13	-0,18	0,81
	RCO14	0,11	-0,72	0,09	-0,13	0,75
	RCO15	-0,17	-0,67	0,14	0,14	0,71
	RCO16	-0,44	-0,86	0,26	0,40	0,99
2	RCO4'	0,07	0,61	-0,08	0,10	0,63
	RCO6	-0,20	-0,28	0,21	-0,02	0,37
	RCO7	-0,04	0,45	-0,01	0,39	0,60
	RCO8	0,12	0,34	-0,11	-0,10	0,39
	RCO9	-0,05	0,35	0,02	0,16	0,39
	RCO10	0,42	0,84	-0,40	-0,13	0,94
	RCO11	-0,05	0,16	0,02	0,24	0,30
	RCO12	0,11	-0,14	-0,11	0,00	0,19
	RCO13	-0,04	-0,69	0,02	0,17	0,72
	RCO14	0,08	-0,74	-0,08	-0,03	0,74
	RCO15	-0,31	-1,20	0,33	-0,06	1,25
	RCO16	-0,42	-1,23	0,41	0,12	1,31
3	RCO4'	-0,67	0,47	0,69	-0,15	1,03
	RCO6	0,49	-0,31	-0,55	0,03	0,65
	RCO7	-1,10	0,16	1,25	-0,06	1,33
	RCO8	-0,43	-0,08	-0,10	-0,99	1,02
	RCO9	-0,93	0,16	0,56	-0,88	1,08
	RCO10	-2,14	1,13	1,81	-1,15	2,43
	RCO11	-0,60	0,03	0,73	0,05	0,76
	RCO12	0,18	-0,14	-0,15	0,10	0,31
	RCO13	0,70	-1,18	-1,01	-0,30	1,57
	RCO14	0,64	-0,69	-0,91	-0,26	1,27
	RCO15	0,08	-1,40	-0,84	-1,25	2,07
	RCO16	0,96	-1,90	-1,56	-0,75	2,59
4	RCO4'	-0,2	0,52	0,24	0,44	0,76

	RCO6	0,19	-0,10	-0,18	-0,13	0,26
	RCO7	-0,16	1,56	0,23	0,55	1,68
	RCO8	-0,29	0,18	0,29	-0,11	0,43
	RCO9	-0,01	0,91	0,00	-0,25	0,97
	RCO10	-0,23	-0,38	0,25	-0,28	0,69
	RCO11	-0,14	0,08	0,15	0,00	0,31
	RCO12	0,16	0,02	-0,11	0,44	0,47
	RCO13	-0,63	0,80	0,67	0,52	1,17
	RCO14	-0,02	0,42	0,02	-0,12	0,45
	RCO15	0,13	-0,40	-0,12	-0,50	0,66
	RCO16	-0,26	0,50	0,25	-0,17	0,61
5	RCO4'	-0,92	0,03	0,39	-0,87	0,99
	RCO6	1,31	0,24	0,02	1,32	1,36
	RCO7	-0,24	-0,02	0,60	-0,17	0,68
	RCO8	-0,68	0,28	-0,53	-0,76	1,17
	RCO9	-0,10	0,38	0,08	-0,09	0,47
	RCO10	-1,55	0,28	-0,22	-1,58	1,64
	RCO11	0,27	0,20	0,17	0,29	0,47
	RCO12	-0,14	-0,40	-0,36	0,35	0,75
	RCO13	2,52	0,38	-0,13	2,52	2,55
	RCO14	0,40	0,04	0,05	0,42	0,50
	RCO15	2,67	0,27	-0,32	2,69	2,72
	RCO16	1,68	0,01	-0,45	1,63	1,72
6	RCO4'	-0,79	1,43	0,55	0,85	1,76
	RCO6	-0,02	-0,57	0,10	-0,18	0,61
	RCO7	-0,66	2,11	0,44	0,86	2,32
	RCO8	-0,01	0,79	0,00	0,01	0,80
	RCO9	-0,05	0,85	0,08	-0,06	0,86
	RCO10	0,42	-0,42	-0,24	-0,49	0,76
	RCO11	-0,31	1,24	0,26	0,21	1,32
	RCO12	0,19	-1,69	-0,15	-0,14	1,72
	RCO13	-0,34	-0,54	0,33	0,11	0,66
	RCO14	0,33	-0,19	-0,18	-0,42	0,52
	RCO15	0,44	-1,27	-0,25	-0,56	1,41
	RCO16	0,07	-0,58	-0,02	-0,16	0,61
7	RCO4'	-2,09	0,45	2,08	-0,42	2,18
	RCO6	0,90	-0,20	-0,84	0,33	0,96
	RCO7	-2,13	0,41	2,34	0,11	2,41
	RCO8	0,10	0,30	-0,13	-0,08	0,59
	RCO9	-1,56	0,30	1,48	-0,48	1,60
	RCO10	-0,26	0,42	0,42	0,35	0,74
	RCO11	-1,14	0,17	1,29	0,17	1,32
	RCO12	1,21	-0,24	-1,07	0,58	1,27
	RCO13	0,71	0,10	-0,29	1,18	1,23
	RCO14	0,83	-0,32	-0,91	-0,05	1,00
	RCO15	2,29	-0,68	-2,34	0,28	2,45
	RCO16	2,23	-0,86	-2,07	0,82	2,41
8	RCO4'	-0,91	0,81	-0,05	1,24	1,55
	RCO6	0,36	-0,12	-0,43	-0,11	0,48
	RCO7	-1,28	0,82	0,92	0,91	1,54

	RCO8	-0,12	0,32	-0,04	0,19	0,40
	RCO9	-0,39	0,97	0,00	0,51	1,12
	RCO10	-0,89	0,65	0,55	0,70	1,11
	RCO11	-0,78	0,63	0,03	1,00	1,21
	RCO12	-0,34	0,05	0,29	0,20	0,43
	RCO13	-0,28	0,30	-0,53	0,83	1,05
	RCO14	0,56	0,01	-0,59	-0,24	0,64
	RCO15	0,57	-0,42	-0,14	-0,62	0,84
	RCO16	1,02	-0,60	-0,40	-0,99	1,23
9	RCO4'	0,67	-0,09	0,02	0,79	0,90
	RCO6	0,10	0,20	-0,15	0,02	0,29
	RCO7	0,10	0,22	-0,07	0,09	0,32
	RCO8	-0,17	0,49	0,21	-0,07	0,60
	RCO9	-0,22	0,08	0,05	-0,23	0,36
	RCO10	0,27	-0,08	-0,25	0,17	0,36
	RCO11	0,29	0,38	0,05	0,37	0,57
	RCO12	0,26	-0,06	-0,11	0,24	0,34
	RCO13	0,52	0,19	-0,37	0,38	0,59
	RCO14	0,10	0,29	-0,23	-0,03	0,38
	RCO15	0,14	0,18	-0,21	0,04	0,29
	RCO16	0,21	0,54	0,12	0,31	0,67
10	RCO4'	0,37	0,21	0,31	0,10	0,56
	RCO6	0,68	-0,34	-0,39	0,60	0,80
	RCO7	-0,31	0,30	0,11	-0,29	0,49
	RCO8	-0,21	0,42	-0,12	-0,25	0,57
	RCO9	-0,66	0,60	0,16	-0,64	0,90
	RCO10	0,22	-0,17	-0,48	0,09	0,58
	RCO11	0,31	0,10	0,01	0,32	0,38
	RCO12	0,14	0,00	-0,14	0,08	0,28
	RCO13	1,59	0,00	-0,90	1,40	1,68
	RCO14	-0,10	-0,21	-0,78	-0,32	0,87
	RCO15	0,75	0,04	-0,11	0,74	0,80
	RCO16	0,69	0,73	-0,19	0,66	1,02
11	RCO4'	-0,45	0,54	0,04	-0,47	0,77
	RCO6	-0,50	-0,50	0,03	-0,52	0,74
	RCO7	-0,29	0,66	-0,28	0,37	0,82
	RCO8	-0,03	0,23	-0,06	-0,06	0,31
	RCO9	-0,10	0,43	0,06	-0,08	0,46
	RCO10	-0,41	0,73	-0,10	-0,47	0,92
	RCO11	-0,37	0,10	0,31	-0,29	0,45
	RCO12	-0,31	0,28	0,17	0,36	0,57
	RCO13	0,84	-0,76	0,10	0,91	1,25
	RCO14	0,13	-0,40	0,11	0,18	0,53
	RCO15	-0,72	-1,21	0,24	-0,69	1,43
	RCO16	-0,67	-1,31	0,33	-0,59	1,50
12	RCO4'	0,01	0,92	-0,51	0,13	1,07
	RCO6	-0,14	-0,15	0,10	0,12	0,27
	RCO7	-0,26	0,64	-0,23	0,32	0,76
	RCO8	0,08	0,11	-0,22	-0,03	0,30
	RCO9	-0,07	0,69	-0,44	0,20	0,86
	RCO10	-0,90	1,45	-0,63	0,91	1,84

	RCO11	-0,39	-0,06	0,08	0,39	0,45
	RCO12	0,09	-0,38	0,13	-0,09	0,42
	RCO13	0,75	-1,16	0,30	-0,84	1,47
	RCO14	0,42	-0,59	0,09	-0,46	0,76
	RCO15	0,14	-0,74	0,55	-0,28	0,99
	RCO16	-0,19	-1,50	0,87	-0,01	1,74
13	RCO4'	-0,48	0,60	-0,43	0,44	0,92
	RCO6	0,77	-0,95	0,56	-0,72	1,35
	RCO7	-1,50	1,65	-0,73	1,45	2,37
	RCO8	-0,44	0,63	-0,05	0,44	0,82
	RCO9	-1,25	1,96	-0,25	1,23	2,33
	RCO10	-0,16	-0,45	0,22	0,19	0,56
	RCO11	-0,42	0,32	-0,01	0,43	0,60
	RCO12	-0,21	0,12	-0,28	0,18	0,51
	RCO13	-0,10	-0,24	0,83	0,19	0,93
	RCO14	-0,32	0,22	-0,61	0,27	0,73
	RCO15	0,88	-1,08	0,01	-0,88	1,41
	RCO16	0,77	-1,01	0,61	-0,71	1,40
14	RCO4'	0,12	0,40	0,12	0,04	0,43
	RCO6	1,27	-0,63	1,21	0,52	1,47
	RCO7	-0,67	0,38	-0,70	0,29	0,87
	RCO8	-0,16	0,71	-0,17	0,07	0,74
	RCO9	-1,38	0,82	-1,38	-0,04	1,62
	RCO10	-0,54	0,63	-0,51	-0,40	1,04
	RCO11	-1,16	0,62	-1,15	-0,04	1,32
	RCO12	0,94	-0,50	0,91	0,33	1,10
	RCO13	1,30	-0,62	1,13	1,56	2,06
	RCO14	-0,09	0,03	-0,18	0,77	0,80
	RCO15	1,38	-0,69	1,19	0,96	1,75
	RCO16	1,80	-0,82	1,65	1,52	2,41
15	RCO4'	-0,10	0,39	0,10	0,02	0,41
	RCO6	0,18	-0,88	-0,10	-0,18	0,91
	RCO7	-0,32	0,25	0,11	0,43	0,54
	RCO8	0,22	0,60	-0,20	-0,10	0,66
	RCO9	-0,42	1,13	0,19	0,50	1,27
	RCO10	0,65	-0,56	-0,25	-0,77	0,99
	RCO11	-0,33	-0,26	0,25	0,23	0,48
	RCO12	-0,41	0,17	-0,37	0,38	0,61
	RCO13	-0,47	0,57	0,15	0,73	0,95
	RCO14	0,30	-1,39	-0,11	-0,39	1,46
	RCO15	0,16	-1,01	-0,10	-0,13	1,02
	RCO16	0,16	-1,03	-0,13	-0,09	1,05
16	RCO4'	-0,39	0,34	-0,33	0,44	0,69
	RCO6	0,89	-0,97	0,24	-0,93	1,37
	RCO7	-0,60	0,76	-0,55	0,68	1,24
	RCO8	0,05	-0,18	-0,41	0,00	0,54
	RCO9	-1,00	0,66	-0,91	1,14	1,60
	RCO10	-0,68	0,34	-0,05	0,69	0,81
	RCO11	-0,14	0,25	-0,07	0,15	0,42
	RCO12	0,73	-0,73	0,40	-0,78	1,16
	RCO13	0,12	-0,96	0,16	-0,14	1,02

	RCO14	-0,08	-0,32	-0,38	0,13	0,70
	RCO15	1,07	-1,58	0,15	-1,10	1,94
	RCO16	1,12	-2,22	0,56	-1,19	2,59
17	RCO4'	-0,25	0,35	-0,43	0,25	0,62
	RCO6	-0,03	-0,98	0,18	0,03	1,00
	RCO7	-0,58	-0,04	-0,26	0,58	0,65
	RCO8	-0,32	0,26	-0,28	0,33	0,51
	RCO9	-1,02	0,43	-0,52	1,03	1,25
	RCO10	-0,67	1,43	-0,60	0,69	1,71
	RCO11	-0,66	0,08	-0,20	0,66	0,71
	RCO12	-0,02	-0,40	-0,04	0,02	0,56
	RCO13	0,70	-2,02	0,98	-0,69	2,35
	RCO14	-0,27	-0,71	0,04	0,27	0,83
	RCO15	0,08	-1,48	0,56	-0,08	1,60
	RCO16	0,16	-2,43	0,82	-0,16	2,58

Tabela A5. Leituras colorimétricas do 4º ensaio laboratorial em algodão.

Cor	Receitas	ΔC	ΔL	Δa	Δb	ΔE
1	RCO17	0,46	-0,50	-0,13	-0,45	0,70
	RCO18	0,14	-0,20	-0,03	-0,14	0,27
2	RCO17	0,23	0,52	-0,19	-0,27	0,63
	RCO18	0,16	-0,37	-0,12	-0,29	0,54
3	RCO17	0,15	-0,41	-0,90	-1,21	1,58
	RCO18	0,12	-0,26	-0,38	-0,40	0,66
4	RCO17	0,08	-1,05	-0,13	-0,17	1,09
	RCO18	-0,09	-0,16	0,09	0,01	0,25
5	RCO17	0,48	0,13	-0,98	0,36	1,07
	RCO18	0,35	-0,24	-0,64	0,27	0,78
6	RCO17	0,53	-2,00	-0,33	-0,96	2,24
	RCO18	0,50	-2,22	-0,25	-0,37	2,49
7	RCO17	2,46	-0,72	-2,76	-0,27	2,87
	RCO18	3,02	-0,72	-3,00	0,64	3,15
8	RCO17	1,03	-1,02	-0,17	-1,21	1,68
	RCO18	0,96	-1,02	-0,16	-1,13	1,54
9	RCO17	-0,11	-0,41	-0,13	-0,20	0,52
	RCO18	-0,04	0,22	-0,25	-0,19	0,56
10	RCO17	0,68	-0,17	-0,47	0,59	0,80

	RCO18	-0,32	-0,05	-0,31	-0,41	0,58
11	RCO17	-0,19	-0,93	-0,06	-0,23	1,00
	RCO18	-0,38	-0,42	-0,18	-0,46	0,70
12	RCO17	-0,30	0,41	0,35	0,22	0,63
	RCO18	-0,27	0,13	0,10	0,26	0,35
13	RCO17	1,63	-2,56	-0,25	-1,67	3,07
	RCO18	1,35	-2,41	0,07	-1,35	2,79
14	RCO17	1,92	-0,72	1,93	-0,02	2,07
	RCO18	0,63	-0,25	0,62	0,09	0,70
15	RCO17	0,71	-2,14	-0,40	-0,78	2,32
	RCO18	0,63	-1,54	-0,26	-0,88	1,80
16	RCO17	2,33	-2,05	0,60	-2,42	3,24
	RCO18	1,54	-1,53	0,66	-1,63	2,35
17	RCO17	0,12	0,31	-0,12	-0,11	0,53
	RCO18	-0,18	0,27	-0,19	0,18	0,40

Tabela A6. Leituras colorimétricas do 5° ensaio laboratorial em viscose.

Cor	Receitas	ΔC	ΔL	Δa	Δb	ΔE
1	RCV1	-0,32	-0,36	0,22	0,29	0,55
	RCV2	-0,27	0,49	-0,12	0,30	0,59
	RCV3	-0,30	0,09	0,19	0,30	0,39
	RCV4	-0,66	-0,19	0,12	0,65	0,69
	RCV5	-0,13	0,15	0,03	0,13	0,31
	RCV6	-0,35	-0,41	0,04	0,35	0,58
	RCV7	-0,62	-0,79	0,16	0,60	1,02
2	RCV1	-0,45	-1,34	0,48	0,02	1,43
	RCV2	0,18	0,18	-0,12	0,21	0,31
	RCV3	-0,38	0,22	0,42	0,11	0,54
	RCV4	0,03	0,46	0,19	0,57	0,78
	RCV5	-0,09	0,10	0,14	0,14	0,37
	RCV6	-0,50	-1,03	0,45	-0,27	1,16
	RCV7	-0,91	-1,28	0,88	-0,25	1,60
3	RCV1	0,70	-0,18	-0,66	0,25	0,78
	RCV2	0,75	0,90	-0,01	1,43	1,72
	RCV3	0,11	0,23	0,56	1,16	1,40
	RCV4	-0,09	-0,02	1,52	1,81	2,18
	RCV5	0,10	0,46	0,23	0,60	0,94
	RCV6	1,10	-0,82	-1,20	0,12	1,55
	RCV7	1,38	-1,52	-1,22	0,64	2,08
4	RCV1	-0,28	0,94	0,30	0,06	1,00
	RCV2	-0,31	-0,94	0,25	-0,65	1,07

	RCV3	-0,06	-0,05	-0,02	-0,29	0,48
	RCV4	0,46	0,39	-0,33	0,55	0,85
	RCV5	-0,31	1,26	0,23	-0,49	1,41
	RCV6	-0,27	0,37	0,15	-1,19	1,28
	RCV7	-0,28	0,27	0,21	-0,42	0,77
5	RCV1	0,25	-0,59	1,04	0,36	1,29
	RCV2	0,07	-0,04	0,37	0,12	0,51
	RCV3	1,60	0,41	1,71	1,82	2,53
	RCV4	1,11	-0,59	1,11	1,25	1,84
	RCV5	-0,97	0,07	1,12	-0,84	1,40
	RCV6	2,02	0,39	-0,07	2,03	2,08
	RCV7	3,16	0,39	1,62	3,38	3,79
6	RCV1	0,11	-0,37	-0,13	-0,22	0,52
	RCV2	0,10	-1,17	-0,08	-0,38	1,26
	RCV3	0,26	-0,98	-0,24	0,12	1,03
	RCV4	-0,10	-0,35	0,06	-0,34	0,50
	RCV5	-0,06	0,28	0,05	-0,06	0,52
	RCV6	0,52	-1,69	-0,48	-0,81	1,94
	RCV7	0,03	-1,47	-0,04	-0,05	1,47
7	RCV1	-0,50	-0,23	0,36	-0,48	0,76
	RCV2	-0,41	-0,36	0,53	0,25	0,80
	RCV3	-1,50	-0,22	1,48	-0,33	1,61
	RCV4	-1,30	-0,37	1,42	0,08	1,51
	RCV5	-0,35	-0,03	0,45	0,18	0,61
	RCV6	0,67	-0,84	-1,17	-1,26	1,94
	RCV7	1,12	-0,40	-1,25	-0,15	1,40
8	RCV1	0,04	0,06	0,26	-0,26	0,77
	RCV2	-0,77	-0,19	-0,42	1,32	1,48
	RCV3	-0,14	0,17	0,09	0,10	0,32
	RCV4	-0,09	0,06	0,06	0,07	0,24
	RCV5	-0,05	0,63	0,24	-0,13	0,81
	RCV6	0,93	-0,70	-0,10	-1,11	1,37
	RCV7	0,79	-0,29	-0,18	-0,87	0,96
9	RCV1	-1,69	-1,36	0,54	-1,68	2,24
	RCV2	-1,02	-0,87	0,06	-1,22	1,53
	RCV3	-0,66	-0,17	0,55	-0,43	0,79
	RCV4	-0,93	-0,23	0,65	-0,70	1,01
	RCV5	-1,35	-0,20	0,00	-1,66	1,69
	RCV6	-1,47	-0,28	0,33	-1,55	1,61
	RCV7	-0,80	-0,87	0,08	-0,92	1,31
10	RCV1	-0,67	-0,75	0,27	-0,63	1,10
	RCV2	-0,06	-0,79	-0,24	-0,13	0,90
	RCV3	0,06	-0,27	0,39	0,16	0,70
	RCV4	-0,11	-0,05	0,44	0,00	0,76
	RCV5	-0,38	0,37	0,00	-0,39	0,75
	RCV6	-0,21	-0,70	-0,45	-0,34	1,01
	RCV7	0,86	0,07	0,14	0,92	0,95
11	RCV1	-0,27	-0,91	0,60	-0,09	1,11
	RCV2	-0,40	-0,14	-0,12	-0,47	0,65
	RCV3	0,27	0,16	0,23	0,31	0,65
	RCV4	1,43	0,56	0,38	1,57	1,75

	RCV5	-0,06	0,21	0,08	-0,03	0,59
	RCV6	-0,54	-1,59	0,41	-0,44	1,73
	RCV7	-0,74	-2,11	0,69	-0,55	2,33
12	RCV1	-0,21	-0,84	0,63	0,04	1,08
	RCV2	0,08	0,01	-0,09	-0,07	0,43
	RCV3	0,53	-0,46	0,82	-0,79	1,29
	RCV4	0,04	1,35	-0,47	0,10	1,46
	RCV5	0,29	-0,07	0,56	-0,47	0,77
	RCV6	0,09	-1,51	1,82	-0,58	2,45
	RCV7	-0,31	-2,43	2,08	-0,23	3,27
13	RCV1	0,14	-0,41	-0,11	-0,15	0,52
	RCV2	-0,80	-0,23	-0,06	0,80	0,94
	RCV3	-1,88	1,67	0,56	1,96	2,66
	RCV4	-1,34	1,00	-0,86	1,26	1,83
	RCV5	-0,11	-0,24	0,01	0,11	0,46
	RCV6	0,16	-0,32	-0,17	-0,18	0,57
	RCV7	-0,05	-0,06	0,06	0,06	0,86
14	RCV1	1,12	-1,14	1,03	0,89	1,79
	RCV2	0,36	-0,43	0,29	0,67	0,94
	RCV3	0,22	0,01	0,18	0,58	0,66
	RCV4	0,77	-0,85	0,60	1,86	2,15
	RCV5	0,14	-0,48	0,12	0,20	0,60
	RCV6	0,45	-0,79	0,32	1,52	1,74
	RCV7	0,59	-0,95	0,48	1,34	1,73
15	RCV1	-0,15	0,15	0,11	0,25	0,40
	RCV2	0,16	0,14	-0,12	-0,14	0,47
	RCV3	-0,34	1,76	0,26	0,51	1,87
	RCV4	-0,45	1,53	0,35	0,94	1,84
	RCV5	-0,11	1,27	0,03	0,35	1,32
	RCV6	-0,21	0,42	0,12	0,37	0,60
	RCV7	-0,04	-0,21	-0,04	0,34	0,47
16	RCV1	-0,07	-1,76	1,33	-1,07	2,49
	RCV2	-0,22	-0,06	0,07	0,21	0,29
	RCV3	-0,05	0,08	0,26	0,03	0,29
	RCV4	0,15	-1,26	0,53	-0,20	1,40
	RCV5	-0,25	-0,13	0,71	0,19	0,83
	RCV6	1,15	-1,38	1,04	-1,25	2,14
	RCV7	1,38	-1,90	1,13	-1,49	2,67
17	RCV1	0,43	-2,46	1,84	-0,48	3,12
	RCV2	0,04	-1,23	1,01	-0,08	1,60
	RCV3	0,38	-0,66	1,06	-0,43	1,33
	RCV4	0,27	-2,67	1,62	-0,33	3,14
	RCV5	0,09	-0,48	1,20	-0,13	1,32
	RCV6	0,44	-1,55	1,69	-0,48	2,38
	RCV7	0,65	-2,63	2,60	-0,64	3,76

Tabela A7. Leituras colorimétricas do 6° ensaio laboratorial em algodão.

Cor	Receitas	ΔC	ΔL	Δa	Δb	ΔE
1	RCO19	0,22	-0,08	0,02	-0,23	0,30
	RCO20	0,15	0,37	0,06	-0,17	0,42

	RCO21	0,12	1,54	0,02	-0,12	1,56
	RCO22	0,17	0,60	-0,02	-0,17	0,65
2	RCO19	0,04	-0,20	-0,04	0,06	0,23
	RCO20	-0,05	0,02	0,07	-0,25	0,28
	RCO21	0,08	1,42	-0,08	-0,03	1,43
	RCO22	-0,07	0,26	0,07	-0,01	0,34
3	RCO19	0,64	-0,17	0,11	1,41	1,45
	RCO20	-0,16	-0,10	0,58	0,66	-0,10
	RCO21	-0,98	0,89	2,05	1,45	2,68
	RCO22	-1,41	0,58	1,73	0,14	1,85
4	RCO19	0,48	-1,68	-0,63	-0,76	1,96
	RCO20	0,19	-0,56	-0,33	-0,28	0,79
	RCO21	-0,33	0,38	0,27	-0,23	0,61
	RCO22	0,06	0,18	-0,08	0,00	0,47
5	RCO19	-1,61	-0,54	-0,18	-1,64	1,74
	RCO20	-1,02	-0,37	0,26	-0,99	1,11
	RCO21	-1,15	1,07	0,95	-1,05	1,96
	RCO22	-0,74	0,52	0,16	-0,73	1,07
6	RCO19	0,21	-1,30	-0,14	-0,34	1,35
	RCO20	0,25	-1,44	-0,25	-0,05	1,46
	RCO21	-0,35	1,21	0,36	-0,04	1,27
	RCO22	-0,26	1,16	0,25	0,11	1,23
7	RCO19	0,83	-0,33	-0,72	0,44	0,93
	RCO20	1,02	-0,30	-0,76	0,81	1,25
	RCO21	-2,26	0,79	2,23	-0,56	2,43
	RCO22	-1,28	0,28	1,34	-0,15	1,39
8	RCO19	-0,56	0,53	-0,43	1,08	1,30
	RCO20	0,42	-0,22	-0,96	0,25	1,07
	RCO21	-1,65	1,58	0,66	1,60	2,35
	RCO22	-0,65	0,70	0,26	0,62	0,99
9	RCO19	0,23	-0,25	-0,01	0,26	0,48
	RCO20	0,57	0,25	0,12	0,71	0,78
	RCO21	-0,09	0,09	0,34	0,07	0,47
	RCO22	0,14	0,25	-0,12	0,09	0,45
10	RCO19	0,31	-0,35	0,26	0,37	0,64
	RCO20	0,97	-0,38	-0,38	0,90	1,07
	RCO21	-0,18	0,36	0,05	-0,17	0,57
	RCO22	0,28	0,45	0,11	0,31	0,68
11	RCO19	-1,26	-0,91	-0,03	-1,33	1,62
	RCO20	-1,05	-0,25	0,19	-1,04	1,30
	RCO21	0,37	1,58	0,07	0,40	1,69
	RCO22	0,33	0,73	0,02	0,35	1,00
12	RCO19	0,15	-0,34	-0,31	-0,07	0,48
	RCO20	-0,18	0,04	-0,20	0,25	0,54
	RCO21	-0,28	0,72	-0,48	0,43	0,98
	RCO22	-0,71	1,44	0,29	0,66	1,61
13	RCO19	0,33	-1,23	-0,24	-0,35	1,34
	RCO20	0,10	-1,21	-0,10	-0,11	1,22
	RCO21	-1,69	1,36	-0,63	1,64	2,24
	RCO22	-1,53	0,96	-0,56	1,49	1,90
14	RCO19	-0,51	0,14	-0,49	-0,20	0,60

	RCO20	-0,53	-0,08	-0,53	-0,09	0,54
	RCO21	-1,62	0,76	-1,64	0,06	1,83
	RCO22	-1,09	0,36	-1,14	0,35	1,26
15	RCO19	-0,04	-0,07	0,28	0,00	0,45
	RCO20	0,18	-0,26	0,30	-0,22	0,51
	RCO21	-1,16	1,01	-0,66	1,27	1,76
	RCO22	-1,05	0,72	-0,07	1,07	1,30
16	RCO19	-0,04	-0,66	-0,15	0,04	0,69
	RCO20	-0,88	0,56	-0,14	0,88	1,07
	RCO21	-0,34	0,27	-0,30	0,35	0,55
	RCO22	-0,54	0,70	0,27	0,53	0,94
17	RCO19	0,22	-0,08	0,02	-0,23	0,30
	RCO20	0,15	0,37	0,06	-0,17	0,42
	RCO21	0,12	1,54	0,02	-0,12	1,56
	RCO22	0,17	0,60	-0,02	-0,17	0,65

Tabela A8. Leituras colorimétricas do 7° ensaio laboratorial em viscose.

Cor	Receitas	ΔC	ΔL	Δa	Δb	ΔE
1	RCV1'	-0,61	0,28	0,12	0,60	0,73
	RCV6'	-1,03	0,24	0,30	1,00	1,08
	RCV8	-0,51	1,54	0,21	0,48	1,64
	RCV9	-0,69	0,98	0,10	0,69	1,20
	RCV10	-0,79	1,48	0,14	0,78	1,69
	RCV11	-0,93	0,93	0,35	0,89	1,36
	RCV12	-1,02	2,45	0,24	1,00	2,66
	RCV13	-0,71	1,93	0,35	0,68	2,07
2	RCV1'	0,07	-0,15	0,20	0,80	0,93
	RCV6'	-0,45	-0,42	0,77	0,77	1,21
	RCV8	-0,52	0,26	0,82	0,62	1,09
	RCV9	-0,12	0,97	0,46	0,88	1,41
	RCV10	-0,22	1,27	0,54	0,84	1,62
	RCV11	-0,27	0,39	0,62	0,91	1,28
	RCV12	-0,26	0,71	0,66	0,95	1,43
	RCV13	-0,15	2,23	0,57	1,01	2,52
3	RCV1'	0,39	-0,24	0,59	1,83	1,99
	RCV6'	-0,26	-2,01	1,00	1,25	2,59
	RCV8	-0,77	0,47	2,13	2,14	3,06
	RCV9	-1,49	0,40	2,67	1,64	3,18
	RCV10	-0,14	0,46	1,15	1,74	2,24
	RCV11	-0,78	-0,42	1,99	1,94	2,83
	RCV12	-1,24	0,42	2,38	1,69	2,98
	RCV13	-0,67	1,96	3,61	4,58	6,16
4	RCV1'	-0,13	2,49	0,22	1,24	2,79
	RCV6'	-0,39	3,44	0,43	1,04	3,62
	RCV8	-0,17	2,74	0,32	1,35	3,08
	RCV9	-0,57	3,06	0,71	1,33	3,43
	RCV10	-0,04	1,35	0,01	0,66	1,53
	RCV11	-0,33	1,85	0,54	1,66	2,55
	RCV12	-0,77	2,64	0,79	0,82	2,82
	RCV13	-0,11	1,20	0,13	0,82	1,50

5	RCV1'	1,3	-0,13	0,96	1,40	1,74
	RCV6'	1,88	-0,59	0,06	1,90	2,06
	RCV8	1,07	-0,18	3,07	1,35	3,40
	RCV9	0,22	-0,62	2,60	0,46	2,84
	RCV10	1,14	0,51	1,39	1,28	1,99
	RCV11	2,05	-0,28	2,57	2,32	3,50
	RCV12	2,21	0,48	2,98	2,51	3,97
	RCV13	0,72	-0,24	3,01	1,02	3,32
6	RCV1'	-0,53	1,48	0,47	0,82	1,76
	RCV6'	-0,36	0,50	0,27	0,68	0,91
	RCV8	-0,70	2,76	0,66	1,18	3,07
	RCV9	-0,73	2,77	0,70	0,78	2,96
	RCV10	-0,75	3,36	0,74	0,75	3,53
	RCV11	-0,65	2,82	0,57	1,10	3,10
	RCV12	-0,86	4,11	0,84	1,15	4,35
	RCV13	-0,47	3,47	0,44	1,03	3,65
7	RCV1'	-1,30	-0,10	1,76	0,96	2,03
	RCV6'	1,14	-0,43	-1,09	0,35	1,29
	RCV8	-4,28	0,78	5,06	1,11	5,25
	RCV9	-4,07	1,59	4,64	0,66	4,95
	RCV10	-3,05	0,92	3,26	-0,02	3,41
	RCV11	-2,14	0,38	2,68	1,01	2,91
	RCV12	-3,00	1,19	3,34	0,31	3,59
	RCV13	-2,90	1,94	3,83	1,74	4,64
8	RCV1'	-1,11	0,18	0,67	0,88	1,17
	RCV6'	-0,20	0,30	0,32	0,02	0,51
	RCV8	-1,88	2,32	0,63	1,90	3,07
	RCV9	-1,59	2,21	-0,28	2,26	3,22
	RCV10	-0,29	1,96	-0,29	0,59	2,08
	RCV11	-1,95	2,60	0,75	1,84	3,28
	RCV12	-0,50	1,65	-0,41	0,97	1,99
	RCV13	-4,08	3,49	2,22	3,45	5,40
9	RCV1'	0,86	0,56	0,37	1,31	1,49
	RCV6'	0,30	-0,13	-0,29	0,16	0,42
	RCV8	0,08	0,87	0,56	0,54	1,19
	RCV9	0,52	-0,22	-0,67	0,10	0,81
	RCV10	0,09	0,70	0,26	0,31	0,85
	RCV11	0,30	0,01	-0,18	0,24	0,50
	RCV12	-0,49	0,68	0,82	-0,03	1,14
	RCV13	0,07	0,84	0,75	0,60	1,36
10	RCV1'	0,78	0,25	0,33	0,89	1,07
	RCV6'	-0,05	0,21	-0,19	-0,10	0,40
	RCV8	-1,42	0,64	0,87	-1,24	1,66
	RCV9	-1,51	-0,76	-0,40	-1,69	1,90
	RCV10	-1,46	0,32	1,14	-1,23	1,72
	RCV11	-0,25	-0,10	-0,54	-0,32	0,73
	RCV12	-1,08	0,39	0,84	-0,90	1,33
	RCV13	-0,34	0,35	0,66	-0,18	0,96
11	RCV1'	0,47	0,34	0,56	0,67	0,96
	RCV6'	-0,59	-2,30	0,53	-0,44	2,44
	RCV8	0,46	-0,02	1,44	0,88	1,73

	RCV9	0,88	0,51	0,86	1,16	1,14
	RCV10	0,73	1,16	1,08	1,07	1,92
	RCV11	0,85	-0,16	1,02	1,18	1,61
	RCV12	1,11	1,40	1,22	1,51	2,42
	RCV13	1,09	0,24	0,93	1,42	1,75
12	RCV1'	-0,74	0,87	-0,10	0,80	1,19
	RCV6'	-0,40	-0,99	0,46	0,29	1,14
	RCV8	-1,12	1,22	0,26	1,08	1,69
	RCV9	-1,00	1,53	0,02	1,02	1,85
	RCV10	-0,24	1,17	0,32	0,16	1,31
	RCV11	-0,63	0,49	0,75	0,47	1,05
	RCV12	-1,04	0,45	0,89	0,85	1,34
	RCV13	-2,01	4,86	1,46	1,72	5,37
13	RCV1'	-1,21	1,56	0,34	1,26	2,05
	RCV6'	0,18	-0,51	-0,48	-0,23	0,77
	RCV8	-2,88	3,15	-0,32	2,87	4,28
	RCV9	-1,94	2,00	-0,91	1,87	2,92
	RCV10	-2,31	3,32	-0,68	2,25	4,08
	RCV11	-1,26	2,02	-1,01	1,18	2,57
	RCV12	-2,65	4,13	-1,12	2,55	4,99
	RCV13	-3,71	4,66	1,13	3,93	6,21
14	RCV1'	-0,79	-0,25	-0,77	-0,20	0,91
	RCV6'	0,56	-0,98	0,45	1,12	1,57
	RCV8	-3,48	0,60	-3,42	-0,73	3,57
	RCV9	-2,57	-0,19	-2,59	-0,03	2,61
	RCV10	-3,37	0,20	-3,34	-0,45	3,38
	RCV11	-0,94	-0,62	-1,06	1,07	1,76
	RCV12	-1,26	-0,31	-1,30	0,37	1,39
	RCV13	-3,02	-0,26	-3,08	0,48	3,14
15	RCV1'	-0,58	0,34	0,47	0,71	0,92
	RCV6'	-0,45	-1,18	0,33	0,55	1,41
	RCV8	-0,81	2,53	0,75	1,21	2,91
	RCV9	-0,95	1,94	0,81	1,18	2,42
	RCV10	-1,06	2,43	0,30	1,30	2,81
	RCV11	-0,70	2,22	0,57	1,47	2,73
	RCV12	-0,74	3,08	0,67	1,36	3,44
	RCV13	-0,80	3,22	0,69	1,23	3,52
16	RCV1'	-0,71	-0,16	-0,22	0,73	0,81
	RCV6'	0,36	-0,77	0,22	-0,38	0,92
	RCV8	-1,71	1,53	-0,73	1,79	2,49
	RCV9	-1,63	1,19	-0,66	1,71	2,20
	RCV10	-1,64	1,44	-0,80	1,74	2,42
	RCV11	0,17	-0,66	-0,24	-0,15	0,76
	RCV12	-0,99	0,89	-1,09	1,12	1,83
	RCV13	-1,87	1,85	-0,43	1,93	2,72
17	RCV1'	-0,51	0,16	-0,39	0,52	0,67
	RCV6'	0,05	-1,66	0,84	-0,04	1,88
	RCV8	-0,70	0,82	0,01	0,70	1,12
	RCV9	-0,74	0,16	0,14	0,74	0,80
	RCV10	-0,82	0,47	-0,22	0,83	0,99
	RCV11	-0,13	-1,06	0,76	0,13	1,35

	RCV12	0,06	-0,84	1,03	-0,05	1,38
	RCV13	-1,13	0,17	0,51	1,13	1,40

Tabela A9. Leituras colorimétricas do 8° ensaio laboratorial em algodão.

Cor	Receitas	ΔC	ΔL	Δa	Δb	ΔE
	RCO19'	0,03	-0,10	0,12	-0,06	0,21
	RCO23	-0,04	-0,63	0,07	0,03	0,64
	RCO24	0,13	0,40	-0,09	-0,11	0,44
	RCO25	-0,38	-0,63	0,12	0,36	0,75
1	RCO26	0,07	-0,28	0,03	-0,08	0,34
	RCO27	-0,29	-0,68	0,20	0,26	0,76
	RCO28	0,45	0,42	-0,08	-0,44	0,65
	RCO29	-0,11	-1,43	0,24	0,06	1,45
	RCO30	0,12	-0,17	-0,11	-0,10	0,40
	RCO19'	-0,24	-0,86	0,23	0,04	0,89
	RCO23	-0,05	-0,47	0,03	0,05	0,47
	RCO24	0,11	0,07	-0,15	0,15	0,42
	RCO25	-0,20	-0,78	0,11	0,40	0,89
2	RCO26	0,46	0,78	-0,15	-0,05	0,82
	RCO27	-0,22	-0,88	0,17	0,27	0,95
	RCO28	0,52	1,56	-0,40	-0,48	1,68
	RCO29	-0,31	-1,53	0,30	0,08	1,55
	RCO30	0,12	-0,20	0,00	-0,40	0,51
	RCO19'	1,98	-0,81	-0,48	3,19	3,34
	RCO23	0,89	0,28	0,28	2,29	2,33
	RCO24	0,82	-0,46	0,05	1,78	1,88
	RCO25	2,61	-0,62	-1,18	3,22	3,50
3	RCO26	0,94	0,20	-0,04	1,87	1,91
	RCO27	1,10	-0,48	0,19	2,61	2,69
	RCO28	-0,45	0,76	0,83	0,58	1,30
	RCO29	1,43	-0,70	-0,58	1,94	2,15
	RCO30	2,19	-0,11	-1,53	1,81	2,45
	RCO19'	0,84	-1,10	-0,60	-1,03	1,64
	RCO23	0,25	-2,23	-0,17	-0,39	2,28
	RCO24	-0,51	1,21	0,48	0,33	1,37
	RCO25	-0,14	0,27	0,11	0,18	0,38
4	RCO26	0,11	0,17	-0,11	-0,01	0,54
	RCO27	-0,35	0,20	0,35	0,06	0,49
	RCO28	0,83	-1,33	-0,67	-0,75	1,68
	RCO29	-0,65	0,46	0,59	0,51	0,92
	RCO30	0,37	-0,42	-0,22	-0,59	0,79
	RCO19'	1,03	-0,06	-0,20	1,01	1,05
	RCO23	0,87	0,17	-1,26	0,70	1,47
	RCO24	-0,40	-0,23	-0,62	-0,49	1,08
	RCO25	1,13	-0,07	-1,02	0,99	1,47
5	RCO26	0,28	0,05	-0,68	0,18	0,77
	RCO27	0,92	-0,33	-0,28	0,89	1,02
	RCO28	-1,10	-0,39	-0,67	-1,21	1,45
	RCO29	0,04	-0,21	-1,16	-0,15	1,28
	RCO30	-0,16	0,15	-0,91	-0,30	0,97

6	RCO19'	-0,15	-0,71	0,11	0,10	0,78
	RCO23	0,94	-2,96	-0,39	-1,07	3,17
	RCO24	0,47	-0,42	-0,26	-0,49	0,74
	RCO25	0,05	-0,61	-0,13	0,13	0,84
	RCO26	0,47	-0,75	-0,29	-0,42	0,90
	RCO27	0,10	-1,05	0,06	-0,33	1,11
	RCO28	0,88	-1,45	-0,47	-0,87	1,76
	RCO29	0,71	-3,05	-0,18	-1,02	3,23
	RCO30	0,76	-1,28	-0,34	-0,91	1,62
7	RCO19'	2,48	0,03	-2,07	1,54	2,58
	RCO23	3,20	-0,11	-2,46	2,47	3,49
	RCO24	-0,41	0,63	0,37	-0,20	0,81
	RCO25	2,64	-0,09	-2,28	1,45	2,71
	RCO26	0,68	0,15	-0,49	0,64	0,84
	RCO27	1,61	0,02	-0,96	1,96	2,19
	RCO28	1,97	0,08	-1,59	1,36	2,10
	RCO29	3,10	-0,11	-2,20	2,87	3,63
	RCO30	1,66	0,10	-1,60	0,46	1,72
8	RCO19'	-0,48	0,39	0,43	0,26	0,68
	RCO23	-0,24	0,10	0,76	-0,29	0,86
	RCO24	-0,14	0,60	-0,11	0,26	0,76
	RCO25	-0,06	0,16	-0,11	0,16	0,35
	RCO26	-0,44	0,78	0,10	0,48	0,95
	RCO27	-0,09	0,54	0,04	0,08	0,69
	RCO28	-0,78	0,56	0,41	0,67	0,97
	RCO29	-0,85	0,72	0,74	0,50	1,22
	RCO30	0,42	0,18	-0,15	-0,40	0,50
9	RCO19'	0,01	0,01	-0,29	-0,19	0,40
	RCO23	-0,06	-0,42	-0,43	-0,04	0,72
	RCO24	-0,06	0,51	0,07	-0,03	0,52
	RCO25	-0,70	-0,37	-0,22	-1,08	1,42
	RCO26	0,30	0,17	-0,37	0,10	0,68
	RCO27	-0,17	-0,89	-0,73	-0,81	1,44
	RCO28	0,56	-0,43	-0,68	0,19	1,00
	RCO29	0,38	0,03	-0,24	0,31	0,49
	RCO30	-0,31	-0,26	-0,42	-0,67	0,85
10	RCO19'	0,56	-0,02	-0,59	0,43	0,76
	RCO23	1,17	-0,16	-0,78	1,01	1,30
	RCO24	-0,71	0,20	-0,16	-0,78	0,83
	RCO25	0,16	0,00	-0,70	-0,02	0,81
	RCO26	1,24	-0,08	-1,06	1,01	1,49
	RCO27	0,44	0,28	-0,78	0,25	0,88
	RCO28	1,20	-0,35	-0,59	1,09	1,33
	RCO29	1,62	-0,17	-0,99	1,42	1,77
	RCO30	-0,36	-0,05	-0,61	-0,53	0,83
11	RCO19'	-0,48	-0,60	-0,21	-0,60	0,87
	RCO23	-0,74	-0,98	-0,33	-0,92	1,39
	RCO24	-0,02	0,14	-0,45	-0,20	0,52
	RCO25	0,31	-1,04	-0,32	-0,15	1,10
	RCO26	-0,36	-0,65	-0,46	-0,51	0,91
	RCO27	-0,24	-1,32	0,12	-0,21	1,36

	RCO28	-0,67	0,54	-0,26	-0,82	1,03
	RCO29	-1,02	-0,60	-0,28	-1,21	1,40
	RCO30	-0,40	0,12	-0,54	-0,65	0,91
	RCO19'	-0,30	-0,49	-0,11	0,33	0,63
	RCO23	-0,09	-0,64	-0,54	0,22	0,88
	RCO24	0,12	0,15	-0,38	-0,03	0,46
	RCO25	-0,01	-0,68	-0,49	0,12	0,85
12	RCO26	-0,07	-0,01	-0,54	0,20	0,60
	RCO27	-0,75	-0,35	-0,47	0,88	1,06
	RCO28	-0,10	0,73	-0,28	0,16	0,80
	RCO29	-0,49	0,53	-0,19	0,54	0,79
	RCO30	-0,04	-0,33	-0,20	0,08	0,42
	RCO19'	0,76	-0,70	0,55	-0,69	1,14
	RCO23	0,51	-0,44	0,85	-0,40	1,04
	RCO24	-0,05	0,33	-0,17	0,03	0,44
	RCO25	0,44	-0,62	0,66	-0,35	0,99
13	RCO26	-0,82	1,40	-0,52	0,76	1,68
	RCO27	-0,35	-0,90	0,26	0,39	1,03
	RCO28	0,24	-0,54	0,59	-0,35	0,90
	RCO29	0,91	-1,12	1,16	-0,73	1,78
	RCO30	0,11	0,18	0,23	-0,07	0,41
	RCO19'	-0,54	0,39	-0,56	0,18	0,73
	RCO23	0,21	-0,06	0,29	-0,71	0,85
	RCO24	-0,94	0,42	-0,85	-0,86	1,29
	RCO25	-0,60	0,59	-0,57	-0,44	0,95
14	RCO26	-1,21	0,16	-1,19	-0,27	1,24
	RCO27	-0,25	0,28	-0,35	0,95	1,12
	RCO28	0,47	-0,18	0,44	0,29	0,58
	RCO29	-0,07	0,31	-0,02	-0,49	0,72
	RCO30	-0,13	0,51	-0,05	-0,35	0,67
	RCO19'	0,35	-1,21	-0,30	-0,17	1,28
	RCO23	0,03	-1,66	0,01	-0,06	1,68
	RCO24	0,14	0,04	-0,13	-0,07	0,19
	RCO25	-0,20	-0,05	0,01	0,31	0,57
15	RCO26	-0,41	1,01	0,09	0,57	1,18
	RCO27	-0,68	-0,75	0,39	0,61	1,04
	RCO28	0,79	-0,49	-0,39	-0,76	1,01
	RCO29	-0,06	-0,95	0,10	-0,03	0,96
	RCO30	0,45	-0,25	-0,23	-0,44	0,57
	RCO19'	-0,46	0,45	-0,61	0,52	0,99
	RCO23	0,18	0,02	0,58	-0,23	0,70
	RCO24	-0,37	0,45	0,14	0,36	0,67
	RCO25	-0,12	0,60	-0,44	0,15	0,78
16	RCO26	-0,71	0,63	-0,53	0,76	1,13
	RCO27	-0,94	0,39	-0,44	0,98	1,16
	RCO28	-1,62	0,69	0,76	1,58	1,89
	RCO29	0,31	-0,28	0,86	-0,36	0,99
	RCO30	-0,31	0,45	0,16	0,29	0,64
	RCO19'	-0,20	0,39	-0,60	0,20	0,76
17	RCO23	0,21	-0,61	-0,22	-0,22	0,71
	RCO24	0,04	0,63	-0,59	-0,04	0,89

	RCO25	0,08	-0,09	-0,27	-0,08	0,48
	RCO26	0,12	0,25	0,06	-0,12	0,33
	RCO27	-0,64	0,05	-1,03	0,67	1,23
	RCO28	-0,53	1,80	-0,42	0,53	1,93
	RCO29	-0,61	1,20	-0,54	0,61	1,48
	RCO30	-0,01	0,52	-0,27	0,00	0,66

Tabela A10. Leituras colorimétricas do 9° ensaio laboratorial em viscose.

Cor	Receitas	ΔC	ΔL	Δa	Δb	ΔE
	RCV6'	-0,48	-1,44	0,35	0,44	1,55
	RCV14	-0,58	-0,49	0,17	0,57	0,85
	RCV15	-0,42	-0,10	0,10	0,42	0,44
	RCV16	-0,37	-0,10	0,05	0,37	0,43
1	RCV17	-0,48	-0,70	0,20	0,46	0,87
	RCV18	-0,89	-0,22	0,18	0,88	0,92
	RCV19	-0,67	-0,61	0,31	0,64	0,94
	RCV20	-1,02	-0,77	0,19	1,00	1,28
	RCV21	-0,62	-0,67	0,28	0,60	0,94
	RCV6'	-0,71	-0,73	0,64	0,31	1,02
	RCV14	-0,18	-0,19	0,06	0,39	0,46
	RCV15	-0,17	0,43	0,04	0,56	0,75
	RCV16	0,03	-0,46	-0,17	0,45	0,69
2	RCV17	-0,19	-0,33	0,09	0,31	0,47
	RCV18	-0,69	-0,63	0,55	0,84	1,19
	RCV19	-0,52	-0,21	0,47	0,24	0,56
	RCV20	-0,69	-1,21	0,57	0,43	1,41
	RCV21	-0,69	-1,03	0,56	0,51	1,28
	RCV6'	-0,32	-1,49	0,50	0,29	1,60
	RCV14	-0,32	-0,17	1,00	1,23	1,63
	RCV15	-0,71	0,94	0,70	0,28	2,32
	RCV16	-0,50	-0,21	1,31	1,43	1,97
3	RCV17	0,05	0,17	0,68	1,43	1,60
	RCV18	-1,45	-1,36	2,38	1,42	3,09
	RCV19	0,51	-1,18	0,22	1,53	1,94
	RCV20	-0,11	-2,49	0,26	0,29	2,52
	RCV21	-0,64	-1,58	1,18	0,90	2,17
	RCV6'	-0,25	0,83	0,12	0,56	1,01
	RCV14	-0,05	-0,12	0,02	0,11	0,43
	RCV15	-0,27	1,48	0,04	1,06	1,89
	RCV16	-0,04	0,09	-0,14	0,55	0,83
4	RCV17	0,03	0,70	-0,20	0,48	0,99
	RCV18	-0,68	1,88	0,52	1,50	2,46
	RCV19	-0,60	1,85	0,36	1,10	2,18
	RCV20	-0,42	0,35	0,33	36,00	0,60
	RCV21	-0,35	1,08	0,25	0,40	1,18
	RCV6'	2,24	-0,65	1,89	2,46	3,17
	RCV14	-0,09	-0,19	-0,26	-0,12	0,42
5	RCV15	0,34	-0,18	0,86	0,43	1,04
	RCV16	0,84	-0,05	0,23	0,87	0,92
	RCV17	1,33	0,56	0,11	1,35	1,49

	RCV18	2,87	-1,02	2,25	3,13	3,98
	RCV19	1,96	-0,52	0,63	2,05	2,21
	RCV20	3,31	-0,03	1,38	3,50	3,76
	RCV21	2,35	-0,87	2,01	2,59	3,39
6	RCV6'	-0,59	0,69	0,35	0,49	0,92
	RCV14	-0,03	0,19	-0,07	0,14	0,53
	RCV15	-0,05	0,27	0,06	0,01	0,35
	RCV16	0,65	-1,82	-0,34	-0,57	1,95
	RCV17	0,17	-0,40	0,02	-0,26	0,53
	RCV18	-1,02	0,62	0,52	0,96	1,26
	RCV19	-0,33	1,35	0,23	0,23	1,39
	RCV20	-0,32	-0,27	0,12	0,34	0,45
	RCV21	-0,83	1,05	0,40	0,81	1,38
7	RCV6'	-0,83	-0,45	0,82	-0,18	0,95
	RCV14	0,09	-0,35	0,32	1,14	1,28
	RCV15	-2,06	0,32	2,40	0,56	2,49
	RCV16	0,33	-0,80	-0,05	0,85	1,19
	RCV17	0,20	-0,40	0,08	0,81	1,03
	RCV18	-2,01	-0,25	2,37	0,65	2,48
	RCV19	-3,10	0,75	3,19	-0,26	3,29
	RCV20	-0,10	-0,35	0,22	0,34	0,53
	RCV21	-1,71	-0,44	1,72	-0,23	1,80
8	RCV6'	0,23	-0,97	-0,28	-0,07	1,01
	RCV14	-0,46	-0,53	0,05	0,55	0,79
	RCV15	-1,33	0,42	0,68	1,16	1,44
	RCV16	-0,64	-0,72	0,63	0,32	1,05
	RCV17	-0,83	-0,31	0,02	1,05	1,21
	RCV18	-1,43	0,15	0,98	1,05	1,45
	RCV19	-2,03	0,84	1,09	1,73	2,21
	RCV20	-0,14	-0,62	0,16	0,06	0,65
	RCV21	-0,48	-0,34	0,13	0,51	0,63
9	RCV6'	0,12	0,42	0,22	0,31	0,57
	RCV14	0,17	0,36	0,15	0,34	0,55
	RCV15	-0,28	0,65	0,45	-0,01	0,83
	RCV16	0,36	-0,01	-0,06	0,41	0,52
	RCV17	0,40	0,34	0,12	0,61	0,74
	RCV18	0,08	0,47	0,21	0,25	0,57
	RCV19	0,41	-0,25	-0,48	0,12	0,56
	RCV20	-0,01	0,61	0,22	0,14	0,67
	RCV21	0,02	0,36	0,43	0,34	0,66
10	RCV6'	0,13	0,43	0,16	0,15	0,49
	RCV14	0,92	0,17	-0,23	0,90	0,96
	RCV15	0,00	0,60	-0,31	-0,05	0,77
	RCV16	0,05	-0,52	0,11	0,07	0,67
	RCV17	-0,22	0,03	-0,22	-0,26	0,67
	RCV18	0,62	0,26	-0,06	0,61	0,67
	RCV19	0,02	-0,70	-0,43	-0,04	0,82
	RCV20	0,04	0,12	0,04	0,05	0,13
	RCV21	0,44	0,01	-0,09	0,44	0,44
11	RCV6'	-0,50	-1,15	0,55	-0,37	1,33
	RCV14	0,23	0,48	-0,19	0,19	0,56

	RCV15	0,61	1,19	-0,26	0,56	1,42
	RCV16	-0,27	-0,37	-0,22	-0,34	0,69
	RCV17	-0,27	0,35	-0,38	-0,39	0,74
	RCV18	-0,07	-0,76	0,91	0,14	1,20
	RCV19	-0,22	0,32	0,24	-0,17	0,43
	RCV20	-0,22	-0,88	0,77	-0,04	1,13
	RCV21	-0,37	-0,45	0,42	-0,28	0,68
12	RCV6'	-0,41	-1,21	0,40	0,35	1,32
	RCV14	-0,47	0,68	-0,22	0,53	0,92
	RCV15	-0,39	1,23	-0,07	0,41	1,32
	RCV16	-0,53	0,14	-0,10	0,57	0,61
	RCV17	0,11	-0,66	-0,03	-0,11	0,72
	RCV18	-1,37	-0,36	0,23	1,35	1,42
	RCV19	-1,07	-0,37	0,37	1,14	1,14
	RCV20	-1,07	-1,68	0,53	0,99	2,02
	RCV21	-0,72	-0,27	0,11	0,71	0,77
13	RCV6'	0,70	0,68	-0,90	0,57	1,26
	RCV14	0,34	1,10	-0,68	-0,45	1,38
	RCV15	-2,14	1,77	-1,28	1,96	2,98
	RCV16	-0,51	0,15	-0,34	0,46	0,88
	RCV17	-0,12	0,48	0,28	0,17	0,72
	RCV18	-1,82	0,43	-0,96	1,68	1,99
	RCV19	-1,26	1,32	-1,05	1,12	2,02
	RCV20	0,18	-0,29	-0,54	-0,27	0,67
	RCV21	-1,81	0,94	-1,62	1,58	2,45
14	RCV6'	0,56	-0,24	0,43	1,21	1,31
	RCV14	-0,45	0,34	-0,46	0,05	0,58
	RCV15	-2,08	0,84	-2,08	-0,04	2,26
	RCV16	-0,29	-0,01	-0,44	1,24	1,33
	RCV17	-0,25	0,12	-0,26	0,10	0,68
	RCV18	-0,61	-0,24	-0,86	2,17	2,34
	RCV19	-1,34	0,35	-1,44	0,85	1,71
	RCV20	0,84	-0,81	0,72	1,18	1,60
	RCV21	-1,44	-0,04	-1,62	1,57	2,26
15	RCV6'	-0,23	0,07	0,21	0,15	0,27
	RCV14	0,06	-0,52	-0,01	-0,07	0,53
	RCV15	-0,69	2,08	0,31	0,61	2,20
	RCV16	-0,17	-1,00	-0,02	0,21	1,03
	RCV17	0,42	-1,08	-0,17	-0,39	1,18
	RCV18	-1,77	1,46	0,75	1,61	2,30
	RCV19	-0,78	1,88	0,32	0,71	2,04
	RCV20	-0,60	-0,87	0,09	0,63	1,08
	RCV21	-1,36	2,61	0,53	1,26	2,94
16	RCV6'	-0,19	0,18	-0,12	0,19	0,29
	RCV14	-0,24	0,99	-0,57	0,27	1,23
	RCV15	-2,02	1,76	-1,44	2,11	3,12
	RCV16	-0,80	0,05	-0,49	0,82	0,98
	RCV17	-0,36	0,65	-0,27	0,37	0,81
	RCV18	0,52	-0,17	-0,40	0,54	0,69
	RCV19	-1,28	1,20	-0,77	1,32	1,94
	RCV20	0,70	-1,02	-0,11	-0,70	1,24

	RCV21	-0,74	0,09	-0,59	0,77	0,97
17	RCV6'	0,04	-1,36	0,17	-0,02	1,37
	RCV14	-0,99	1,52	-1,01	0,87	2,03
	RCV15	-0,59	1,36	-1,36	0,44	2,02
	RCV16	-0,84	0,32	-0,74	0,76	1,14
	RCV17	-0,15	0,22	-0,22	0,27	0,70
	RCV18	-0,93	-1,47	-0,48	0,88	1,78
	RCV19	-0,06	-0,05	0,14	0,09	0,17
	RCV20	0,41	-2,16	0,40	-0,36	2,22
	RCV21	-0,65	-0,44	-0,03	0,65	0,79

Tabela A11. Leituras colorimétricas do 10º ensaio laboratorial em algodão.

Cor	Receitas	ΔC	ΔL	Δa	Δb	ΔE
1	RCO23'	-0,49	0,35	0,10	0,48	0,60
	RCO29'	-0,77	0,24	0,26	0,73	0,81
	RCO31	-1,39	0,99	0,33	0,35	1,71
	RCO32	-0,66	-0,13	0,30	0,62	0,70
	RCO33	-0,71	-0,76	0,26	0,67	1,05
	RCO34	-0,75	-0,34	0,30	0,71	0,84
	RCO35	-0,95	-0,30	0,32	0,90	1,01
	RCO36	-0,99	-0,45	0,36	0,93	1,10
2	RCO23'	-0,40	0,41	0,33	0,71	0,89
	RCO29'	-0,62	-0,40	0,58	0,48	0,85
	RCO31	-0,99	0,80	0,92	0,70	1,41
	RCO32	-0,76	-0,51	0,69	0,64	1,07
	RCO33	-0,55	-0,78	0,50	0,52	1,06
	RCO34	-0,73	-1,18	0,72	0,15	1,39
	RCO35	-0,58	-0,16	0,53	0,73	0,91
	RCO36	-0,74	-0,76	0,72	0,84	1,34
3	RCO23'	-1,88	-0,53	1,57	-1,04	1,96
	RCO29'	-0,35	-0,73	0,38	-0,06	0,83
	RCO31	-3,30	1,10	4,58	0,90	4,80
	RCO32	-0,78	-0,63	0,87	-0,09	1,08
	RCO33	-0,35	-0,97	0,44	0,05	1,07
	RCO34	-0,22	-0,94	0,10	-0,25	0,98
	RCO35	-0,23	-1,02	0,19	-0,13	1,04
	RCO36	-0,93	-1,33	1,36	0,40	1,95
4	RCO23'	-0,59	0,84	0,56	0,82	1,30
	RCO29'	-1,08	1,53	1,02	0,86	2,03
	RCO31	-1,38	2,77	1,48	1,85	3,64
	RCO32	-0,81	1,37	0,79	1,09	1,92
	RCO33	-0,91	1,44	0,83	0,91	1,89
	RCO34	-1,02	1,78	0,99	1,15	2,34
	RCO35	-0,95	1,66	0,87	0,95	2,10
	RCO36	-1,06	1,93	1,16	1,69	2,82
5	RCO23'	-0,19	0,10	1,13	-0,04	1,13
	RCO29'	0,56	-0,01	1,01	0,70	1,23
	RCO31	0,47	-0,07	1,58	0,69	1,73
	RCO32	0,54	-0,18	1,28	0,72	1,48
	RCO33	0,91	-0,07	0,65	1,01	1,20

	RC034	1,15	-0,15	0,83	1,27	1,53
	RC035	1,14	0,10	1,03	1,30	1,66
	RC036	1,87	-0,16	1,31	2,07	2,45
6	RC023'	-1,52	2,73	0,95	1,88	3,45
	RC029'	-1,45	2,34	0,93	1,63	3,00
	RC031	-2,07	3,99	1,51	2,67	5,03
	RC032	-1,70	2,42	1,12	2,06	3,37
	RC033	-1,48	1,48	0,95	1,60	2,38
	RC034	-0,94	0,93	0,61	0,91	1,44
	RC035	-1,63	2,21	1,11	1,62	2,96
	RC036	-1,59	1,64	1,03	2,94	3,52
7	RC023'	-1,98	-0,21	2,33	0,42	2,38
	RC029'	-1,31	-0,66	1,34	-0,22	1,50
	RC031	-4,74	1,70	6,31	2,22	6,90
	RC032	-1,95	-0,23	2,28	0,38	2,33
	RC033	-1,34	0,12	1,65	0,43	1,70
	RC034	-1,15	-0,20	1,19	-0,14	1,21
	RC035	-1,15	-0,66	1,18	-1,15	-0,66
	RC036	-1,00	-0,36	1,46	0,87	1,74
8	RC023'	-0,76	0,17	0,20	0,82	0,86
	RC029'	-0,18	-0,26	0,43	-0,11	0,52
	RC031	-3,22	2,46	2,07	2,47	4,06
	RC032	-0,57	-0,01	0,49	0,34	0,60
	RC033	-0,48	0,10	0,53	0,19	0,57
	RC034	-0,13	0,06	-0,19	0,33	0,38
	RC035	-0,06	-0,32	0,57	-0,37	0,76
	RC036	-0,51	-0,02	0,18	0,51	0,54
9	RC023'	0,06	0,69	0,90	0,60	1,29
	RC029'	0,03	0,74	0,51	0,38	0,97
	RC031	-0,16	0,94	0,97	0,41	1,41
	RC032	0,64	0,79	0,79	1,23	1,66
	RC033	-0,24	0,84	0,60	0,12	1,04
	RC034	-0,34	0,28	0,49	-0,07	0,57
	RC035	-0,49	0,73	0,90	0,01	1,16
	RC036	0,13	0,51	0,54	0,51	0,90
10	RC023'	-0,08	0,49	0,62	0,08	0,80
	RC029'	-0,05	0,44	0,34	0,04	0,56
	RC031	0,09	0,67	0,50	0,23	0,87
	RC032	0,20	0,46	0,28	0,28	0,61
	RC033	0,15	0,45	0,25	0,22	0,56
	RC034	-0,02	0,39	0,22	0,05	0,45
	RC035	0,29	0,57	0,08	0,32	0,66
	RC036	0,65	0,40	0,25	0,74	0,88
11	RC023'	0,24	0,11	0,48	0,42	0,64
	RC029'	0,13	-0,40	0,52	0,32	0,73
	RC031	0,53	0,52	0,51	0,73	1,03
	RC032	0,41	-0,52	0,59	0,64	1,01
	RC033	0,26	-0,94	0,53	0,46	1,18
	RC034	0,32	-0,52	0,47	0,50	0,86
	RC035	0,17	-0,67	0,59	0,38	0,97
	RC036	0,46	-0,99	0,91	0,79	1,56

12	RCO23'	-0,95	0,55	-0,43	1,07	1,28
	RCO29'	-0,77	-0,12	0,05	0,78	0,79
	RCO31	-2,23	2,47	-1,15	2,61	3,78
	RCO32	-1,08	-0,37	-0,08	1,13	1,19
	RCO33	-0,82	-0,43	-0,03	0,84	0,95
	RCO34	-0,64	-1,02	0,00	0,66	1,21
	RCO35	-1,01	-0,47	0,10	1,01	1,12
	RCO36	-1,24	-0,78	-0,16	1,31	1,53
13	RCO23'	-2,17	1,74	-1,08	2,04	2,89
	RCO29'	-1,39	0,88	-0,68	1,30	1,71
	RCO31	-3,50	3,51	-1,09	3,38	4,99
	RCO32	-1,55	1,28	-0,21	1,53	2,01
	RCO33	-1,30	0,80	-0,33	1,27	1,53
	RCO34	-0,20	-0,41	-0,15	0,18	0,47
	RCO35	-0,43	0,10	-0,17	0,41	0,46
	RCO36	-0,92	0,05	-0,39	0,87	0,95
14	RCO23'	-0,39	0,36	-0,43	0,34	0,65
	RCO29'	-0,08	-0,34	-0,12	0,44	0,57
	RCO31	-2,58	1,48	-2,54	-0,66	3,01
	RCO32	-0,51	0,20	-0,53	0,18	0,59
	RCO33	-0,11	-0,41	-0,13	0,17	0,46
	RCO34	0,37	-0,61	0,30	0,74	1,01
	RCO35	0,53	-0,27	0,49	0,48	0,74
	RCO36	0,18	0,01	0,11	0,80	0,81
15	RCO23'	-1,28	0,17	0,67	1,23	1,41
	RCO29'	-0,70	-1,24	0,43	0,58	1,44
	RCO31	-2,37	1,90	1,27	2,52	3,40
	RCO32	-1,30	0,07	0,70	1,24	1,43
	RCO33	-1,27	-0,11	0,64	1,29	1,45
	RCO34	-1,11	-0,43	0,61	1,03	1,27
	RCO35	-1,13	-1,31	0,62	1,06	1,79
	RCO36	-1,73	-0,23	0,96	1,78	2,02
16	RCO23'	-0,45	0,33	-0,42	0,49	0,72
	RCO29'	0,08	-0,54	-0,07	-0,08	0,55
	RCO31	-1,97	2,21	-1,01	2,06	3,19
	RCO32	-0,30	0,15	-0,36	0,33	0,51
	RCO33	-0,17	-0,52	-0,21	0,18	0,59
	RCO34	0,59	-1,16	0,36	-0,62	1,36
	RCO35	0,54	-0,95	-0,26	-0,53	1,12
	RCO36	-0,14	-0,52	-0,53	0,18	0,77
17	RCO23'	-0,84	0,01	-0,68	0,83	1,07
	RCO29'	-0,66	-0,48	-0,12	0,66	0,82
	RCO31	-2,80	2,57	-2,41	2,85	4,53
	RCO32	-1,06	-0,17	-0,61	1,05	1,22
	RCO33	-0,67	-0,81	-0,23	0,66	1,07
	RCO34	-0,24	-0,81	0,06	0,24	0,85
	RCO35	-0,65	-0,55	-0,37	0,65	0,93
	RCO36	-0,77	-0,71	-0,65	0,77	1,23