UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TÊXTIL E MODA

AUGUSTO TAIRUM DE ANDRADE

Reutilização de banhos de tingimento de poliéster em batelada com corantes dispersos

São Paulo

2018

AUGUSTO TAIRUM DE ANDRADE

Reutilização de banhos de tingimento de poliéster em batelada com corantes dispersos

Versão corrigida

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo, a fim de obter o título de Mestre em Ciências, Programa de Pós-graduação em Têxtil e Moda.

Versão corrigida contendo as alterações solicitadas pela comissão julgadora em 20 de setembro de 2018. A versão original encontra-se em acervo reservado na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD), de acordo com a Resolução GoPGr 6018, de 13 de outubro de 2011

Área de Concentração:

Materiais e Processos têxteis

Orientador:

Profa. Dra. Regina Aparecida Sanches

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Biblioteca)
CRB 8 - 4936

Andrade, Augusto Tairum de
Reutilização de banhos de tingimento de poliéster em batelada
com corantes dispersos / Augusto Tairum de Andrade ; orientadora,
Regina Aparecida Sanches. – 2018
150 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Filosofia) - Programa de Pós-
Graduação em Estudos Culturais, Escola de Artes, Ciências e
Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo.
Versão corrigida

1. Indústria têxtil - Produção. 2. Indústria têxtil - Aspectos
ambientais. 3. Poliéster. I. Sanches, Regina Aparecida, orient.
II. Título

CDD 22.ed.- 677.028

Nome: ANDRADE, Augusto Tairum de

Título: Reutilização de banhos de tingimento de poliéster em batelada com corantes dispersos

Dissertação apresentada à Escola de Artes,
Ciências e Humanidades da Universidade de São
Paulo, a fim de obter o título de Mestre em
Ciências, Programa de Pós-graduação em Têxtil e
Moda.

Área de Concentração:

Materiais e Processos têxteis

Aprovado em: 20 / 09 / 2018

Banca Examinadora

Prof. Dr. Regina Aparecida Sanches

Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades

Profa. Dra. Camilla Borelli

Centro Universitário FEI

Prof. Dr. Ricardo Belchior Torres

Centro Universitário FEI

Prof. Dr. Shirley Possidonio

Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe Wilma Rodrigues Tairum de Andrade que sempre me incentivou a nunca parar de me aprimorar me apoiando em todos momentos, em especial aos meus avós (in memoriam) Rosa Rodrigues Reigada Tairum e Antônio Augusto Tairum que foram meu espelho e exemplo de vida e a minha namorada Larissa Batista Alves por sempre me apoiar.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Universitário da FEI, em especial o professor Fernando Barros de Vasconcelos pela disponibilidade dos laboratórios de Malharia, Físico e Químico Têxtil.

Ao Artur Radzavicius pela ajuda na fabricação das amostras.

Ao Denver Iannock pela disponibilidade e auxílio sempre que necessário nos ensaios realizados.

A Ouro Verde Chemicals, em especial para o Eng. Vitor Brizado e as Técnicas Andressa Gomes e Thaiane Bulchi pela disponibilidade do laboratório e ajuda com os equipamentos, e ensaios necessários.

Ao Professor Paulo Alfieri pela ajuda na execução desse trabalho, e por sempre acreditar neste trabalho e em todos os desafios encontrados.

À minha orientadora Professora Dra. Regina Aparecida Sanches pela orientação, apoio e disponibilidade durante todo o desenvolvimento deste trabalho

*“Descobrir consiste em olhar para o que
todo mundo está vendo e pensar uma coisa
diferente.”*

Roger Von Oech

RESUMO

ANDRADE, Augusto Tairum de. **Reutilização de banhos de tingimento de poliéster em batelada com corantes dispersos**. 2018. 150 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Versão corrigida

Atualmente, a questão ambiental envolvendo a indústria têxtil, de modo principal, o segmento de beneficiamento têxtil vem sendo discutida em estudos e pesquisas. Dentro deste contexto, os corantes dispersos utilizados no tingimento de fibras de acetato de celulose, poliamida e poliéster podem ser considerados de grande grau de impacto ambiental devido sua grande utilização e sua alta toxicidade. O objetivo principal deste trabalho é avaliar a qualidade de malhas de poliéster fabricados com fios *standard* (167f48 dtex) e microfibras (167f144 dtex), tintas com corantes dispersos C.I *Disperse Red* 60 e C.I *Disperse Blue* 79 com a reutilização dos banhos de tingimento. Foram avaliadas a reprodutibilidade da cor (espectrofotômetro), a solidez à lavagem e à fricção. Os valores experimentais obtidos nos tingimentos do primeiro banho (água limpa) foram usados como referência para analisar a qualidade dos tecidos tintos nos banhos subsequentes. As análises dos resultados experimentais foram feitas usando a análise de variância (ANOVA) com um intervalo de confiança de 95%. Os resultados mostraram os tipos de fios e de corantes utilizados nas tingimentos influenciam significativamente na reprodutibilidade da cor. Entretanto, estes mesmos fatores não foram significativos para as análises de solidez à lavagem e à fricção. O fator banho não foi significativo para as características de qualidade verificadas nos tecidos tintos, indicando que existe viabilidade na reutilização dos banhos de tingimento destes corantes.

Palavra-chave: Corantes dispersos. Poliéster. Reutilização de banhos de tingimento

ABSTRACT

ANDRADE, Augusto Tairum de. **Reuse of batch polyester dyebaths with disperse dyes.** 2018. 150 f. Dissertation (Master of Science) – School of Arts, Science and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, 2018. Corrected version.

Actually, the environmental issue involving the textile industry, mainly, the segment of textile processing has been discussed in studies and research. Within this context, disperse dyes used in the dyeing of cellulose acetate, polyamide and polyester fibers can be considered environmental high impact due to their big demand and high toxicity. The main objective of this work is to evaluate the quality of polyester fabrics made with standard yarns (167f48 dtex) and microfiber (167f144 dtex), disperse colorants C.I Disperse Red 60 and C.I Disperse Blue 79 with the reuse of the dyeing baths. Color reproducibility (spectrophotometer), washing fastness and friction fastness were evaluated. Experimental values obtained on dyeings from the first bath (clean water) were used as reference to analyze the quality of the red tissues in the subsequent baths. Analyzes of the experimental results were done using analysis of variance (ANOVA) with a confidence interval of 95%. The results showed the types of yarns and dyes used in dyeing significantly influence color reproducibility. However, these same factors were not significant for the wash and friction fastness analyzes. The bath factor was not significant for the quality characteristics verified in the red tissues, indicating that there is viability in the reuse of the dyeing baths of these dyes.

Keywords: Disperse dyes. Polyester. Dyebaths reuse

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção mundial de fibra (1980 -2025).....	24
Figura 2– Comparativo entre fio <i>standard</i> e fio de microfibra	25
Figura 3 - Reação de obtenção do ácido tereftálico.....	27
Figura 4– Reação de obtenção do etileno glicol.....	27
Figura 5– Reação de esterificação direta	28
Figura 6– Reação de obtenção do tereftalato de dimetila.....	29
Figura 7– Reação de transesterificação	30
Figura 8– Reação de policondensação para obtenção do PET	30
Figura 9– Representação da estrutura de um Poliéster.....	31
Figura 10– Ligações intermoleculares do Poliéster.....	32
Figura 11– Formação de cristais de oligômero	34
Figura 12– Imagem de oligômeros em cristais e nas fibras	35
Figura 13– Processo de obtenção do fio de Poliéster	37
Figura 14 - Configurações do processo de texturização a ar.	38
Figura 15– Tipos de tecidos	39
Figura 16– Subdivisões dos tipos de Tecidos.....	40
Figura 17 – Espectro visível pelo olho humano	41
Figura 18– Produção global de corantes	43
Figura 19– Representação do corante disperso azo.....	45
Figura 20- Representação do corante disperso antraquinona	46
Figura 21 - Representação do corante disperso quinaftalona e P.Y 138	46
Figura 22 - Representação do corante disperso metina	47
Figura 23 - Representação do corante disperso 4-amina-1,8-naftalimida	47
Figura 24- Representação do corante disperso nitro	48
Figura 25 - Mecanismo de tingimento do Poliéster.....	49
Figura 26 – Fase Cinética do mecanismo tintorial.	50
Figura 27– Fase de difusão do mecanismo tintorial.	51
Figura 28 - Esquema de uma máquina de tingimento HT	53
Figura 29–O equipamento HT da Mathis (esquerda e centro) e a as canecas utilizadas no banho de tingimento.	56
Figura 30 –C.I Disperse Red 60	56

Figura 31 - C.I Disperse Blue 79.....	57
Figura 32 – A esquerda o <i>Wash-tester</i> e a direita a escala de cinza para mudança de cor.....	58
Figura 32 – A esquerda o <i>Crockmeter</i> e a direita a escala de cinza para manchamentos.	58
Figura 34 – Espectrofotômetro X-Rite.	59
Figura 35 – Gráfico Tempo x Temperatura do banho de tingimento.....	60
Figura 36 – Comparação dos valores de densidade linear dos tecidos de malha.	64
Figura 37 – Gráfico de probabilidade normal para ΔL na análise estatística dos 1º banhos....	70
Figura 38 – Gráfico de probabilidade normal para Δa na análise estatística dos 1º banhos. ...	71
Figura 39 – Gráfico de probabilidade normal para Δb na análise estatística dos 1º banhos. ...	71
Figura 40 – Gráfico de interação para ΔL nos 1º banhos.	72
Figura 41 – Gráfico de interação para Δa nos 1º banhos.....	72
Figura 42 – Gráfico de interação para Δb nos 1º banhos.	73
Figura 43 – Gráfico de probabilidade normal para ΔL na análise estatística dos banhos reutilizados.	77
Figura 44 – Gráfico de probabilidade normal para Δa na análise estatística dos banhos reutilizados.	77
Figura 45 – Gráfico de probabilidade normal para Δb na análise estatística dos banhos reutilizados.	78
Figura 46 – Gráfico de interação para ΔL nos banhos reutilizados.....	79
Figura 47 – Gráfico de interação para Δa nos banhos reutilizados.	79
Figura 48 – Gráfico de interação para Δb nos banhos reutilizados.	80
Figura 49 – Simulação de Tukey para fator banho no ΔL nos banhos reutilizados.	81
Figura 50 – Simulação de Tukey para fator banho no Δa nos banhos reutilizados.....	81
Figura 51 – Simulação de Tukey para fator banho no Δb nos banhos reutilizados.....	82
Figura 52 – Simulação de Tukey para fator fio no ΔL nos banhos reutilizados.	82
Figura 53 – Simulação de Tukey para fator fio no Δa nos banhos reutilizados.	83
Figura 54 – Simulação de Tukey para fator fio no Δb nos banhos reutilizados.....	83
Figura 55 – Simulação de Tukey para fator corante no ΔL nos banhos reutilizados.	84
Figura 56 – Simulação de Tukey para fator corante no Δa nos banhos reutilizados.....	84
Figura 57 – Simulação de Tukey para fator corante no Δb nos banhos reutilizados.....	85
Figura 58 – Simulação de Tukey para interação banho x fio no ΔL nos banhos reutilizados..	86
Figura 59 – Simulação de Tukey para interação banho x fio no Δa nos banhos reutilizados. .	86
Figura 60 – Simulação de Tukey para interação banho x fio no Δb nos banhos reutilizados..	87

Figura 61 – Simulação de Tukey para interação banho x corante no ΔL nos banhos reutilizados.Fonte:	87
Figura 62 – Simulação de Tukey para interação banho x corante no Δa nos banhos reutilizados.	88
Figura 63 – Simulação de Tukey para interação banho x corante no Δb nos banhos reutilizados.	88
Figura 64 – Simulação de Tukey para interação fio x corante no ΔL nos banhos reutilizados.	89
Figura 65 – Simulação de Tukey para interação fio x corante no Δa nos banhos reutilizados.	89
Figura 66 – Simulação de Tukey para interação fio x corante no Δb nos banhos reutilizados.	90
Figura 67 – Gráfico de probabilidade normal para FC na análise estatística dos 1º banhos....	92
Figura 68 – Gráfico de interação para FC na análise estatística dos 1º banhos.	93
Figura 69 – Gráfico de probabilidade normal para FC na análise estatística dos banhos reutilizados.	96
Figura 70 – Gráfico de interação fio x corante para a análise estatística dos banhos reutilizados.	96
Figura 71 – Gráfico de interação banho x fio para a análise estatística dos banhos reutilizados.	97
Figura 72 – Gráfico de interação banho x corante para a análise estatística dos banhos reutilizados.	97
Figura 73 – Simulação de Tukey para o fator banho.....	99
Figura 74 – Simulação de Tukey para o fator fio.	99
Figura 75 – Simulação de Tukey para o fator banho.....	100
Figura 76 – Simulação de Tukey para interação banho x fio.	101
Figura 77 – Simulação de Tukey para interação banho x corante.....	101
Figura 78 – Simulação de Tukey para interação banho x corante.....	102
Figura 79 – Fotos dos banhos para o corante C.I <i>Disperse Red</i> 60 e o fio <i>standard</i>	104
Figura 79 – Fotos dos banhos para o corante C.I <i>Disperse Red</i> 60 e o fio microfibra.....	104
Figura 79 – Fotos dos banhos para o corante C.I <i>Disperse Blue</i> 79 e o fio <i>standard</i>	105
Figura 79 – Fotos dos banhos para o corante C.I <i>Disperse Blue</i> 79 e o fio microfibra.....	105

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação das Fibras Têxteis.....	23
Tabela 2 – Características estruturais e térmicas das fibras de PET	32
Tabela 3 – Características mecânicas do PET	33
Tabela 4 – Especificação de construção das malhas	54
Tabela 5: Processo de lavagem caseira.....	55
Tabela 6 – Amostras preparadas para o primeiro tingimento.....	57
Tabela 7 –Determinação da densidade linear das malhas.	63
Tabela 8 –Verificação do número de colunas e carreiras por cm.....	65
Tabela 9 – Resultados de Solidez a Fricção para os dois tipos de tecido tingidos com C.I Disperse Red 60.....	65
Tabela 10 – Resultados de Solidez a Fricção para os dois tipos de tecido tingidos com C.I Disperse Blue 79.....	66
Tabela 11 – Resultados de Solidez a Fricção para os dois tipos de tecido tingidos com C.I Disperse Red 60.....	66
Tabela 12 – Resultados de Solidez a Fricção para os dois tipos de tecido tingidos com C.I Disperse Blue 79.....	67
Tabela 13 – Resultados de Solidez a Sublimação para os dois tipos de tecido tingidos com C.I Disperse Blue 79.....	67
Tabela 14 – Resultados de Solidez a Sublimação para os dois tipos de tecido tingidos com C.I Disperse Red 60.....	68
Tabela 15 – Resultados de ΔL , Δa e Δb para os 1º banhos	68
Tabela 16 – Análise das variâncias do ΔL nos 1º banhos.	69
Tabela 17 – Análise das variâncias do Δa nos 1º banhos.	69
Tabela 18 – Análise das variâncias do Δb nos 1º banhos.....	70
Tabela 19 – Resultados de ΔL , Δa e Δb para os banhos reutilizados.....	73
Tabela 20 – Análise das variâncias do ΔL nos banhos reutilizados.	75
Tabela 21 – Análise das variâncias do Δa nos banhos reutilizados.....	75
Tabela 22 – Análise das variâncias do Δb nos banhos reutilizados	76
Tabela 21 – Resultados de Força colorística para os 1º banhos	91
Tabela 22 – Análise das variâncias da Força colorística para os 1º banhos.....	91
Tabela 23 – Resultados de Força colorística para os banhos reutilizados.....	93

Tabela 24 – Análise das variâncias da Força colorística para os banhos reutilizados.....	95
Tabela 25 – Comparação dos dados obtidos do espectrofotômetro para o corante C.I Disperse Red 60.....	102
Tabela 26 – Comparação dos dados obtidos do espectrofotômetro para o corante C.I Disperse Blue 79.....	103

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
1.1.	OBJETIVO	18
1.2.	JUSTIFICATIVA	19
1.3.	METODOLOGIA.....	21
1.4.	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	22
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1.	FIBRAS	23
2.1.1.	Fibras Químicas	24
2.2.	O POLIÉSTER.....	26
2.2.1.	Obtenção do Poli(tereftalato de etileno) - PET	26
2.2.2.	Morfologia e Propriedades do PET	31
2.2.3.	Oligômeros	34
2.2.4.	Processamento das Fibras de PET	36
<u>2.2.4.1.</u>	<u>Texturização das Fibras de PET</u>	<u>37</u>
2.2.5.	Fabricação de Malhas de PET	39
2.3.	OS CORANTES	40
2.3.1.	Corantes Dispersos	43
<u>2.3.1.1.</u>	<u>Características dos Corantes Dispersos</u>	<u>44</u>
2.3.2.	Mecanismo Tintorial.....	48
<u>2.3.2.1.</u>	<u>Equipamentos Utilizados para Tingimento</u>	<u>52</u>
2.4.	EFLUENTES DE BENEFICIAMENTO TÊXTIL	53
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	54
3.1.	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	54
3.1.1.	Malhas Utilizadas	54
3.1.2.	Preparação das malhas	54
<u>3.1.2.1.</u>	<u>Caracterização das Malhas</u>	<u>55</u>
3.1.3.	Tingimento	55
<u>3.1.3.1.</u>	<u>Equipamento Utilizado.....</u>	<u>55</u>

<u>3.1.3.2.</u>	<u>Corantes utilizados</u>	56
<u>3.1.3.3.</u>	<u>Auxiliares do Tingimento.</u>	57
3.1.4.	Malhas tintas	57
3.1.5.	Ensaio realizado nos tecidos tintos	58
<u>3.1.5.1.</u>	<u>Equipamento Utilizado</u>	58
3.2.	MÉTODOS	59
3.2.1.	Preparação dos corantes e produtos auxiliares	59
3.2.2.	Tingimento na máquina HT	59
3.2.3.	Lavagem Redutiva	60
3.2.4.	Recuperação dos banhos de tingimento.	60
3.2.5.	Ensaio Realizado	61
<u>3.2.5.1.</u>	<u>Solidez da cor a lavagem</u>	61
<u>3.2.5.2.</u>	<u>Solidez da cor a fricção</u>	61
<u>3.2.5.3.</u>	<u>Solidez da cor a sublimação</u>	61
<u>3.2.5.4.</u>	<u>Reprodutibilidade da Cor</u>	62
3.2.6.	Análise dos Dados	62
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	63
4.1.	DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE LINEAR (ABNT NBR 10591:2008)	63
4.1.1.	Estudo estatístico	63
4.2.	SOLIDEZ DA COR A LAVAGEM	65
4.3.	SOLIDEZ DA COR A FRICÇÃO	66
4.4.	SOLIDEZ DA COR A SUBLIMAÇÃO	67
4.5.	REPRODUTIBILIDADE DA COR	68
4.5.1.	CMC	68
<u>4.5.1.1.</u>	<u>Análise estatística dos 1º banhos</u>	68
<i>4.5.1.1.1.</i>	<i>Análise dos resultados</i>	70
<u>4.5.1.2.</u>	<u>Análise estatística dos banhos reutilizados</u>	73
<i>4.5.1.2.1.</i>	<i>Análise dos resultados</i>	76
4.5.2.	Força colorística	90

<u>4.5.2.1.</u>	<u>Análise estatística dos 1º banhos</u>	91
4.5.2.1.1.	<i>Análise dos resultados</i>	92
<u>4.5.2.2.</u>	<u>Análise estatística dos banhos reutilizados</u>	93
4.5.2.2.1.	<i>Análise dos resultados</i>	95
4.5.3.	Resultados obtidos do espectrofotômetro	102
4.5.4.	Banhos residuais	103
5.	CONCLUSÃO	107
REFERENCIAS		109
APENDICE A – RESULTADOS OBTIDOS DO ESPECTOFOTOMETRO		125

1. INTRODUÇÃO

A eco-eficiência ou eficiência ambiental vem sendo amplamente reconhecida durante a última década como a medida adequada para um desenvolvimento mais verde e sustentável (DIMAKIS; ALEXANDRATOU; BALZARINI, 2016). A melhoria da eficiência ambiental tem um papel crucial na teoria e prática para estimular uma produção mais limpa (JIANG; FOLMER; BU, 2016).

Segundo Dimakis, Alexandratou e Balzarini (2016) esta eficiência combina o bem-estar econômico e o impacto ecológico de produtos ou serviços ao longo do seu ciclo de vida através da otimização de processos ou utilização de materiais e energias renováveis.

Além disso Sarmiento, Durão e Duarte (2005) citam que os consumidores estão mais exigentes para que as empresas implementem uma produção mais limpa e “produtos verdes”

Na indústria de beneficiamento têxtil, o uso de energia, água e químicos (corantes, auxiliares etc.) criam uma considerável taxa de problemas ao meio ambiente, o que eleva o custo da fabricação de têxteis (CANBOLAT; KILINC; KUT, 2015).

Nos últimos anos, a questão ambiental envolvendo o tingimento na indústria têxtil vem sendo focada em estudos e pesquisas para solução deste problema (MA; MENG; YAN; ZHANG, 2016) e (PASCHOAL; ANDERSON; ZANONI, 2009). O descarte do efluente têxtil contém vários poluentes orgânicos e minerais, tais como corantes e pigmentos, caso seja despejado corpos d'água provocam sérios riscos ambientais devido a sua característica tóxica (GHOREISHIAN *et. al*, 2014). Abidi *et. al* (2015) estima que mundialmente cerca de 280.000 toneladas de corantes viram efluentes por ano.

O custo deste tratamento varia dependendo do método e do tipo de efluente tratado, Miah (2012) cita que os custos com estação de tratamento química pode ser de 20,50 €/m³ e para estação de tratamento biológico de 4,07 €/m³, já Rodrigues, Madeira e Boaventura (2014) demonstram que o custo para o tratamento com oxidação pode variar de 19 €/m³ para tingimento de fibras de acrílico, 12,2 €/m³ para tingimento de fibras de algodão e 4,2 €/m³ para tingimento de fibras de poliéster.

Para o caso do corante disperso Guaratini e Zanoni (2000) citam que devido a sua baixa solubilidade estes corantes necessitam de substâncias secundárias que viram efluente junto com

o corante gerando consideráveis problemas ambientais devido à natureza tóxica destes materiais.

Os efluentes de tingimento com corantes dispersos podem possuir *carrier* (N-alquilftalamida, derivados de metilnaftaleno, o-fenil-fenol), tensoativos, dispersantes (co-polímero ácido acrílico e maléico), redutores e o próprio corante disperso (BASTIAN; ROCCO, 2009), estes produtos geram cargas poluidoras na água que são medidas através da Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, sendo no tingimento obtidos valores entre 480 à 27.000 mg/L e na lavagem reductiva 650 mg/L de DBO (CORREIA; STEPHENSON; JUDD, 1994).

Para efeito de comparação o Decreto Estadual do estado de São Paulo nº 8.468 de 8 de setembro de 1976 define a DBO em 60 mg/L como limite máximo para despejo de efluentes em corpos d'água, ou a remoção de 80% de DBO durante o tratamento.

Segundo Merzouk et. al (2011) devido a toxicidade dos corantes dispersos para os micro-organismos, estes muitas vezes inibem o crescimento bacteriológico. Consequentemente, tratamentos biológicos convencionais não podem ser diretamente aplicados necessitando de uma etapa preliminar de descoloração com base e, tratamentos físico-químicos, sendo o pré-tratamento mais comum para corantes dispersos a coagulação.

1.1. OBJETIVO

- Objetivo Geral

Este trabalho tem como principal objetivo avaliar qualidade de malhas fabricadas com fios de poliéster texturados *standard* e microfibras, tintas com corantes dispersos com moléculas de tamanhos diferentes e banhos reutilizados.

- Objetivos Secundários

Análise da capacidade de reprodução da cor

Análise da solidez à lavagem das malhas

Análise da solidez à fricção

Análise da solidez à sublimação

Análise da capacidade de esgotamento do banho

O objetivo secundário por sua vez é a avaliação da eficiência do tingimento através da capacidade da reutilização de 5 (cinco) vezes os banhos de tingimento de poliéster, realizados nas malhas fabricadas com fios texturados *standard* e microfibras, em processo descontínuo para as cores azul e vermelho, pela capacidade de esgotamento dos corantes no processo tintorial através de sua adsorção na malha, com isso, diminuindo a geração de efluentes tóxicos que causam graves danos ao meio ambiente e elevados custos de tratamento.

1.2. JUSTIFICATIVA

A indústria de beneficiamento têxtil produz uma grande quantidade de orgânicos residuais tóxicos gerando um complexo problema ambiental associado principalmente aos seus efluentes líquidos. A eliminação de corantes de efluentes de águas residuais têxteis é de vital importância para todos os organismos vivos, incluindo os humanos, especificamente, corantes dispersos, que são tóxicos devido à sua bioacumulação e insolubilidade na água (JAIME-ACUÑA *et. al*, 2016).

Por isso nos últimos anos vem crescendo o número de pesquisas relacionadas ao tratamento de efluente têxtil, principalmente na parte de corantes, porém segundo Abidi *et. al* (2015) estes tratamentos requerem alto investimento e alto custo de operação.

Da parte de tratamentos físico-químicos, que não destroem ou degradam os corantes, eles só removem fisicamente o efluente, deixando lamas para eventual descarte em aterros (EREN, 2012). Podemos citar as tecnologias de adsorção do efluente em diversos materiais (ABIDI *et. al*, 2015) (HU *et. al*, 2016) como carvão ativado (QADA; ALLEN; WALKER, 2008)(HAZZAA; HUSSEIN, 2015), carvão animal (AVILA; CASTILLO; PETRICIOLET, 2016), adsorção de corantes catiônicos em nano argila (HASSANI *et. al*, 2015), adsorção de compostos azo e antraquinona em hidrogel a base de quitosana (OLADIPO; GAZI; YILMAZ, 2015), adsorção de corantes azo em compostos de quitosana bimetalícos (HAJIVANDI *et. al*, 2016), outros estudos indicam a utilização de materiais mesoporoso para adsorção como MCM41, aerogel de carbono (MCA) (WU *et. al*, 2012), CMK-3, CMK-5 e seu compósito de carbono/sílica Si CMK-5 (LIU *et. al*, 2016.).

Já os tratamentos químicos, que tem a capacidade de degradar o corante, existem os processos biológicos como citados por Kurade *et. al* (2016) e Gajera *et. al* (2015) que provaram que certos tipo de fungos isolados podem degradar corantes reativos azo, também há a oxidação química, considerada eficaz e atualmente estudada para o tratamento de água residuais têxteis utilizando vários tipos de oxidantes como no caso da desinfecção por cloro (VACCHI *et. al*, 2013), por ozonização (FANCHIANG; TSENG, 2009) (GOMES; NUNES; SIMÕES, 2010) (HE *et. al*, 2013) (HU *et. al*, 2016) e por meio de oxidação através de peróxido de hidrogênio (RAMACHANDRAN; KUMARASAMY, 2013) com adição de nano partículas metálicas servindo de catalisador (BAGHA; GHARAGOZLOU; EMAMI, 2016) ou por oxidação eletroquímica (SOLANO *et. al*, 2016).

Tudo isso nos mostra o empenho de pesquisadores em solucionar problemas ambientais relacionados aos efluentes dos diversos tipos de corantes existentes, com várias técnicas de degradação e tratamento dos mesmos. Porém no que diz respeito à parte tratada por este estudo, sobre o reuso de banhos de tingimento mencionamos que há pouca literatura, e a literatura encontrada resume-se entre 1977 à 1985 com estudos realizados pela *Georgia Institute of Technology*.

Clark (1997) menciona que os estudos realizados sobre a reutilização de banhos se mostrou viável, porém não atingiu a aceitação comercial, porque dependia de fatores humanos, como um químico treinado devendo estar imediatamente disponível para recolher uma amostra do banho de tingimento gasto, realizar uma análise quantitativa e executar os cálculos necessários para ajustar a receita em tempo para o próximo banho.

Em ordem cronológica começamos com Cook *et. al* (1977) que estudou meios de conservação e redução de custos e energia na indústria têxtil de diversas formas, incluindo a análise do reuso de banhos de tingimento com corantes ácidos, básicos, reativos e dispersos em tapetes de poliamida, poliéster e meias, sendo avaliados sua reprodutibilidade a cor, solidez da cor a lavagem, luz e fricção a fim de verificar a economia realizada com a redução do uso de água, energia e auxiliares químicos.

Cook e Tinchler (1978) estudaram o reuso de banhos de tingimento com corantes dispersos em tapetes e meias de poliamida e fios de poliéster, sendo a cada banho a água residual analisada em espectrofotômetro, para verificar as quantidades que restaram no banho de corantes e auxiliares e acrescentar o quanto era necessário para o próximo banho. Neste estudo só foi avaliado a reprodutibilidade a cor.

Carr e Cook (1980) estudaram quantas vezes os banhos de tingimento para tapetes de poliamida com corantes ácidos podem ser reutilizados antes do ponto em que as impurezas presentes do banho anterior prejudicassem o comportamento do tingimento, estas análises foram realizadas através de cálculos teóricos com os dados das medições realizadas após cada banho. Neste mesmo ano Cook *et. al* (1980) detalham a planta piloto e as receitas de banho utilizados em ensaios de reuso de banho de tingimento para a poliamida com três tipos de corantes dispersos, os resultados obtidos demonstram a economia obtida em relação a um processo de tingimento convencional, além da análise de ser o primeiro trabalho a estudar a porcentagem de exaustão dos corantes no banho.

Tincher, Cook e Barch (1981) verificaram a possibilidade do reuso de 15 banhos de tingimento de poliamida com corantes ácidos em máquinas do tipo *Jet*, para verificar a sua redução de custo, o retorno do investimento, reprodutibilidade e uniformidade da cor.

Tincher e Averee (1982) estudaram o reuso de água dos banhos de tingimento após descolorização por ozônio com corantes ácidos, básicos e dispersos em tapetes de poliamida e poliéster.

Cook (1983) e Bergenthal *et. al* (1984) fizeram levantamento econômico e a viabilidade da utilização do reuso de banhos de tingimento citando o baixo custo de investimento e seus benefícios ambientais

Houve ainda estudos realizados pelo órgão ambiental americano chamado de *Environmental Protection Agency* (EPA), sendo publicado por Bergenthal e Tawa (1984a) e Bergenthal e Tawa (1984b) onde apresentam uma investigação detalhada da reutilização de banhos em uma fábrica de tapetes. Os experimentos foram realizados em escala de bancada, escala piloto e escala de produção. Ainda pela EPA, Bergenthal *et. al* (1984) demonstraram a viabilidade técnica para a utilização de reuso de banhos de tingimento, ressaltando os benefícios ambientais conseguidos e retorno de investimento em um ano e meio.

Bergenthal *et. al* (1985), fizeram uma comparação entre um tingimento normal e um tingimento, com reuso de banho (10 vezes), para tapetes de poliamida, foram avaliados os custos e depois comparados com o tingimento normal. Já Tincher *et. al* (1985) apresentaram um estudo que demonstra a redução dos poluentes e economia tanto em escala piloto como em escala real no reuso de banho de tingimento de poliamida com corantes ácidos.

1.3. METODOLOGIA

Foram fabricados tecidos de malha utilizando-se como matérias-primas fios de poliéster *standard* e microfibras. Foram realizados ensaios físicos para caracterização dos tecidos fabricados. O tingimento dos tecidos foi feito com corantes dispersos. No produto acabado foram verificadas a igualdade no tingimento e solidez da cor a lavagem, fricção e sublimação. Para análise dos resultados foram usadas ferramentas estatísticas.

1.4. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho foi dividido em seis capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Materiais e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusão e Sugestão de Trabalhos Futuros.

O Capítulo 1 – Introdução: Apresenta um compilado do que será tratado neste trabalho, com objetivos, justificativa, pergunta, hipótese, metodologia e o plano de organização do trabalho.

O Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica: trata das fibras têxteis, do poliéster poli(tereftalato de etileno) - PET mais especificamente, sua obtenção, propriedades, morfologia e oligômeros além de tratar do seu processamento com formas de comercialização, mais especificamente os fios texturizados, abordando microfibras e fibras *standard*, malharia, mais detalhadamente sobre malharia de trama circular monofrontura.

Este capítulo aborda também os corantes têxteis, sendo mais detalhado os corantes dispersos, com sua síntese, propriedades químicas, mecanismos tintoriais e os equipamentos utilizados para seu uso. E encerrando o capítulo há a questão do resíduo da indústria de beneficiamento têxtil, sendo tratado neste capítulo através das informações sobre o tipo, quantidade e o risco destes efluentes.

O Capítulo 3 – Materiais e Métodos: são descritos em detalhes todos os materiais, equipamentos, metodologias e normas utilizadas no trabalho.

O Capítulo 4 – Resultados e Discussões: serão descritos todos os resultados obtidos e serão apresentadas análises dos mesmos e respectivas discussões.

O Capítulo 5 – Conclusão: são apresentadas as conclusões obtidas no trabalho, comparando-as com as hipóteses inicialmente apresentadas no capítulo da introdução.

O Capítulo 6 – Sugestão de trabalhos Futuros: são sugeridos outros possíveis estudos que dariam continuidade ao trabalho realizado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. FIBRAS

As fibras são as matérias-primas utilizadas para fabricação dos tecidos. Todas as fibras existentes são constituídas por moléculas longas e filiformes, isto significa que as moléculas da matéria fibrosa estão em forma de centenas ou mesmo milhares de átomos individuais juntos em uma sequência de conjuntos (COOK, 2001).

Segundo Collier (1970) e Wilson (2001) as fibras utilizadas na fabricação de têxteis modernos são divididas em dois grupos principais. As fibras naturais e as fibras feitas pelo homem ou fibras *man-made*.

As fibras naturais são aquelas produzidas pela própria natureza (COLLIER, 1970), incluindo as de origem animal como lã e seda, as de origem vegetal como linho, juta e algodão, e as de origem mineral como no caso do amianto (WILSON, 2001).

Já as fibras *man-made* são as fibras produzidas pelo homem através de regeneração ou tratamento químico de polímeros orgânicos naturais (fibras artificiais) como no caso da viscose ou pela polimerização de orgânicos (fibras sintéticas) como no caso dos poliésteres (WILSON, 2001). Na Tabela 1 segue a classificação das fibras têxteis com os seus grupos e alguns exemplos.

Tabela 1: Classificação das Fibras Têxteis

Fibras Têxteis				
Naturais			Químicas	
Vegetais	Animais	Minerais	Artificiais	Sintéticas
Algodão, juta, rami, linho	Lã, seda	Amianto	Viscose, acetato, modal, liocel	Poliéster, poliamida, elastano

Fonte: Adaptado de Vasconcelos, 2013

Segundo The Fiber Year (2015), em 2014 foi registrado um volume de produção de fibras de 96,0 milhões de toneladas, sendo 67,5% referente a fibras sintéticas, o que nos mostra

uma produção anual de 64,8 milhões de toneladas, a Figura 1 mostra a produção de fibras mundiais desde 1980 até a previsão para 2025.

Figura 1 - Produção mundial de fibra (1980 -2025)

Fonte: Adaptado de Athalye, Chakraborty e Shirke, 2014.

2.1.1. Fibras Químicas

A ideia de produzir fibras de modo artificial é de mais de 300 anos atrás, porém de fato essas fibras começaram a ser produzidas pelas indústrias por volta do ano de 1884, através da regeneração de celulose por solventes, sendo mais tarde pelo conde Chardonnet a formação de derivados de celulose que podiam ser solubilizados e fiados ganhando o nome de “Seda de Chardonnet” (GEBHARDT; HERLINGER, 2011).

Segundo Guillén (1991) a vantagem das fibras químicas em relação as naturais é que sua produção não está sujeita as oscilações de produção, sendo seu volume podendo ser expandido de acordo com a demanda.

O título de um fio segundo Vasconcelos (2016) é usado para caracterizar o mesmo, sendo expressa em uma relação entre o comprimento e a massa do filamento, essas medidas podem ser obtidas através de métodos diretos e indiretos.

Estas fibras podem ser divididas entre *standard* e microfibras, sua classificação é feita pelo título ou também conhecida como a densidade linear do fio, sendo definidos por Park e Kim (2005) e Gebhardt e Herlinger (2001) como a microfibra é a aquela em que a fibra ou filamento linear igual ou menor que 1 dtex ou 1 denier, para a poliamida os o título do filamento deverá ser igual ou inferior a 1,1 dtex. Já as fibras *standard* possuem títulos maiores.

Para o sistema direto, quanto maior o valor do título, mais grosso ele será, como no caso do método denier (den) que é a medida da massa em gramas de 9.000 metros do fio, do título em tex que é a medida da massa em gramas de 1.000 metros de fio e de seu múltiplo o título decitex (dtex) que é a medida de massa em gramas de 10.000 metros de fio.

A Figura 2 mostra um comparativo de fios com filamentos *standard* e filamentos de microfibra de poliamida.

O fio *standard* ilustrado apresenta um título de 76 dtex com 30 filamentos, portanto 2,5 dtex por filamento, por isso ele é chamando de fio 76 dtex f 30, por sua vez um fio de microfibra com 76 dtex terá 72 filamentos, 1,1 dtex por filamento, sendo chamando de fio 76 dtex f 72.

Figura 2– Comparativo entre fio *standard* e fio de microfibra

2.2. O POLIÉSTER

Segundo Saleh (2012) os poliésteres são definidos como polímeros que contenham na sua cadeia principal um grupo funcional éster por unidade de repetição, estes são classificados como polímeros de condensação, que são polímeros formados a partir de monômeros, havendo eliminação de moléculas simples como H_2O , NH_3 etc.

Estes polímeros são considerados termoplásticos, tendo como sua característica a forma fluída quando submetido ao aquecimento e ao resfriá-lo mantém a forma do que lhe é imposto.

Apesar de seu uso industrial como fabricação de embalagem os poliésteres têm como grande aplicação a utilização em produtos têxteis como tecidos e malhas, estofados para automóveis, sendo que dos poliésteres têxteis o poli(tereftalato de etileno) (PET) é o importante comercialmente (DEPURA *et. al*, 2008).

2.2.1. Obtenção do Poli(tereftalato de etileno) - PET

O PET foi descoberto em 1946 por Whinfield e Dickson, apresenta alta temperatura de fusão, aproximadamente $260^{\circ}C$, e estabilidade hidrolítica devido aos anéis aromáticos na cadeia principal (ROMÃO; SPINACÉ; PAOLI, 2009) e (MacDonald, 2002).

Sua produção pode ser realizada em duas ou três etapas, dependendo de sua aplicação, sendo a primeira a pré-polimerização, a segunda a policondensação e por fim a polimerização no estado sólido. Para o caso da indústria têxtil só há as duas primeiras que podem ser chamadas de pré-policondensação e a policondensação

Pré-polimerização ou pré-policondensação

A etapa de pré-policondensação consiste na geração do oligômero tereftalato de bis(2-hidroxietileno) (BHET) através do processo de esterificação direta ou por transesterificação.

A esterificação direta é a reação do ácido tereftálico (TPA) com etileno glicol (EG) (McINTYRE,2004), segundo Depura *et. al* (2008) o TPA pode ser obtido por meio de vários

métodos com base no benzeno, tolueno ou xileno, porém Sheehan (2001) afirma que o método utilizado industrialmente é através da oxidação do p-xileno em um solvente de ácido acético com uma mistura de catalisadores de metal de transição à baixa pressão. A oxidação do grupo metil do p-xileno ocorre em etapas passando por duas substâncias intermediárias, o ácido p-toluico e o 4-carboxibenzaldeído(4-CBA)conforme ilustrado da Figura 3, até o TPA.

Figura 3 - Reação de obtenção do ácido tereftálico

Fonte: Adaptado de Ulman, 2011.

Após este processo existe a necessidade da remoção dos subprodutos oriundos da oxidação incompleta, caso do 4-CBA, pois caso este subproduto chegue à etapa de polimerização, este agirá como agente terminador de cadeia na polimerização, dificultando o avanço do grau de polimerização pretendido (McINTYRE, 2004).

Já o EG é formado pela hidrólise do óxido de etileno (REBSDAT; MAYER, 2011). Segundo Martins e Cardoso (2005) 55% da produção de EG é utilizada para fabricação de fibras de PET. Na Figura 4 é apresentada a reação de obtenção do etileno glicol.

Figura 4— Reação de obtenção do etileno glicol.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2016

Chen, L e Chen, J (1999) e Romão, Spinacé e Paoli (2009) afirmam que o processo esterificação direta vem sendo mais utilizado que a transesterificação para produção industrial do PET devido ao desenvolvimento de um novo método de purificação do monômero TPA, este possui uma estrutura muito similar ao 4-CBA o que tornava o processo de separação muito complexo.

Além disso, também há a disponibilidade de melhorias no processo reacional e o fato da esterificação direta ter melhor taxa de reação, requerer uma quantidade menor de catalisador e seu subproduto de reação ser a água (CHEN, L. W.; CHEN, J. W., 1999). Este método consiste na dissolução do TPA em água para posteriormente ser hidrogenado com um catalizador de paládio em carbono - Pd/C (SOARES JUNIORS, 2010).

A reação por esterificação direta é heterogênea e autocatalítica, não necessitando a adição de catalisadores, Mano(1988) cita que a reação deve acontecer a entre uma temperatura de 240 °C à 260 °C e a razão molar entre o TPA e o EG de 1:1. Esta reação é apresentada na Figura 5.

Figura 5– Reação de esterificação direta

Fonte: Adaptado de Soares Junior, 2010.

Na transesterificação forma a reação do tereftalato de dimetila- DMT com o etileno glicol, o DMT é obtido através da oxidação do p-xileno para o ácido tereftálico e posteriormente

é realizada a esterificação do TPA na presença de metanol conforme ilustrado na Figura 6 (McINTYRE, 2004).

Figura 6– Reação de obtenção do tereftalato de dimetila

Fonte: Adaptado de McIntyre, 2004

Para o processo de transesterificação utiliza-se uma razão molar entre DMT e EG de 1:2, sendo necessário a utilização de catalisadores como óxido de metais, acetatos metálicos ou a mistura de óxidos com acetatos metálicos, a temperatura de reação é entre 150 °C à 200 °C (DEPURA et al. 2008).

Romão, Spinacé e Paoli (2009) sugerem que a reação gera metanol que é coletado para estimar o grau da reação, assim que o metanol para de ser produzido, considera-se que a reação foi completa obtendo o BHET com o grau de polimerização desejado (entre 25 e 30). A Figura 7 ilustra a reação de transesterificação.

Figura 7– Reação de transesterificação

Fonte: Adaptado de Soares Junior, 2010.

Policondensação

Após a pré-policondensação o BHET é aquecido de forma gradual até que se atinja 260 °C. Durante este processo a pressão interna do reator é reduzida para valores abaixo de $1,3 \times 10^2$ Pa e o grau de polimerização é elevado para 100. O tempo de polimerização total é entre 5 a 10 horas e o EG é obtido como subproduto. Para produtos como as fibras têxteis, que não requerem elevados esforços mecânicos e propriedades reológicas intermediárias, as etapas de pré-policondensação e policondensação são suficientes (ROMÃO; SPINACÉ; PAOLI, 2009).

Devotta e Mashelkar (1992) citam que na policondensação se obtém polímeros com variadas massas molares, para a aplicação em fibras têxteis esse valor é em torno de 30.000 g/mol, a representação da reação de policondensação é apresentada na Figura 8.

Figura 8– Reação de policondensação para obtenção do PET

Fonte: Adaptado de Soares Junior, 2010.

2.2.2. Morfologia e Propriedades do PET

O PET é um polímero semicristalino que é formado por regiões amorfas e regiões cristalinas. A região amorfa é aquela caracterizada por completa desordem de moléculas, ao contrário das regiões cristalinas, em que segmentos de cadeias moleculares estão estendidas, arranjadas de uma maneira ordenada, formando um empacotamento regular chamado cristalito, seu teor de cristalinidade é próximo de 50% (McIntyre, 2004). A figura 9 mostra a representação da estrutura micelar do poliéster.

Figura 9– Representação da estrutura de um Poliéster

Fonte: Adaptado de Alfieri, 2009

Segundo Alfieri (2009) as estruturas de um filamento de poliéster são moleculares, semirrígidas e regulares capazes de formar ligações intermoleculares através dos seus grupos polares. Van Krevelen (1997) ainda cita que essas interações intermoleculares são determinadas principalmente pela ligação dos elétrons do anel fenileno com o grupo éster.

Na Figura 10 apresenta o conjunto de três ligações intermoleculares, sendo duas de hidrogênio e uma de anéis benzênicos.

Figura 10– Ligações intermoleculares do Poliéster

Fonte: Adaptado de Alfieri, 2009

Os processos que regulam a formação da morfologia da fibra desempenham um papel importante, pois sua morfologia é decisiva para as propriedades finais do produto, ao controlar essas condições obtemos diversos graus de orientação (DIAČIK et. al, 1988).

Uma dessas propriedades é a densidade. Esta propriedade é uma média das densidades da zona amorfa com a zona cristalina, portanto um polímero amorfo tende a ter menor densidade que um polímero cristalino (PEREPELKIN, 2001). A densidade da fibra de PET usada em têxteis varia entre 1,38 à 1,39 g/cm³ (BRANDRUP; IMMERGUT; GRULKE, 1999).

Na Tabela 2 são apresentadas as características estruturais e térmicas das fibras de PET.

Tabela 2 – Características estruturais e térmicas das fibras de PET

Característica	Unidade	PET
Flexibilidade da macromolécula - comprimento do segmento de estático.	Nm	3,0 – 3,5
Características de estrutura supremolecular.		Cristais com cadeias dobradas e cristais cadeias estendidas.
Teor de Cristalinidade	%	50
Densidade	g/cm ³	1,38 – 1,39
Temperatura de Transição Vítrea (tg)	°C	80 – 90

Fonte: Adaptado de Perepelkin, 2001 e McIntyre, 2004

Segundo Perpelkin (2001) a baixa higroscopicidade da fibra de PET está relacionada a ausência de grupos funcionais polares capazes de formar ligações de hidrogênios com as moléculas de água, além da elevada densidade da zona cristalina das macromoléculas sobre o nível supramolecular criarem um obstáculo cinético para penetração de moléculas de baixo peso molecular, resultando em uma baixa energia da superfície de reação com água.

Outras propriedades importantes do PET ligadas a sua morfologia são as mecânicas, esses parâmetros são basicamente de caráter energéticos, um pequeno componente entrópico só aparece quando esforços de tensão lhe é aplicado (PEREPELKIN et. al, 1995), sendo as fibras de PET caracterizadas por um maior modulo de deformação devido a suas cadeias serem semirrígidas diferente de outras fibras de polímeros que apresentam cadeias flexíveis (PEREPELKIN, 2001) (RAVVE, 2012)

Isto devido principalmente ao grande número de cadeias moleculares esticadas e, correspondentemente, o conjunto de trans-conformações. A segunda característica importante das fibras de PET é a preservação da estrutura supremolecular após a deformação até um limite devido à existência de um componente de alta energia de deformação que provoca a ausência quase total de deformação elástica induzida e alto grau de recuperação elástica.

A Tabela 3 mostra as características mecânicas das fibras de PET.

Tabela 3 – Características mecânicas do PET

Característica	Unidade	PET
Modulo de deformação	GPa	12 - 16
Recuperação elástica:		
Com 4-5% de deformação:	%	98 - 100
Com 10% de deformação		60 - 65
Força	cN/tex	68 - 82
Alongamento de ruptura	%	8 – 12
Sorção de umidade para:		
$\varphi = 65\%$	%	0,3 – 0,4
$\varphi = 95\%$		0,7 – 0,9
Grau de dilatação em água	%	3 – 5

Fonte: Adaptado de Perepelkin, 2001 e McIntyre, 2004

Além disso, Ravee (2012) cita que as fibras de PET tem boa resistência a ácidos fortes, ácidos fracos e álcalis fracos, sendo solúvel em orgânicos como o nitrobenzol, metacrezol e fenol.

2.2.3. Oligômeros

Os oligômeros são formações oriundas da polimerização das fibras de PET com característica semi-rígida e a presença do anel benzênico, sua geração pode ser até 4% da produção do polímero (VAVILOVA; PROROKOVA; KALINNIKOV, 2003). Estes oligômeros são formados principalmente por trimeros cíclicos regulares planos, representando 3% de toda produção e 75% de todos os oligômeros formados na produção do PET, e o restante formado por oligômeros contendo de 2 à 10 cadeias (DERMINOT, 1979). Na Figura 11 é ilustrado um oligômero do tipo trimero cíclico e a formação de cristais.

Figura 11– Formação de cristais de oligômero

Fonte: Adaptado de Alfieri, 2009

Por se tratar de uma molécula cíclica os oligômeros apresentam baixa solubilidade em água. Brandrup, Immergut e Grulke (1999) indicam valores de solubilidade para os trímeros cíclicos maiores que 15 mg/L a 130°C e um ponto de fusão entre 305° à 327°C, maior que a do PET (250°C) e não são tingíveis. Estes cristais podem ser observados através de microscópios eletrônicos como mostra a Figura 12.

Figura 12– Imagem de oligômeros em cristais e nas fibras

Fonte: Adaptado de Lim *et al*, 2002 e Derminot, 1979

Segundo Cabenes (2008) essas características geram uma grande quantidade de problemas tanto nos fios quanto nas máquinas, tais como: aparecimento de um pó ao enrolar o fio, um maior coeficiente de fricção gerando uma maior ruptura do mesmo, obstruções de tubos, bombas, trocadores de calor entre outros gerando um maior consumo de energia e mais paradas para limpeza das máquinas.

Além disso, no tingido os oligômeros que estão presentes no fio migram para o banho e após o tingimento, quando começa a resfriar o banho, os oligômeros precipitam e cristalizam sobre a superfície das fibras, causando o fenômeno conhecido como “*Blooming*”, que são pontos brancos indesejados principalmente em cores escuras (AHJOPALO *et. al*, 2000), eles não podem ser retirados dos fios conferindo toque áspero aos tecidos.

Rwei e Ni (2004) observaram, que experimentos de migração dos oligômeros com banhos em pH alcalino (acima de 9), indicam condições favoráveis para os trímeros migrados para os banhos e dissolverem na solução aquosa resultando em uma baixa deposição sobre as fibras.

2.2.4. Processamento das Fibras de PET

Segundo Silva (2002) a obtenção de fibras de poliéster ocorre por extrusão via fusão, que consiste em um método de fiação com duas operações distintas: extrusão e estiramento.

Na extrusão o polímero é aquecido até a temperatura de fusão, 260°C. O PET fundido é estável sem a presença de oxigênio, esse é transportado mediante bomba de engrenagem com velocidade constante e pressão elevada, através de pequenos orifícios da fieira. A fieira é um disco de aço de espessura e diâmetros definidos e seus furos não necessariamente circulares (COOK, 2009)

Após a etapa de extrusão vem o estiramento que consiste na passagem do fio por um cilindro com certa velocidade, em seguida o fio passa por outro cilindro com uma velocidade maior que o primeiro, assim fazendo com que o fio fique estirado, esticado e afinado, dando orientação através do alinhamento das moléculas e criando mais zonas cristalinas. Cook (2009) cita que esse estiramento aumenta o tamanho do fio em até 5 vezes seu tamanho original. Existem três tipos de fio que variam com a velocidade do estiramento: Low Oriented Yarn – LOY que consiste na menor velocidade de estiragem fazendo com que as fibras fiquem pouco orientadas em um único sentido, Pré Oriented Yarn – POY as fibras ficam semi orientadas em um único sentido devido a uma velocidade maior de estiragem que a LOY e Fully Oriented Yarn – FOY, que consiste na total orientação das fibras por causa da alta velocidade de estiragem.

Por fim o fio pode ser comercializado em bobinas de filamentos contínuos (LOY, POY e FOY), em cabo tow estirado ou cortado e enfardado.

A Figura 13 mostra o processo de obtenção do fio de poliéster.

Figura 13– Processo de obtenção do fio de Poliéster

Fonte: Vasconcelos, 2013

2.2.4.1. Texturização das Fibras de PET

A texturização consiste em aumentar o volume e/ou elasticidade de fios contínuos sintéticos através da formação permanente de frisos, hélices, alças, loops etc. utilizando-se geralmente sua termoplasticidade. Existem dois tipos de texturização: por falsa torção e por injeção de ar.

Hearle, Hollick e Wilson (2001) citam que o processo de texturização por falsa torção fixada por agregado de fricção pode ser dividido em três elementos fundamentais: tensão, torção e temperatura.

Ao controlar estas três variáveis fundamentais uma ampla variedade de diferentes tipos de fios texturizados pode ser feita a partir de uma matéria-prima de POY gerando o produto resultante com as propriedades desejadas (HEARLE; HOLLICK; WILSON, 2001).

Segundo Alfieri (2013b) o sistema que se consolidou como sistema de transmissão de movimento para conferir ao fio a torção foi o do agregado de fricção, que pode ser de fricção interna, que já não é mais usado atualmente, ou de fricção externa, que é o mais utilizado nas máquinas de texturação.

Esse sistema é composto por três eixos e uma série de discos com acabamentos especiais, quando o agregado de discos de fricção aciona o fio, formam-se as torções e a posição vertical do fio faz com que essas torções alcancem o ângulo de saturação da torção (ALFIERI, 2013b).

Figura 14 - Configurações do processo de texturização a ar.

Fonte: Adaptado de Hearle, Hollick e Wilson, 2001.

2.2.5. Fabricação de Malhas de PET

Os fios de PET são utilizados em todos os tipos de produção têxtil. Spencer (2001) afirma que existem três métodos principais de manipulação mecânica dos fios: tecido plano, tecido de malha de urdume e tecido de malha de trama.

As principais diferenças estão na estrutura de cada um, no tecido plano os pontos de ligação são rígidos, não promovendo o deslizamento de um fio sobre os outros quando o tecido for tencionado. Já nas malhas os fios assumem a forma de laçada, sendo essas passadas umas por dentro das outras sucessivamente, tornando as ligações moveis e permitindo que quando tencionadas deslizem entre si (CESTARE, 2013).

A Figura 15 apresenta o comparativo dos três tipos de tecido.

Figura 15– Tipos de tecidos

Fonte: Adaptado de Vasconcelos, 2009

Os tecidos de malha (urdume e trama) possuem subdivisões, como da malha de urdume que podem ser do tipo *Kettenstuhl* ou *Raschel* (FERNANDO, F. B., 2009), já a malha de trama ainda se divide em malha de trama retilínea ou circular, e por sua vez as malhas circulares se subdividem em monofrontura e dupla frontura (CESTARE, 2010) conforme mostra na Figura 16.

Figura 16– Subdivisões dos tipos de Tecidos

Fonte: Adaptado de Vasconcelos, 2009

A diferença entre os processos de fabricação das malhas, segundo Tiwari, Fei e McLaren (2013), é que a malha de urdume é fabricada com entrelaçamento dos fios no sentido longitudinal, com padrão em *zig-zag* e os *loops* interligados na direção do comprimento, já a malha de trama é produzida no sentido transversal do tecido em formas retilíneas ou circulares.

2.3. OS CORANTES

Grande parte dos materiais usados na vida cotidiana tem sua utilidade e atrações melhoradas devido a aplicação da cor. A aparência visual é o critério final, usual e convencional para a aceitabilidade do produto (PARK, 1993). A cor está associada à região do espectro eletromagnético que é visível ao olho humano (Figura 17), isto é, na faixa entre 400 à 700 nm, o branco é a reflexão da luz sobre toda a região visível e o preto é a absorção de todos os comprimentos de onda do espectro visível (VIGO, 1994).

Para se definir a cor devem ser utilizados além da instrumentação adequada as instruções estabelecidas pela Commission Internationale de l'Eclairag – CIE. Esta organização é a responsável por definir os padrões das cores CIE XYZ, CIE L*C*h e CIE L*a*b* (SENTHILKUMAR, 2007) (KOFORI *et. al*, 2013)

O método de *Color Measurement Committee* - CMC que segundo a ASTM D2244-15a - *Standard Practice for Calculation of Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates* é utilizado principalmente para têxteis e plásticos, calcula a diferença máxima aceitável de tonalidade. Segundo Bernardin e Riella (1999) o cálculo da diferença da cor - ΔE baseia-se no CIELAB, este define o espaço de cor com suas coordenadas vetoriais expressa em $L^*a^*b^*$ sendo o componente a e b ligados a *hue* (componente do tom da cor) com o a variando de vermelho até verde, o b variando de amarelo até azul e o componente L que é a intensidade da luminosidade varia de branco até preto. A Figura 17 mostra o espaço de cor CIELAB.

Figura 17 – Espaço de cor CIELAB

Fonte: Adaptado de Angelo, J. R. M, 2008

O método CMC também pode ser utilizado em coordenadas polares corretoras ligados a cada eixo, chamados de SL, SC e SH. Estes fatores são usados para corrigir a forma real da elipse de cor para cada nível de saturação, sendo que em níveis de saturação baixo os coeficientes SL, SC e SH ficam próximos a 1 e a elipse se torna mais circular (TIANO, 2009).

Tang e An (1995) e Eren (2012) afirmam que no mercado existem mais de 10.000 tipos diferentes de corantes e pigmentos com uma produção anual de 700.000 toneladas. Alfieri (2013a) cita que todos os corantes comerciais têm sua classificação dada pela cor, estrutura e método de aplicação do *Colour Index* – C.I, que é editado, de três em três meses, pela *Society*

of *Dyers and Colourists* e pela *American Association of Textile Chemists and Colorists*. Todos os corantes possuem um nome no C.I., determinado pela sua aplicação e cor.

Os corantes podem ser divididos em três grandes grupos, os aniônicos que contém os corantes reativos ácidos e diretos, os catiônicos que engloba todos os corantes básicos e por fim os não iônicos que são formados pelos corantes dispersos (MAHMOUD *et. al*, 2016). Já as suas classificações são de acordo com a estrutura química do corante ou com o método pelo qual ele é fixado à fibra têxtil (HUNGER, 2003). Os principais grupos de corantes classificados pelo modo de fixação são:

- Corantes Diretos;
- Corantes Reativos;
- Corantes à Tina;
- Corantes Solventes;
- Corantes Ácidos;
- Corantes de Enxofre;
- Corantes de Básicos; e
- Corantes Dispersivos (Dispersos).

Segundo Athalye, Chakraborty e Shirke (2014) o mercado atual de corantes é dominado pelos corantes Reativos e Dispersos (Figura 18), sendo o corante disperso utilizado para tingimento de poliéster devido suas características não iônicas e insolubilidade assim não tendo nenhuma interação química com a fibra de poliéster tornando o processo praticamente físico.

Além disso, é estimado que os corantes têxteis e pigmentos geram um capital de aproximados US\$ 5 bilhões. A figura 18 mostra a produção global de corantes em porcentagem.

Figura 18– Produção global de corantes

Fonte: Adaptado de Athalye, Chakraborty e Shirke, 2014.

2.3.1. Corantes Dispersos

Corantes dispersos são usados para o tingimento de fibras de acetato de celulose, poliamida, poliéster e secundários (FENG *et. al*, 2016) (YANG *et. al*, 2015) (HUNGER, 2003) (DRADAS; GHARANJIG; RAISSI, 2013), suas diversas estruturas moleculares permitem cobrir uma variedade de cores (YANG *et. al*, 2015), esses corantes possuem forma coloidal dispersa com baixa solubilidade em água, sendo adequados para o tingimento de fibras e tecidos hidrofóbicas (DRADAS; GHARANJIG; RAISSI, 2013).

Esses corantes foram desenvolvidos, em 1923, pelas empresas British Celanese e British Dyestuffs Corp., que começaram a vender os primeiros corantes dispersos para tingir fibras de acetato. A partir de 1950 a produção desse tipo de corante aumentou acentuadamente, seguindo de perto o crescimento da produção mundial de fibras sintéticas, especialmente poliéster (HUNGER, 2003).

Segundo Feng *et. al* (2016) os cromóforos dos corantes dispersos são formados principalmente pela subunidade da antraquinona não iônico e o monoazo funcional, existindo

assim uma infinidade de corantes do tipo azóicos, devido as possibilidades de substituição diversificadas do íon diazônio e do agente copulador.

Ainda há os aminoácidos com base de corantes azóicos heterocíclicos que são amplamente aplicados para cores brilhantes (TOWNS, 1999) (SATAM; RAUT; SEKAR, 2013).

2.3.1.1. Características dos Corantes Dispersos

A família de corantes dispersos é constituída aproximadamente por 60 % de azóicos e cerca de 25% são corantes antraquinona, com o restante distribuído entre quinoftalona, metina, naftalimida, naftoquinona, e corantes nitro (YANG *et. al*, 2015) (HUNGER, 2003). Cada tipo de corante, dependendo da família a que pertence, possui características distintas:

Corantes Dispersos Azo - Corantes azoicos são formado por uma amina diazotada ligada a uma amina ou fenol, contendo uma ou mais ligações azo ($-N=N-$) (BAE; FREEMAN, 2007) (KUSIC *et. al*, 2011), esses são empregados atualmente para criar quase toda a gama de tons (HUNGER, 2003), além da terem a vantagem em relação aos outros tipos de corantes dispersos devido a sua simplicidade da síntese, elevados coeficientes de extinção molar, e propriedades de resistência à umidade (YANG *et. al*, 2015). Os corantes azo podem conter pelo menos um grupo azo, dois grupos (diazó), três grupos (triazó), ou, mais raramente, quatro (tetrakisazóicos) ou mais grupos (poliazó) azo (HUNGER, 2003).

Uma classe importante dos corantes azo são os corantes diazo, que representam em torno de 10% dos corantes azo e tem boa afinidade com as fibras de poliéster (HAMPRECHT; WESTERKAMP, 2011), os diazos mais importantes são os heterocíclicos (PATEL *et. al*, 2014), derivados a partir de componentes diazo, constituídos por anéis de cinco membros contendo um átomo de enxofre ligado ao grupo amina diazotáveis (MARADIYA; PATEL, 2002).

A maior classe de corantes disperso azo são os monoazos, sendo grande parte baseada no composto original aminoazobenzeno (ASPLAND, 1993), os mais importantes comercialmente são os corantes monoazo derivados de aminas aromáticas como componentes de acoplamento e carbocíclico aminas aromáticas como componentes diazo (HUNGER, 2003).

A Figura 19 apresenta a representação de um corante azo.

Figura 19– Representação do corante disperso azo

Fonte: Hunger, 2003.

Corantes Dispersos Antraquinona –Os corantes antraquinonas são o segundo tipo de corantes dispersos mais importantes, eles possuem excelentes propriedades de solidez da cor à luz, porém o coeficiente de absorção molar é relativamente baixo (SHAN *et. al*, 2015), possuem em torno de 12.000 à 34.000 L mol⁻¹ cm⁻¹ enquanto os corantes do tipo azo, com tons semelhantes, têm valores entre 30.000 à 84.000 L mol⁻¹ cm⁻¹, atualmente são utilizados para cores como vermelho, violeta, azul e turquesa(HUNGER, 2003).

Os corantes de antraquinona são baseados em 9,10-antraquinona, que é essencialmente incolor. Para produzir corantes comercialmente úteis, grupos fortemente doadores de elétrons, tais como: amina ou hidroxila são introduzidas em uma ou mais das quatro posições α (1, 4, 5 e 8), a força dos grupos doadores de elétrons na ordem seguem a ordem OH < NH₂ < NHR < HNAr (HUNGER, 2003).

A Figura 20 mostra representação e um corante do tipo antraquinona.

Figura 20- Representação do corante disperso antraquinona

Fonte: Hunger, 2003

Corantes Dispersos Quinaftalona – Os corantes quinaftalona são usados para tingir fibras sintéticas em tons de amarelo esverdeado (HUNGER, 2003). O composto original da quinaftalona é conhecido desde 1882. Derivados catiônicos e aniônicos de quinaftalona são utilizados como corantes dispersos, como no caso do CI Pigment Yellow 138 que é considerado o pigmento de quinaftalona industrialmente mais importante (GUMBERT *et. al*, 2016), a representação da quinaftalona e do CI Pigment Yellow 138 são mostrados na Figura 21.

Figura 21 - Representação do corante disperso quinaftalona e P.Y 138

Fonte: Adaptado de Gumbert *et. al*, 2016

Corantes Dispersos Metina – Os corantes Metina são formados da condensação de 4-dialkylaminobenzaldehydes com ésteres de cianoacético, são muito utilizados para tingimento de fibras de acetato (KEIL *et. al*, 2001) (HUNGER, 2003), a Figura 22 mostra a representação do corante metina.

Figura 22 - Representação do corante disperso metina

Fonte: Adaptado de Kiel *et. al*, 2001

Corantes Dispersos Naftalimida – Os corantes naftalimida têm diversas aplicações em várias áreas devido a sua forte fluorescência e a boa fotoestabilidade, derivados de 1,8-naftalimida tem sido usada para aplicações em materiais poliméricos, marcadores biológicos fluorescente, agentes anticancerígenos, *switchers* de fluorescência e sensores, materiais eletroluminescentes, diodos emissores de luz, ecrãs de cristais líquidos e sondas de íons, o 4-amina-1,8-naftalimida (Figura 23) é um dos mais importantes corantes com aplicações em têxteis, papeis, plásticos, tintas e detergentes (BARDAJEE, 2013).

Figura 23 - Representação do corante disperso 4-amina-1,8-naftalimida

Fonte: Adaptado de Bardajee, 2013

Corantes Dispersos Nitro - Devido à sua acessibilidade e boa resistência à luz, estes corantes tornaram-se muito importante para o tingimento de acetato de celulose e, mais

recentemente, ganharam posição como corantes dispersos para as fibras de poliéster (HUNGER, 2003), na Figura 24 segue a representação de um corante nitro.

Figura 24- Representação do corante disperso nitro

Fonte: Hunger, 2003

Esses corantes dispersos também são classificados de acordo com sua estrutura, tamanho molecular e energia, sendo os grupos A, B, C e D divididos da molécula menor (A) até a molécula maior (D), ou seja, de muito baixa energia (A) até alta energia (D).

Essa energia está relacionada àquela necessária para se conseguir a difusão e adsorção na fibra, está diretamente ligada a dificuldade dos corantes serem adsorvidos pela estrutura da fibra. Portanto, os corantes do grupo A tem maior adsorção e por sua vez seu tingimento é mais fácil, e já o tingimento com os corantes do grupo D é mais difícil. Porém, do ponto de vista dos índices de solidez, quanto maior a molécula do corante, melhor será a sua solidez (GUARATINI, ZANONI. 2000).

2.3.2. Mecanismo Tintorial

O mecanismo de tingimento do corante disperso em malhas de poliéster está ligado a fenômenos termodinâmicos e cinéticos relacionada a interação do corante não solubilizado, com o banho e com a malha. O tingimento é normalmente dividido em três fases, conforme mostrado na Figura 25, a primeira é a fase a adsorção, a segunda é a de difusão e a terceira a de limpeza (KOH, 2011). O corante penetra na fibra na fase difusão, ou seja, é nessa fase que acontece o tingimento.

Figura 25 - Mecanismo de tingimento do Poliéster

Fonte: Adaptado de Koh, 2011.

De forma mais detalhada o mecanismo tintorial pode ser definido conforme apresentado por Burkinshaw, 1995 das seguintes formas:

Fase de Adsorção ou Fase Cinética

Esta fase ocorre conforme ilustrado na Figura 26, nela existem três processos: dissolução do agregado de corante na forma insolúvel no banho de tingimento (item 1, 2 e 3 da Figura 26) formando uma solução saturada, transporte do corante através do banho por meio de difusão e forças cinéticas para a fibra (item 4 da Figura 26) e adsorção do corante sobre a superfície da fibra (item 5 e 6 da Figura 26). Vale ressaltar que cada fase é influenciada pela fase anterior (ODVÁRKA; HUŇKOVÁ, 1983) (BURKINSHAW, 1995).

Devido à baixa solubilidade dos corantes, seu elevado massa molar e ligações polares, os corantes precisam ser solubilizados com ajuda de tensoativos que são compostos orgânicos anfifílicos com forte tendência a adsorver a superfície e interfaces (BAGHA; HOLMBERG; 2013).

Figura 26 – Fase Cinética do mecanismo tintorial.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Nessa fase também chamada de eventos que ocorrem no banho (McDOWELL, 1978) Karst e Yang (2005) citam que uma boa solubilização é por sua vez uma boa absorção de corante, pois se o corante não solubilizar no banho não haverá moléculas diluídas o suficiente para ocorrer a penetração na fibra, além disso há a diminuição do consumo de corante para se obter cores, especialmente escuras, resultando em um menor custo do tingimento. Os parâmetros de solubilidade de uma substância química são caracterizados pelas interações entre as suas moléculas, devido às forças de dispersões, ligações polares e de ligação de hidrogênio

A solubilização é a parte mais importante para o esgotamento do corante no banho, é a principal regente da quantidade de corante que virará resíduo junto com o banho e está ligada diretamente às propriedades dos corantes e às condições do banho (KHAZAIEPOUL; SOLEIMANI; SALAH, 2016).

Fase de Difusão

Na fase da difusão, que ocorre em temperaturas acima de 80 °C, os eventos que acontecem na fase cinética (itens 1 ao 5 da Figura 27) se repetem na fase de difusão, porém ocorre a penetração do corante no estado monomolecular através das regiões amorfas da fibra (item 6 da Figura 27). Devido a penetração de corante na fibra, o banho diminui a concentração de corante solubilizado quebrando assim o equilíbrio da solução saturada, fazendo com que uma nova porção de corante se solubilize para reestabelecer o equilíbrio de saturação da mistura banho x corante (item 7 da Figura 27) (BURKINSHAW, 1995) (McDOWELL, 1978)

Figura 27– Fase de difusão do mecanismo tintorial.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Segundo Xu *et. al* (2015) o meio de medir a facilidade da difusão através da fibra é a energia de ativação, que está diretamente ligada ao tamanho da partícula, Wang e Ma (1998) explicam este processo como sendo a energia em forma de temperatura utilizada para abrir a fibra (temperatura de transição vítrea), e acomodar a molécula de corante dentro da fibra. Resumidamente, é a energia de ativação que mede quanta energia é necessária para que o corante seja capaz de penetrar nas zonas amorfas da fibra, sendo que quanto maior for a molécula do corante, mais energia será necessária e mais difícil fica o tingimento. (XU *et. al*,

2015) (RABIEI et. al, 2012) (KIM; SON; LIM, 2005) (AHANI; KHATIBZADEH; MOHSENI, 2015) (UJHELYIOVA et. al, 2012) (MILITKÝ; RAIS, 1977).

Fase de Limpeza

Segundo Salem (2010), a lavagem redutiva é feita para eliminar todo o corante superficial que não difundiu para o interior da fibra e que reduziria a solidez do tingimento.

2.3.2.1. Equipamentos Utilizados para Tingimento

Segundo Deopura et. al (2008) existem duas formas de tingir o poliéster: o tingimento por esgotamento ou batelada e o tingimento contínuo. Para cada um existem vários métodos, conforme citado por Luebe *et. al* (2011):

- Tingimento por esgotamento ou batelada;
 - Tingimento a alta temperatura (HT);
 - Tingimento abaixo dos 100°C;
 - Tingimento em meio alcalino;
 - Tingimento com Solventes Orgânicos;
- Tingimento contínuo;
 - Processo *Thermosol*;
 - Processo *Pad Roll*.

Para o processo de tingimento de poliéster com corantes dispersos é utilizada a máquina tipo HT (*High Temperature*), que proporciona pressões e temperaturas suficientes para esse tipo de tingimento. A Figura 29 mostra um esquema de uma máquina HT

Figura 28 - Esquema de uma máquina de tingimento HT

Fonte: Adaptado de Guedinox 2009

2.4. EFLUENTES DE BENEFICIAMENTO TÊXTIL

Os resíduos de corantes são alguns dos poluentes descartados junto com o (PASCHOAL; ANDERSON; ZANONI, 2009). Estima-se que cerca de 10 à 15% dos corantes utilizados no processo de tingimento não são solubilizados ou absorvidos e viram efluente junto com o banho (YANG *et. al*, 2015) e (EREN, 2012), sendo esse processo responsável por 60 a 70% dos resíduos gerados (JAIME-ACUÑA *et. al*, 2016). Juntando as informações da quantidade de corante produzida citadas por Tang e An (1995) com as porcentagem de produção de corante disperso citado por Athalye, Chakraborty e Shirke (2014) estima-se que entre 24,500 à 36,750 toneladas de corantes dispersos viram resíduos por ano.

Segundo Paschoal, Anderson e Zanoni (2009) os corantes dispersos do tipo azo, juntamente com intermediários sintéticos e seus produtos de degradação têm elevado grau de impacto ambiental devido sua grande utilização no mercado e seu potencial gerar produtos aromáticos tóxicos com propriedades mutagênicas e carcinogênicas, além de possuir baixa taxa de remoção durante o tratamento de águas residuais.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

3.1.1. Malhas Utilizadas

Para realização deste estudo foram produzidas malhas em máquinas monofrontura utilizando fios de poliéster dos tipos *standard* e microfibras. As amostras foram produzidas no laboratório de malharia, do departamento de Engenharia Têxtil, do Centro Universitário da FEI.

Foram utilizadas as seguintes matérias-primas para produção das malhas:

- Fios de poliéster *Standard*, título nominal: 167f48 dtex
- Fios de poliéster microfibras, título nominal: 167f144 dtex

Para produção das malhas foi utilizada uma máquina DS Degoisey - Finura: 24 - Diâmetro: $3^{3/4}$, as regulagens da máquina utilizadas na fabricação dos tecidos estão especificadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Especificação de construção das malhas

Fator de Cobertura	LFA	Velocidade do Fio (m/min)	Tensão	Regulagem do Ponto
<i>Standard</i>	0,275	65	6	-9
Microfibras	0,275	65	6	-9

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

3.1.2. Preparação das malhas

As malhas foram submetidas ao processo de lavagem caseira, conforme descrito na Tabela 5. O processo foi repetido 3 vezes para garantir a retirada de todas as sujidades e óleos presentes no material.

Tabela 5: Processo de lavagem caseira

Processo	Equipamento	Tempo	Temperatura
Lavagem Caseira	Máquina de lavar	45 min	Ambiente
Hidro extração	Centrífuga	1 min	Ambiente
Secagem	Mesa	48 h	Ambiente

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2016

3.1.2.1. Caracterização das Malhas

Após a lavagem as malhas foram caracterizadas através da realização dos seguintes ensaios:

- Gramatura - ABNT NBR 10591:2008 - Materiais têxteis - Determinação da gramatura de superfícies têxteis;
- Número de carreiras e colunas por cm - ABNT NBR 12060:1991 - Materiais têxteis - Determinação do número de carreiras/colunas em tecidos de malha;

Para a densidade linear das malhas fabricadas, foram preparados cinco corpos de prova através de um gabarito circular com área de 100 cm². Na sequência, os corpos de prova foram pesados em balança analítica de precisão, e calculadas as densidades lineares das malhas. Foi feita uma comparação de duas médias, usando o software Minitab, para verificar se as malhas fabricadas possuem densidades lineares estatisticamente iguais.

3.1.3. **Tingimento**

3.1.3.1. Equipamento Utilizado

O tingimento das malhas foi feito na empresa Ouro Verde, em um aparelho HT (Mathis), que possui 18 canecas de aço inoxidável com aquecimento por resistências infravermelhas e resfriamento a ar forçado. O equipamento possui também microprocessador para o controle automático do processo, com patamar, alarmes, reversão, gradiente de aquecimento e resfriamento. A Figura 29 mostra o equipamento usado para tingimento das malhas.

Figura 29–O equipamento HT da Mathis (esquerda e centro) e as canecas utilizadas no banho de tingimento.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

3.1.3.2. Corantes utilizados

Os corantes usados no presente estudo foram o corante do tipo antraquinona C.I *Disperse Red 60* apresentado na Figura 30. Este corante tem nome IUPAC 1-amino-4-hidroxi-2-fenoxi-9,10-antraquinona, fórmula química $C_{20}H_{13}NO_4$, seu peso molecular é de 331,32 g/mol. Existem mais de 100 empresa que fabricam e comercializam este tipo de corante.

Figura 30 –C.I Disperse Red 60

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2016

O outro corante será o C.I Disperse Blue 79 que é um monoazo conforme mostrado na Figura 31, tem nome IUPAC 2-[5-acetamido-N-(2-acetyloxyethyl)-4-[(2-bromo-4,6-dinitrophenyl)diazenyl]-2-ethoxyanilino]ethylacetate, formula química $C_{24}H_{27}BrN_6O_{10}$ e peso

molecular de 639,41 g/mol. Em pesquisa foram encontradas cerca de 90 empresas que fabricam este corante.

Figura 31 - C.I Disperse Blue 79

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2016

3.1.3.3. Auxiliares do Tingimento.

Os auxiliares utilizados no tingimento e os produtos utilizados na limpeza redutiva foram: Ácido Fórmico (para acerto do pH do banho), Hidrosulfito de Sódio – $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ e Hidróxido de Sódio – NaOH 50% (50° Bè).

3.1.4. Malhas tintas

Tanto as malhas de poliéster microfibra quanto as de poliéster standard foram tintas com os dois corantes selecionados.

A Tabela 6 mostra o planejamento usado para preparar os primeiros banhos de cada tingimento.

Tabela 6 – Amostras preparadas para o primeiro tingimento

Amostra	Banho	Fio	Corante
1	1	Standard	Azo
2	1	Standard	Azo
3	1	Standard	Antraquinona
4	1	Standard	Antraquinona
5	1	Microfibra	Azo
6	1	Microfibra	Azo
7	1	Microfibra	Antraquinona
8	1	Microfibra	Antraquinona

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

3.1.5. Ensaios realizados nos tecidos tintos

3.1.5.1. Equipamento Utilizado

Para os ensaio de solidez a lavagem foi utilizado um *Wash-tester* da Mathis e a escala de cinza para mudança de cor da empresa Texcontrol (Figura 32), além de detergente padronizado pela norma ABNT NBR ISO 105-C06: 2010 - Têxteis — Ensaios de solidez da cor - Parte C06: Solidez da cor à lavagem doméstica e comercial, já para o ensaios de solidez a fricção foi utilizado o *Crockmeter* manual da Texcontrol e a escala de cinza para manchamentos da mesma empresa (Figura 33)

Figura 32 – A esquerda o *Wash-tester* e a direita a escala de cinza para mudança de cor.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 33 – A esquerda o *Crockmeter* e a direita a escala de cinza para manchamentos.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Nos ensaios de solidez a sublimação foi utilizado um *Thermotest* da Mathis e a escala de cinza para mudança de cor da empresa Texcontrol, e nos ensaios para verificar a reprodutibilidade da cor foi utilizado um o espectrofotômetro marca X-Rite, modelo CI 7860 (Figura 34)

Figura 34 – Espectrofotômetro X-Rite.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Além dos equipamentos descritos foram utilizados, béquer, espátulas, balança de precisão, pipeta e proveta para o manuseio dos corantes, banhos, amostras e resíduos dos ensaios.

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Preparação dos corantes e produtos auxiliares

Os corantes, produtos auxiliares e volume de banho usados no primeiro banho foram: 1,5% de corante Disperse Red 60 (210%) e 1,5% de corante Disperse Blue 79 (200%), ácido fórmico para acerto do pH do banho ($\text{pH} = 4,7$) e 300mL de volume de banho.

3.2.2. Tingimento na máquina HT

Para o tingimento no HT foi utilizado uma programação padrão sendo o início do tingimento a temperatura ambiente, média de 25 °C, com um aquecimento até 130 °C e um gradiente de aquecimento de 3 °C/min. Ao atingir 130 °C a temperatura é estabilizada e se mante constante por 60 min, após esse período começa o resfriamento dos banhos até uma temperatura

abaixo de 70 °C com um gradiente de resfriamento de 4 °C/min., a Figura 35 ilustra a programação utilizada no HT para os tingimentos.

Figura 35 – Gráfico Tempo x Temperatura do banho de tingimento.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

3.2.3. Lavagem Redutiva

Para lavagem redutiva foi feita uma solução de 1 litro água deionizada contendo 4 g/L de Hidrosulfito de Sódio - $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ e 2 g/L de Hidróxido de Sódio – NaOH 50%, após o tingimento as malhas foram retiradas da máquina HT e colocadas na solução de lavagem redutiva e posteriormente secas.

3.2.4. Recuperação dos banhos de tingimento.

Todos os tingimentos foram realizados na mesma máquina HT com a mesma programação utilizada para os tingimentos das amostras de controle (primeiro tingimento). Todas as amostras foram lavadas com a limpeza redutiva após cada tingimento.

Ao término de cada banho, ao invés de se descartar o banho residual, o conteúdo do banho era medido quanto ao seu volume. Em seguida, foi colocado o novo corante na mesma concentração usada no primeiro banho, pois houve esgotamento total do corante, completado o volume de banho (300mL) e acertado o valor de pH (4,7).

3.2.5. Ensaios Realizados

3.2.5.1. Solidez da cor a lavagem

Para o teste de solidez a fricção foi utilizada como referência a norma NBR ISO 105 C06. O ensaio é realizado com a costura de um tecido testemunha multifibras, contendo acetato, algodão, poliamida, poliéster e lã, no tecido tingido, formando assim uma amostra para o teste.

Essa amostra é inserida em uma caneca com 10 bolas de metal para simular o atrito de outras roupas na lavagem, 4 g/L de detergente padronizado ISO e 500 mL água. A caneca é inserida no *Wash-tester* e então é feita a lavagem por 30 minutos.

Após a lavagem a amostra é seca e então utilizada uma escala cinza para alteração de cor (desbote), esta escala consiste de nove pares de fatias cinzas padrões onde se avalia a alteração da cor do tecido lavado para o tecido referência, além disso também é avaliada com a escala de branco para transferência de cor com o tecido multifibras, sendo atribuindo a ele uma nota de 1 a 5, sendo 1 ruim e 5 excelente.

3.2.5.2. Solidez da cor a fricção

Para o teste de solidez a fricção foi utilizada como referência a norma ISO 105 X12:2001 – Textiles – Test for colour fastness – Part X12: Colour Fastness to rubbing. O teste é realizado com um tecido testemunha de algodão na cor branca, essa testemunha é friccionada 10 vezes contra o tecido tingido, este teste ocorre com o tecido testemunha seco e com o tecido testemunha úmido à 65 % da umidade relativa do ar a 21°C.

Após o teste, os tecidos testemunhas são avaliados em uma escala de branco para transferência de cor, esta escala consiste de pares de brancos nominais e fatias de cor cinza representando cada uma diferença na cor ou contraste onde se avalia o desbote do corpo de prova e o manchamento do tecido branco testemunha, e com isso lhe é atribuído uma nota de 1 a 5, sendo 1 ruim e 5 excelente.

3.2.5.3. Solidez da cor a sublimação

Para o teste de solidez a fricção foi utilizada como referência a norma ISO 105 X11:1994 – Textiles - Tests for colour fastness -- Part X11: Colour fastness to hot pressing. O teste é

realizado com um tecido testemunha, essa amostra é colocada no Thermostest e aquecida a 180°C por 30 segundos.

Após o teste, os tecidos testemunhas são avaliados em uma escala de cinza para alteração de cor, e com isso lhe é atribuído uma nota de 1 a 5, sendo 1 ruim e 5 excelente.

3.2.5.4. Reprodutibilidade da Cor

Após a realização dos tingimentos, foram avaliadas a força colorística das malhas tingidas, o índice CMC e a transmitância do banho residual, para isso foi utilizado a norma AATCC TM173-2015, CMC: *Calculation of Small Color Differences for Acceptability*.

Foi utilizado a espectrofotometria das amostras tintas pelo sistema CMC e comparação entre a primeira mantida como padrão e as demais para avaliação das diferenças de cores através do espectrofotômetro com base nos deltas obtidos com luz D 65 (luz do dia) a, b, L, que definem a nuance da cor e a Força colorística - F.C (%), que define a intensidade da cor. As tolerâncias nas diferenças colorimétricas são dadas pelo limiar de percepção do olho humano (*Threshold*), no caso delta menores ou maiores a 0,5 pontos e a FC (%) menor ou maior que 5%.

3.2.6. Análise dos Dados

Após dos realização dos ensaios nas amostras tintas, os dados obtidos foram tabelados e analisados através dos seguintes elementos:

- Solidez da cor a lavagem;
- Solidez da cor a fricção;
- Teste ANOVA para força colorística e os deltas ΔL , Δa e Δb ;
- Gráfico de interações
- Simulação de Tukey;
- Comparação dos valores com os limites de tolerâncias nas diferenças colorimétricas pelo limiar de percepção do olho;

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE LINEAR (ABNT NBR 10591:2008).

Para verificar se os tecidos de malha foram fabricados com densidades lineares estatisticamente iguais foi realizada, no Minitab, uma comparação de duas médias utilizando um intervalo de confiança de 95%.

A Tabela 7 mostra os valores experimentais obtidos no ensaio físico para a determinação da densidade linear.

Tabela 7 –Determinação da densidade linear das malhas.

Standard			Microfibra		
Peso (g)	Área (cm ²)	Densidade Linear (g/cm ²)	Peso (g)	Área (cm ²)	Densidade Linear (g/cm ²)
1	1,334	133,4	1	1,391	139,1
2	1,296	129,6	2	1,345	134,5
3	1,292	129,2	3	1,306	130,6
4	1,274	127,4	4	1,366	136,6
5	1,321	132,1	5	1,384	138,4
Densidade Média		130,34	Densidade Média		135,84

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

4.1.1. Estudo estatístico

Para análise dos valores experimentais foram utilizadas duas ferramentas: o Box plot e a comparação de duas médias.

A Figura 36 mostra o gráfico box plot com a comparação entre os valores de densidade linear dos tecidos de malha.

Figura 36 – Comparação dos valores de densidade linear dos tecidos de malha.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

O box plot mostra que as malhas apresentam valores médios de densidade linear diferentes.

Teste de hipótese para comparação de duas médias

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

No teste t de Student para comparação dos valores médios de densidade linear, realizado no software Minitab, foram obtidos os seguintes valores para o intervalo de confiança de 95%:

$t = -2,94$; valor $p = 0,019$. Portanto, há uma evidência muito forte de que a hipótese H_0 seja falsa, ou seja, as malhas possuem densidades lineares estatisticamente diferentes. Desta forma, é possível afirmar que as malhas fabricadas com fios de poliéster microfibra possuem maior densidade linear que as fabricadas com fios de poliéster standard.

Para a caracterização do número de carreiras e colunas por cm foi utilizado uma lente conta-fios, neste ensaio foram contadas em diferentes regiões das malhas o número de carreiras

por cm e o número de colunas por centímetro. A Tabela 8 mostra os valores experimentais obtidos na realização deste ensaio físico.

Tabela 8 –Verificação do número de colunas e carreiras por cm.

Malha	Colunas (col/cm)		Carreiras (car/cm)	
	Teste	Replicação	Teste	Replicação
Standard	13	14	18	17
Microfibras	14	13	20	20

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Os tecidos fabricados com microfibras possuem um número maior de carreiras e colunas quando comparado com os tecidos de fio *standard*.

4.2. SOLIDEZ DA COR A LAVAGEM

Os resultados obtidos para o ensaio de solidez a lavagem estão demonstrados nas Tabelas 9 e 10 sendo agrupados pelos tipos de corantes utilizados.

Tabela 9 – Resultados de Solidez a Fricção para os dois tipos de tecido tingidos com C.I Disperse Red 60

C.I Disperse Red 60		
Banho	Microfibras	Standard
	Nota	Nota
1º	5	5
2º	5	5
3º	5	5
4º	5	5
5º	4/5	5

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Tabela 10 – Resultados de Solidez a Fricção para os dois tipos de tecido tingidos com C.I *Disperse Blue 79*

C.I Disperse Blue 79		
Banho	Microfibras	Standard
	Nota	Nota
1º	5	5
2º	5	5
3º	5	5
4º	5	5
5º	5	5

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Os resultados mostram que as tanto as malhas em microfibras como as malhas *standard* para os dois tipos de corante se mantiveram com notas 5 em todos os banhos, exceto o banho 5 na malha *standard* para o corante C.I *Disperse Red 60*

4.3. SOLIDEZ DA COR A FRICÇÃO

Os resultados obtidos para o ensaio de solidez a fricção estão demonstrados nas Tabelas 11 e 12 sendo agrupados pelos tipos de corantes utilizados.

Tabela 11 – Resultados de Solidez a Fricção para os dois tipos de tecido tingidos com C.I *Disperse Red 60*

C.I - Disperse Red 60				
Banho	Microfibras		Standard	
	Nota		Nota	
	Seco	Úmido	Seco	Úmido
1º	5	5	5	5
2º	5	5	5	5
3º	5	5	5	5
4º	4/5	5	5	5
5º	4/5	4/5	4/5	4/5

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Tabela 12 – Resultados de Solidez a Fricção para os dois tipos de tecido tingidos com C.I Disperse Blue 79

C.I - Disperse Blue 79				
Banho	Microfibras		Standard	
	Nota		Nota	
	Seco	Úmido	Seco	Úmido
1º	5	5	5	5
2º	5	5	5	5
3º	4/5	5	5	5
4º	4/5	5	5	5
5º	4/5	5	5	4/5

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Os resultados mostram que as tanto as malhas em microfibras como as malhas *standard* para os dois tipos de corante se mantiveram com notas 5 e 4/5 em todos os banhos.

4.4. SOLIDEZ DA COR A SUBLIMAÇÃO

Os resultados obtidos para o ensaio de solidez a fricção estão demonstrados nas Tabelas 13 e 14 sendo agrupados pelos tipos de corantes utilizados.

Tabela 13 – Resultados de Solidez a Sublimação para os dois tipos de tecido tingidos com C.I Disperse Blue 79

C.I - Disperse Blue 79		
Banho	Microfibras	Standard
	Nota	Nota
1º	3/4	3/4
2º	3/4	3/4
3º	3/4	3/4
4º	3/4	3/4
5º	3/4	3/4

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Tabela 14 – Resultados de Solidez a Sublimação para os dois tipos de tecido tingidos com C.I Disperse Red 60

C.I - Disperse Red 60		
Banho	Microfibras	Standard
	Nota	Nota
1º	2	2
2º	2	2
3º	2	2
4º	2	2
5º	2	2

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Os resultados mostram que as tanto as malhas em microfibras como as malhas *standard* para as notas se mantêm iguais para todos os 5 (cinco) banhos.

4.5. REPRODUTIBILIDADE DA COR

4.5.1. CMC

Para o teste estatístico ANOVA dos deltas ΔL , Δa e Δb foi definido a análise para todos os 1º banhos (banhos com água limpa) e posteriormente feita a análise de todos os banhos reutilizados e comparados com os banhos iniciais.

4.5.1.1. Análise estatística dos 1º banhos

A Tabela 15 apresenta os dados de ΔL , Δa e Δb para os 1º banhos de tingimento.

Tabela 15 – Resultados de ΔL , Δa e Δb para os 1º banhos

Duplicata	Banho	Fio	Corante	ΔL	Δa	Δb
1	1	Standard	C.I Disperse Red 60	0,00	0,00	0,00
2	1	Standard	C.I Disperse Red 60	-0,28	0,06	-0,35
1	1	Microfibras	C.I Disperse Red 60	3,86	-0,47	-5,08

Duplicata	Banho	Fio	Corante	ΔL	Δa	Δb
2	1	Microfibras	C.I Disperse Red 60	3,09	-0,88	-5,13
1	1	Standard	C.I Disperse Blue 79	0,00	0,00	0,00
2	1	Standard	C.I Disperse Blue 79	0,19	-0,02	0,11
1	1	Microfibras	C.I Disperse Blue 79	5,57	-2,94	-2,79
2	1	Microfibras	C.I Disperse Blue 79	4,84	-2,65	-2,33

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

A Tabela 13 foi inserida no software Minitab e calculado a ANOVA, sendo geradas as Tabelas 16, 17 e 18 com a análise das variâncias para cada um dos deltas.

Tabela 16 – Análise das variâncias do ΔL nos 1º banhos.

Fatores	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	Valor-F	Valor-p
Fio	1	38,0628	38,0628	245,51	0,000
Corante	1	1,9306	1,9306	12,45	0,024
Int. Fio x Corante	1	1,1175	1,1175	7,21	0,055
Erro	4	0,6002	0,1550		
Total	7	41,7311			

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Tabela 17 – Análise das variâncias do Δa nos 1º banhos.

Fatores	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	Valor-F	Valor-p
Fio	1	6,0901	6,09005	190,17	0,000
Corante	1	2,3328	2,3328	72,84	0,001
Int. Fio x Corante	1	2,1632	2,1632	67,55	0,001
Erro	4	0,1281	0,03203		
Total	7	10,7142			

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Tabela 18 – Análise das variâncias do Δb nos 1º banhos.

Fatores	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	Valor-F	Valor-p
Fio	1	28,4635	28,4635	653,02	0,000
Corante	1	3,8503	3,8503	88,34	0,001
Int. Fio x Corante	1	2,6796	2,6796	61,48	0,001
Erro	4	0,1743	0,0436		
Total	7	35,1678			

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

4.5.1.1.1. Análise dos resultados

As Figuras 37, 38 e 39 apresentam os gráficos de probabilidade normal obtido como resultado da análise de variâncias para os deltas

Figura 37 – Gráfico de probabilidade normal para ΔL na análise estatística dos 1º banhos.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 38 – Gráfico de probabilidade normal para Δa na análise estatística dos 1º banhos.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 39 – Gráfico de probabilidade normal para Δb na análise estatística dos 1º banhos.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Com base nas Figura 37, 38 e 39 podemos verificar que os resultados seguem a tendência da linha normal, indicando uma boa reprodutibilidade dos ensaios.

Com um intervalo de confiança de 95%, é possível afirmar que houve diferença significativa entre os deltas médios dos 1º banhos de tingimento nos fatores fio, corante e a interação fio x corante, as Figuras 40, 41 e 42 mostram os gráficos de interações

Figura 40 – Gráfico de interação para ΔL nos 1º banhos.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 41 – Gráfico de interação para Δa nos 1º banhos.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 42 – Gráfico de interação para Δb nos 1º banhos.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Nas Figuras 40, 41 e 42 é possível observar interações de todos os deltas são constantes para o fio standard, e com tendência crescente para o Δa e decrescente para os ΔL e Δb nos fios de microfibra.

4.5.1.2. Análise estatística dos banhos reutilizados

A Tabela 19 apresenta os dados de ΔL , Δa e Δb para os banhos reutilizados.

Tabela 19 – Resultados de ΔL , Δa e Δb para os banhos reutilizados.

Duplicata	Banho	Fio	Corante	ΔL	Δa	Δb
1	2	Standard	C.I Disperse Red 60	0,35	-0,10	-0,810
2	2	Standard	C.I Disperse Red 60	0,35	-0,10	-0,700
1	3	Standard	C.I Disperse Red 60	0,24	-0,13	-0,030
2	3	Standard	C.I Disperse Red 60	0,27	0,19	-0,510
1	4	Standard	C.I Disperse Red 60	-0,01	-0,81	0,049
2	4	Standard	C.I Disperse Red 60	0,06	-0,07	-0,320
1	5	Standard	C.I Disperse Red 60	-0,08	-0,02	-0,320
2	5	Standard	C.I Disperse Red 60	0,09	-0,10	-0,580

Duplicata	Banho	Fio	Corante	ΔL	Δa	Δb
1	2	Microfibras	C.I Disperse Red 60	3,44	-0,56	-5,060
2	2	Microfibras	C.I Disperse Red 60	3,28	-1,13	-5,000
1	3	Microfibras	C.I Disperse Red 60	4,28	-0,94	-5,750
2	3	Microfibras	C.I Disperse Red 60	4,38	-0,64	-5,580
1	4	Microfibras	C.I Disperse Red 60	4,12	-1,52	-5,760
2	4	Microfibras	C.I Disperse Red 60	4,00	-0,79	-5,320
1	5	Microfibras	C.I Disperse Red 60	4,22	-0,70	-5,590
2	5	Microfibras	C.I Disperse Red 60	4,34	-0,72	-5,410
1	2	Standard	C.I Disperse Blue 79	0,30	-0,19	0,460
2	2	Standard	C.I Disperse Blue 79	0,22	-0,24	0,250
1	3	Standard	C.I Disperse Blue 79	-0,44	0,15	0,970
2	3	Standard	C.I Disperse Blue 79	-0,10	0,10	0,840
1	4	Standard	C.I Disperse Blue 79	-0,43	-0,01	0,810
2	4	Standard	C.I Disperse Blue 79	-0,26	0,01	0,760
1	5	Standard	C.I Disperse Blue 79	0,08	-0,06	0,654
2	5	Standard	C.I Disperse Blue 79	0,22	-0,09	0,270
1	2	Microfibras	C.I Disperse Blue 79	5,55	-2,69	-2,810
2	2	Microfibras	C.I Disperse Blue 79	5,35	-2,77	-2,690
1	3	Microfibras	C.I Disperse Blue 79	5,59	-2,71	-2,880
2	3	Microfibras	C.I Disperse Blue 79	4,81	-2,57	-2,500
1	4	Microfibras	C.I Disperse Blue 79	5,36	-2,76	-2,790
2	4	Microfibras	C.I Disperse Blue 79	4,50	-2,62	-2,330
1	5	Microfibras	C.I Disperse Blue 79	5,46	-2,80	-2,650
2	5	Microfibras	C.I Disperse Blue 79	5,67	-2,94	-2,680

A Tabela 17 foi inserida no software Minitab e calculado a ANOVA, sendo gerada as Tabelas 20, 21 e 22 com as análises das variâncias.

Tabela 20 – Análise das variâncias do ΔL nos banhos reutilizados.

Fatores	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	Valor-F	Valor-p
Banho	3	0,453	0,151	2,84	0,071
Fio	1	168,774	168,774	3173,76	0,000
Corante	1	2,284	2,284	42,96	0,000
Int. Banho x Fio	3	0,685	0,228	4,30	0,021
Int. Banho x Corante	3	0,923	0,308	5,78	0,007
Int. Fio x Corante	1	4,433	4,433	83,36	0,000
Int. Banho x Fio x Corante	3	0,335	0,112	2,10	0,140
Erro	16	0,851	0,053		
Total	31	178,738			

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Tabela 21 – Análise das variâncias do Δa nos banhos reutilizados

Fatores	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	Valor-F	Valor-p
Banho	3	0,2629	0,0876	1,67	0,213
Fio	1	23,4441	23,4441	447,59	0,000
Corante	1	6,1688	6,1688	117,77	0,000
Int. Banho x Fio	3	0,0268	0,0089	0,17	0,915
Int. Banho x Corante	3	0,3360	0,1120	2,14	0,135
Int. Fio x Corante	1	7,6734	7,6734	146,50	0,000
Int. Banho x Fio x Corante	3	0,0354	0,0118	0,23	0,877
Erro	16	0,8380	0,0524		
Total	31	38,7855			

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Tabela 22 – Análise das variâncias do Δb nos banhos reutilizados

Fatores	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	Valor-F	Valor-p
Banho	3	0,187	0,062	1,55	0,240
Fio	1	138,582	138,582	3445,66	0,000
Corante	1	28,833	28,833	716,88	0,000
Int. Banho x Fio	3	0,769	0,256	6,37	0,005
Int. Banho x Corante	3	0,152	0,051	1,26	0,322
Int. Fio x Corante	1	6,042	6,042	150,23	0,000
Int. Banho x Fio x Corante	3	0,0232	0,077	1,92	0,167
Erro	16	0,644	0,040		
Total	31	175,440			

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

4.5.1.2.1. Análise dos resultados

As Figuras 43, 44 e 45 apresentam os gráficos de probabilidade normal obtido como resultado da análise de variâncias para os deltas

Figura 43 – Gráfico de probabilidade normal para ΔL na análise estatística dos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 44 – Gráfico de probabilidade normal para Δa na análise estatística dos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 45 – Gráfico de probabilidade normal para Δb na análise estatística dos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Usando a Figura 43, 44 e 45 podemos verificar que os resultados seguem a tendência da linha normal, indicando uma boa reprodutibilidade dos ensaios.

A tabela ANOVA indica com um intervalo de confiança de 95%, que para o ΔL houve significância dos fatores fio e corantes e as interações banho x fio, banho x corante, fio x corante, para o Δa houve significância dos fatores fio, corante e da interação fio x corante e para o Δb houve significância dos fatores fio e corante e as interações banho x fio e fio x corante, as Figuras 46, 47 e 48 mostram os gráficos de interações.

Figura 46 – Gráfico de interação para ΔL nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 47 – Gráfico de interação para Δa nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 48 – Gráfico de interação para Δb nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Nas Figuras 46, 47 e 48 é possível observar interações distintas para fio e corante em todos os deltas, já a interação banho x fio apresentou comportamento crescente para Δa e Δb , e decrescente para ΔL e a interação banho x corante apresenta comportamento decrescente para o Δb , comportamento crescente para o Δa e se manteve praticamente estável no ΔL .

Nas Figuras 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56 e 57 são apresentadas as simulações de Tukey para as fontes individuais, ilustrando a significância de cada fator nas médias obtidas para os deltas, já que nesta simulação os intervalos que não estão contidos em 0 indicam que a fonte teve significância nos resultados obtidos.

Figura 49 – Simulação de Tukey para fator banho no ΔL nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 50 – Simulação de Tukey para fator banho no Δa nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 51 – Simulação de Tukey para fator banho no Δb nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 52 – Simulação de Tukey para fator fio no ΔL nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 53 – Simulação de Tukey para fator fio no Δa nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 54 – Simulação de Tukey para fator fio no Δb nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 55 – Simulação de Tukey para fator corante no ΔL nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 56 – Simulação de Tukey para fator corante no Δa nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 57 – Simulação de Tukey para fator corante no Δb nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Para as simulações de Tukey dos fatores individuais, fica notável a influência dos fatores corante e fio nas médias dos resultados em todos os deltas.

As Figuras 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65 e 66 apresentam as simulações de Tukey para os fatores com interação dupla (banho x fio, banho x corante e fio x corante). Não é realizado a simulação de Tukey para a interação tripla, pois esta simulação só abrange até 45 intervalos, e a interação tripla possui 120 intervalos

Figura 58 – Simulação de Tukey para interação banho x fio no ΔL nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 59 – Simulação de Tukey para interação banho x fio no Δa nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 60 – Simulação de Tukey para interação banho x fio no Δb nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 61 – Simulação de Tukey para interação banho x corante no ΔL nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 62 – Simulação de Tukey para interação banho x corante no Δa nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 63 – Simulação de Tukey para interação banho x corante no Δb nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 64 – Simulação de Tukey para interação fio x corante no ΔL nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 65 – Simulação de Tukey para interação fio x corante no Δa nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 66 – Simulação de Tukey para interação fio x corante no Δb nos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Para as simulações de Tukey dos fatores de interação dupla, nota-se que as interações com o fator fio são as que mais divergem de 0 (zero), sendo a interação fio x corante a com maiores desvios, já a interação banho x corante apresentam a maioria dos valores contidos em 0 (zero) para todos os deltas.

4.5.2. Força colorística

Para o teste estatístico ANOVA da força colorística foi definido a análise para todos os 1º banhos (banhos com água limpa) e posteriormente feita a análise de todos os banhos reutilizados e comparados com os banhos iniciais.

4.5.2.1. Análise estatística dos 1º banhos

A Tabela 21 apresenta os dados de força colorística para os 1º banhos de tingimento, sendo considerado o padrão (F.C = 100 %) para cada corante o primeiro banho do fio standard.

Tabela 23 – Resultados de Força colorística para os 1º banhos

Duplicata	Banho	Fio	Corante	FC
1	1	Standard	C.I Disperse Red 60	100
2	1	Standard	C.I Disperse Red 60	103,53
1	1	Microfibras	C.I Disperse Red 60	63,04
2	1	Microfibras	C.I Disperse Red 60	67,03
1	1	Standard	C.I Disperse Blue 79	100
2	1	Standard	C.I Disperse Blue 79	97,81
1	1	Microfibras	C.I Disperse Blue 79	68,30
2	1	Microfibras	C.I Disperse Blue 79	71,83

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

A Tabela 21 foi inserida no software Minitab e calculado a ANOVA, sendo gerada a Tabela 22 com a análise das variâncias.

Tabela 24 – Análise das variâncias da Força colorística para os 1º banhos.

Fatores	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	Valor-F	Valor-p
Fio	1	2149,71	2149,71	376,83	0,000
Corante	1	2,35	2,35	0,41	0,556
Int. Fio x Corante	1	31,13	31,13	5,46	0,080
Erro	4	22,82	5,70		
Total	7	2206,01			

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

4.5.2.1.1. Análise dos resultados

A Figura 67 apresentam o gráfico de probabilidade normal obtido como resultado da análise de variâncias.

Figura 67 – Gráfico de probabilidade normal para FC na análise estatística dos 1º banhos.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Usando a Figura 67 podemos verificar que os resultados seguem a tendência da linha normal, indicando uma boa reprodutibilidade dos ensaios.

Com um intervalo de confiança de 95%, é possível afirmar que houve influencia significativa dos resultados das forças colorísticas para os médias dos 1º banhos de tingimento devido ao fator Fio, a Figura 68 mostra o gráfico de interação.

Figura 68 – Gráfico de interação para FC na análise estatística dos 1º banhos.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Na Figura 68 é possível observar interações opostas para cada tipo de fio, sendo que a para o fio microfibra a linha de interação é decrescente e para o fio *standard* a linha de interação é crescente.

4.5.2.2. Análise estatística dos banhos reutilizados

A Tabela 23 apresenta os dados de força colorística nas malhas para os banhos reutilizados

Tabela 25 – Resultados de Força colorística para os banhos reutilizados

Duplicata	Banho	Fibra	Corante	FC
1	2	Standard	C.I Disperse Red 60	95,20
2	2	Standard	C.I Disperse Red 60	95,51
1	2	Microfibra	C.I Disperse Red 60	65,42
2	2	Microfibra	C.I Disperse Red 60	64,98
1	2	Standard	C.I Disperse Blue 79	96,43
2	2	Standard	C.I Disperse Blue 79	97,74
1	2	Microfibra	C.I Disperse Blue 79	67,84
2	2	Microfibra	C.I Disperse Blue 79	69,14

Duplicata	Banho	Fibra	Corante	FC
1	3	Standard	C.I Disperse Red 60	96,08
2	3	Standard	C.I Disperse Red 60	97,59
1	3	Microfibra	C.I Disperse Red 60	59,17
2	3	Microfibra	C.I Disperse Red 60	59,52
1	3	Standard	C.I Disperse Blue 79	101,72
2	3	Standard	C.I Disperse Blue 79	98,67
1	3	Microfibra	C.I Disperse Blue 79	67,72
2	3	Microfibra	C.I Disperse Blue 79	70,54
1	4	Standard	C.I Disperse Red 60	95,52
2	4	Standard	C.I Disperse Red 60	98,74
1	4	Microfibra	C.I Disperse Red 60	58,66
2	4	Microfibra	C.I Disperse Red 60	61,45
1	4	Standard	C.I Disperse Blue 79	102,38
2	4	Standard	C.I Disperse Blue 79	100,69
1	4	Microfibra	C.I Disperse Blue 79	69,18
2	4	Microfibra	C.I Disperse Blue 79	73,14
1	5	Standard	C.I Disperse Red 60	100,08
2	5	Standard	C.I Disperse Red 60	97,88
1	5	Microfibra	C.I Disperse Red 60	60,13
2	5	Microfibra	C.I Disperse Red 60	59,55
1	5	Standard	C.I Disperse Blue 79	97,90
2	5	Standard	C.I Disperse Blue 79	97,34
1	5	Microfibra	C.I Disperse Blue 79	68,41
2	5	Microfibra	C.I Disperse Blue 79	67,44

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

A Tabela 23 foi inserida no software Minitab e calculado a ANOVA, sendo gerada a tabela 24 com a análise das variâncias.

Tabela 26 – Análise das variâncias da Força colorística para os banhos reutilizados.

Fatores	Graus de Liberdade	Soma dos quadrados	Média dos quadrados	Valor-F	Valor-p
Banho	3	8,55	2,85	1,37	0,287
Fio	1	8684,96	8684,96	4180,84	0,000
Corante	1	204,02	204,02	98,21	0,000
Int. Banho x Fio	3	34,59	11,53	5,55	0,008
Int. Banho x Corante	3	37,87	12,62	6,08	0,006
Int. Fio x Corante	1	72,78	72,78	35,04	0,000
Int. Banho x Fio x Corante	3	16,12	5,37	2,59	0,089
Erro	16	33,24	2,08		
Total	31	9092,14			

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

4.5.2.2.1. Análise dos resultados

A Figuras 69 apresenta o gráfico de probabilidade normal obtido como resultado da análise de variâncias.

Figura 69 – Gráfico de probabilidade normal para FC na análise estatística dos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Usando a Figura 69 podemos verificar que os resultados seguem a tendência da linha normal, indicando uma boa reprodutibilidade dos ensaios.

A tabela ANOVA indica com um intervalo de confiança de 95%, que houve significância dos fatores fio e corante e as interações banho x fio, banho corante e fio x corante nas médias dos banhos reutilizados, as Figuras 70, 71 e 72 mostram o gráficos de interações.

Figura 70 – Gráfico de interação fio x corante para a análise estatística dos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 71 – Gráfico de interação banho x fio para a análise estatística dos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 72 – Gráfico de interação banho x corante para a análise estatística dos banhos reutilizados.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Na figura 70 (gráfico de interação fio corante) é possível observar interações decrescentes para cada tipo de fio, já as interações banho x fio (Figura 71) apresenta o comportamento de crescente das médias com as linhas de todos os banhos tendo comportamentos similares.

O gráfico das interações banho x corante (Figura 72) apresenta um decaimento das médias do corante *C.I Disperse Blue 79* para o *C.I Disperse Red 60* para todos os banhos

Nas Figuras 73, 74 e 75 são apresentadas as simulações de Tukey para as fontes individuais, ilustrando a significância de cada fator nas médias obtidas para força colorísticas, já que nesta simulação os intervalos que não estão contidos em 0 indicam que a fonte teve significância nos resultados obtidos.

Figura 73 – Simulação de Tukey para o fator banho.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 74 – Simulação de Tukey para o fator fio.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 75 – Simulação de Tukey para o fator banho.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Para as simulações de Tukey dos fatores individuais, fica notável a influência dos fatores corante e fio nas médias dos resultados de força colorística.

As Figuras 76, 77 e 78 apresentam as simulações de Tukey para os fatores com interação dupla (banho x fio, banho x corante e fio x corante). Não é realizado a simulação de Tukey para a interação tripla, pois esta simulação só abrange até 45 intervalos, e a interação tripla possui 120 intervalos

Figura 76 – Simulação de Tukey para interação banho x fio.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 77 – Simulação de Tukey para interação banho x corante.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 78 – Simulação de Tukey para interação banho x corante.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Para as simulações de Tukey dos fatores de interação dupla, a interação fio x corante obtém um maior afastamento do seu intervalo do valor 0, do que as interações com o banho.

4.5.3. Resultados obtidos do espectrofotômetro

Além das análises estatísticas, os dados de força colorística e dos deltas ΔL , Δa e Δb , estes dados foram utilizados para criar as Tabelas 25 e 26 que comparam os resultados obtidos com as tolerâncias nas diferenças colorimétricas de delta menores ou maiores a 0,5 ponto e a FC (%) menor ou maior que 5%.

Tabela 27 – Comparação dos dados obtidos do espectrofotômetro para o corante C.I Disperse Red 60

Banho	C.I Disperse Red 60							
	Standard				Microfibras			
	FC	ΔL	Δa	Δb	FC	ΔL	Δa	Δb
1	101,77	-0,14	0,03	-0,18	65,04	3,48	-0,68	-5,11
2	95,36	0,35	-0,10	-0,76	65,20	3,36	-0,85	-5,03
3	96,84	0,26	0,03	-0,27	59,35	4,33	-0,79	-5,67
4	97,13	0,03	-0,44	-0,14	60,06	4,06	-1,16	-5,54
5	98,98	0,01	-0,06	-0,45	59,84	4,28	-0,71	-5,50
Tolerância	$\pm 5 \%$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 5 \%$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Tabela 28 – Comparação dos dados obtidos do espectrofotômetro para o corante C.I Disperse Blue 79

Banho	C.I Disperse Blue 79							
	Standard				Microfibra			
	FC	ΔL	Δa	Δb	FC	ΔL	Δa	Δb
1	98,91	0,10	-0,01	0,06	70,07	5,21	-2,80	-2,56
2	97,09	0,26	-0,22	0,36	68,49	5,45	-2,73	-2,75
3	100,20	-0,27	0,13	0,91	69,13	5,20	-2,64	-2,69
4	101,54	-0,35	0,00	0,79	71,16	4,93	-2,69	-2,56
5	97,62	0,15	-0,08	0,46	67,93	5,57	-2,87	-2,67
Tolerância	$\pm 5 \%$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 5 \%$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Nas Tabelas 25 e 26 podemos verificar que para o corante *C.I Disperse Red 60* a malha do fio standard obteve ao menos um dos valores fora da tolerância no segundo banho, na malha de microfibra se comparamos as tolerâncias com o seu 1 banho o 3º, 4º e 5º banho obtiveram valores que extrapolavam os toleráveis.

Para o corante *C.I Disperse Blue 79*, todos os valores observados nos 5 banhos de tingimento para o fio microfibra estão dentro da tolerância, já para o fio *standard*, o 3º e 4º banho apresentam um valor fora do tolerável.

4.5.4. Banhos residuais

Ao final dos tingimentos, foram retiradas amostras dos banhos e posteriormente colocadas lado a lado a fim de verificar visualmente a presença de corante no banho residual, as Figuras 79, 80, 81 e 82, apresentam as fotos de todos os banhos residuais.

Figura 79 – Fotos dos banhos para o corante C.I *Disperse Red 60* e o fio *standard*.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 80 – Fotos dos banhos para o corante C.I *Disperse Red 60* e o fio microfibr.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 81 – Fotos dos banhos para o corante C.I *Disperse Blue 79* e o fio *standard*.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Figura 82 – Fotos dos banhos para o corante C.I *Disperse Blue 79* e o fio microfibr.

Fonte: Augusto Tairum de Andrade, 2018

Nota-se pelas fotos, o acúmulo da cor amarela ao longo dos banhos, isso é devido ao dispersante que é inerte ao tingimento e está presente tanto no banho como em alguma quantidade na formulação do corante

5. CONCLUSÃO

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar qualidade das malhas, fabricadas com fios de poliéster texturizados *standard* e microfibras, tintas com corantes dispersos com moléculas de tamanhos diferentes e banhos reutilizados.

Para cada tecido de malha fabricado e corantes selecionados foram realizados cinco banhos, sendo o primeiro com água limpa e quatro com reuso da água de tingimento. Os resultados experimentais obtidos nos ensaios físicos dos tecidos tintos no primeiro banho foram usados como referência para analisar os resultados obtidos com os tecidos tintos nos segundos, terceiro, quarto e quinto banhos.

Através das notas obtidas nos ensaios de solidez da cor a lavagem, de solidez da cor a fricção e solidez da cor a sublimação é possível afirmar que todos os ensaios de solidez se mantêm constantes em todos os tingimentos realizados, sendo a solidez da cor a lavagem e a fricção apresentando notas excelentes, e a solidez da cor a sublimação apresentando notas regulares, concluindo que o corante disperso alojado dentro do fio de poliéster só é afetado com temperaturas acima de 80°C, e ainda pode ser concluído observando a solidez da cor a sublimação que as notas do corante C.I *Disperse Blue 79* foram melhores que do C.I *Disperse Red 60* devido a molécula do corante azul ser maior dificultando sua saída do interior do fio.

Para análise dos valores experimentais de força colorística e ΔL , Δa e Δb foram montadas duas análises de variâncias (ANOVA), na primeira foram analisados somente os resultados obtidos com as amostras do primeiro banho (ANOVA com 2 fatores) e na segunda com as amostras dos demais banhos (ANOVA com 3 fatores).

Na ANOVA dos valores experimentais da força colorística obtidos no primeiro banho, pode-se observar que o fator e fio e a interação corantes x fio são significativas (valor $p > 0,05$), a significância entre os fatores pode ser justificada pelo fato de que os valores usados como referência no espectrofotômetro ($FC = 100\%$) para a determinação das forças colorísticas foram os tecidos de fio *standard*, sendo assim o tecido de fio de micro fibra apresentou a força colorística menor devido a sua área superficial ser maior.

A ANOVA dos valores experimentais de força colorística dos banhos reutilizados mostra que há significância entre os fatores principais (valor $p < 0,05$): corantes e fios e entre as interações: banho x fio, banho x corante e fio x corante. Portanto, a força colorística depende

do tipo de fio e do corante utilizados. Entretanto, o fator principal banho não foi significativo ($p > 0,05$), ou seja, não houve diferença entre os banhos reutilizados.

Na ANOVA dos valores experimentais de ΔL , Δa e Δb , tanto para os valores obtidos nos primeiros banhos como nos banhos reutilizados, percebe-se a influência do fio e do corante nos resultados, pois, na análise destes parâmetros, foram usados como referência as coordenadas de cores do CIELAB. Os resultados mostram os corantes iguais geram cores com coordenadas diferentes para tecidos microfibras que possuem maior área superficial e maior gramatura em relação aos tecidos *standard*. Na análise destes parâmetros o fator principal banho não foi significativo indicando a capacidade de reutilização dos banhos.

Na tabela de comparação das tolerâncias nas diferenças colorimétricas dos parâmetros analisados, observa-se a capacidade de reutilização dos banhos mantendo qualidade de reprodução da cor, principalmente para o corante *C.I Disperse Blue 79*, que nos dois tipos de fios apresentaram resultados, para todos os banhos, dentro dos níveis de tolerância encontrados na literatura pesquisada. Para o corante *C.I Disperse Red 60* observa-se que a força colorística esteve dentro da tolerância de 5% em todos os banhos, sendo somente os deltas que extrapolaram o limite para o fio de microfibra no 2º, 3º e 4º banhos para o ΔL e para o fio *standard* somente o 2º banho no Δb ultrapassou o limite em 0,08 pontos.

Contudo pode-se concluir que a possibilidade de recuperação dos banhos de tingimento de poliéster é válida para as matérias-primas e corantes estudados.

6. TRABALHOS FUTUROS

Com base neste trabalho, podemos sugerir os seguintes temas para trabalhos futuros:

- Estudo com outros corantes dispersos para verificar se o comportamento se mantém;
- Estudo da transmitância do banho residual para quantificação dos corantes restantes na água em cada banhos;
- Variação das concentrações de um mesmo corante, para definição de uma análise fatorial com possível verificação de concentração ideal e formulação de uma regressão.

REFERENCIAS

ABIDI, N.; ERRAIS, E.; DUPLAY, J.; BEREZ, A.; JRAD, A.; SCHÄFER, G.; GHAZI, M.; SEMHI K., TRABELSI-AYADI, M. **Treatment of Dye-Containing Effluent by Natural Clay**. Journal of Cleaner Production, Vol. 86, 432-440, 2015.

AHANI, M.; KHATIBZADEH, M.; MOHSENI, M. **Kinetic of Disperse Dyeing on Compounded PET (Polyethylene Terephthalate) Using Hyperbranched Polymeric Additive as a Nanomaterial**. 8 f. Progress in Color Colorants Coat, Vol. 5, 117-124, 2012.

AHJOPALO, L.; ÖSTERHOLM, H.; JÄRVINEN, H.; PIETILÄ, L. O. **Cyclic Oligomers in Saturated Polyesters**. Polymer, Vol. 41, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - NBR10591/2008: **Materiais têxteis - Determinação da gramatura de superfícies têxteis**, São Paulo, 4p.

AMERICAN ASSOCIATION OF TEXTILE CHEMISTS AND COLORISTS (AATCC) - TM 173: **CMC: Calculation of Small Color Differences for Acceptability**, Research Triangle Park (NC), 10p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - NBR12060/1991: **Materiais têxteis - Determinação do número de carreiras/cursos e colunas em tecidos de malha - Metodo de ensaio**, São Paulo, 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - NBR105C06/2010: **Têxteis — Ensaio de solidez da cor Parte C06: Solidez da cor à lavagem doméstica e comercial**, São Paulo, 10p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) - NBR105x12/2007: **Têxteis - Ensaio de solidez da cor Parte X 12: Solidez À fricção**, São Paulo, 3p.

ALFIERI, P. P. M. **Apostila Tecnologia Fibras II**, Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, 2009.

ALFIERI, P. P. M., **Apostila de Beneficiamento Têxtil II – Tecnologia do Tingimento**, Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, 2013a

ALFIERI, P. P. M., **Tecnologia da Texturação e Fios Recobertos**, Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, 2013b

ATHALYE, A.; CHAKRABORTY, A.; SHIRKE, V. **Dyeing of Polyester with Disperse Dyes with High Wet Fastness**. 6 f. Colourage, Vol. 31, 54-58, 2014.

AVILA, H. E. R.; CASTILLO, D. I. M.; PETRICIOLET, A. B. **Relevance of Anionic Dye Properties on Water Decolorization Performance Using Bone Char: Adsorption Kinetics, Isotherms and Breakthrough Curves**. 10 f. Journal of Molecular Liquids, Vol. 219, 425–434, 2016.

BAGHA, A. R.; GHARAGOZLOU, M.; EMAMI, F. **Catalytic Wet Peroxide Oxidation of a Reactive Dye by Magnetic Copper Ferrite Nanoparticles**. 7 f. Journal of Environmental Chemical Engineering, Vol. 4, 1530–1536, 2016.

BAGHA, A. R.; HOLMBERG, K. **Solubilization of Hydrophobic Dyes in Surfactant Solutions**. 29 f. Materials, Vol. 6, 580-608, 2013.

BARDAJEE, G. R. **Microwave-assisted Solvent-free Synthesis of Fluorescent Naphthalimide Dyes**. 7 f. Dyes and Pigments, Vol. 99, 52-58, 2013.

BASTIAN, E. Y. O.; ROCCO, J. L. S. **Guia Técnico Ambiental da Indústria Têxtil**, Cetesb/Sinditêxtil, 2009.

BERGENTHAL, J. F.; TAWA, A. **Investigation of Textile Dyebath Reconstitution and Reuse Volume 1. Technical Report**. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA-600/2-84-100a, 1984a.

BERGENTHAL, J. F.; TAWA, A. **Investigation of Textile Dyebath Reconstitution and Reuse Volume 2. Operations Manual**. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA-600/2-84-100a, 1984b.

BERGENTHAL, J. F.; TAWA, A.; EAPEN, J.; TINCHER, W. C. **Dyebath Reuse Tests Verify Quick Payback**. 3 f. Textile World, Vol. 134, No. 8, 1984.

BERGENTHAL, J. F.; HENDRIKS, R.; TINCHER, W.; EAPEN, J.; TAWA, A. **Textile Dyebath Reconstitution And Reuse**. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA/600/D-84/262, 1984.

BENGENTHAL, J. F.; EAPEN, J.; HENDRIKS, R. V.; TAWA, A.; TINCHER, W. C. **Full-Scale Demonstration of Textile Dye Wastewater Reuse**. 8 f. Engineering Technical Reports Collection, Purdue University, 1985.

BERNARDIN, A. M.; RIELLA, H. G. **Variação de Tonalidade em Placas Cerâmicas e Escalas Colorimétricas: CMC x CIELAB x CIELCH**. Cerâmica Industrial, Vol. 4, 1999.

BOOTH, G.; ZOLLINGER, H.; McLAREN, K.; SHARPLES, W. G.; WESTWELL, A. **Dyes, General Survey**. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 7th ed, 2011.

BRANDRUP, J.; IMMERGUT, E. H.; GRULKE, E. A. **Polymer Handbook**. John Wiley & Sons, Inc. 4th ed, 1999.

BUNKHOLT, I.; KLEIV, R. A. **The Applicability of the Kubelka–Munk Model in GCC Brightness Prediction**. 7 f. Minerals Engineering, Vol. 56, 129–135, 2014.

BURKINSHAW, S. M. **Chemical Principles of Synthetic Fibre Dyeing**. 223 f. Springer. 1995

CABANES, A. S. **Oligómeros en el Poliéster**. Asociación de Técnicos de la Industria Textil, 20XX.

CANBOLAT, S.; KILINC, M.; KUT, D. **The Investigation of the Effects of Plasma Treatment on the Dyeing Properties of Polyester/Viscose Nonwoven Fabrics.** 9 f. Social and Behavioral Sciences, Vol. 195, 2143–2151, 2015.

CARR, W. W.; COOK, F. L. **Savings in Dyebath Reuse Depend on Variations in Impurity Concentrations.** 5 f. Textile Chemist & Colorist, Vol. 12, No. 5, 1980.

CESTARE, J. F., **Apostila Malharia II – Malharia Circular;** Centro Universitário da FEI; São Bernardo do Campo, 2010.

CESTARE, J. F., **Apostila Malharia II – Conceitos da Malharia de Trama;** Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, 2013.

CHEN, J. W.; CHEN, L. W. **Kinetics of Diethylene Glycol Formation from Bishydroxyethyl Terephthalate with Proton Catalyst in the Preparation of Poly(ethylene terephthalate).** 8 f. Journal of Applied Polymer Science, Vol. 75, 1221–1228, 2000.

COGNARD, J.; PHAN, T. H. **Colorants Anthraquinoniques Stables de Parametre D'Ordre Eleve en Solution Dans les Cristaux Liquides.** Molecular Crystals and Liquid Crystals, Vol. 70, 1981.

COLLIER, A. M., **A Handbook of Textiles.** Pergamon Press, 1970.

CORREIA, V. M.; STEPHENSON, T.; JUDD, S. J., **Characterisation of Textile Wastewaters– A Review,** School of Water Sciences, Environmental Technology, Vol. 15, 1994.

COOK, F. L. **Direct Dyebath Reuse: The Future Is Now!** 4 f. Textile World, Vol. 133, No. 9, 1983.

COOK, F. L.; TINCHER, W. C. **Dyebath Reuse in Batch Dyeing.** 5 f. Textile Chemist and Colorist, Vol. 10, No 1, 1978.

COOK, F. L.; TINCHER, W. C.; CARR, W. W.; OLSON, L. H.; AVERETTE, M. **Plant Trials On Dyebath Reuse Show Savings In Energy, Water, Dyes And Chemicals**. 10 f. Textile Chemist and Colorist, Vol. 12, No. 1, 1980.

COOK, F. L.; CARR, W. W.; TINCHER, W. C.; BROOKSTEIN, D. S.; CARTER, W. C.; CLARK, J. L. **Energy Conservation In The Textile Industry Phase II**. Georgia Institute of Technology, 1977

COOK, J. G. **Handbook of Textile Fibres: I. Natural Fibres**. 240 f. Merrow Technical Library, 2001.

COOK, J. G. **Handbook of Textile Fibres: II. Man-made Fibres**. 389 f. Merrow Technical Library. 2009

DEPURA, B. L.; ALAGIRUSAMY, R.; JOSHI, M.; GUPTA, B. **Polyester and Polyamides**. 604 f. Woodhead publishing in textile, 2008.

DERMINOT, J. **Medios de Estudio y Determinación de los Oligómeros del Poli(etilén tereftalato) Textil e su Aplicación en el Caso de Problemas Industriales**. 20 f. Bol. Inst. Inv. Textil Terrassa, N ° 75, 9-28, 1979.

DEVOTTA, I.; MASHELKAR, R. A. **Modelling of Polyethylene Terephthalate Reactors-X. A Comprehensive Model for Solid-State Polycondensation Process**. 9 f. Chemical Engineering Science, Vol. 48, N°. 10, 1859-1867, 1993.

DIMAKIS, A. A.; ALEXANDRATOU, A.; BALZARINI, A. **Value Chain Upgrading in a Textile Dyeing Industry**. 11 f. Journal of Cleaner Production, 2016.

DRADAS, F. S.; GHARANJIG, K.; RAISSI, S. **Optimising by Response Surface Methodology the Dyeing of Polyester with a Liposome Encapsulated Disperse Dye**. 8 f. Coloration Technology, Vol. 130, 86–92, 2013.

EREN, Z. **Ultrasound as a Basic and Auxiliary Process for Dye Remediation: A Review**. Journal of Environmental Management, Vol. 104, 127-141, 2012.

FANCHIANG, J.; TSENG, D. **Degradation of Anthraquinone Dye C.I. Reactive Blue 19 in Aqueous Solution by Ozonation.** Chemosphere, Vol. 77, 214–221, 2009.

FENG, G.; QIAN, H. F.; BAI, G.; LIU, Y. C.; HU, L. L. **Synthesis, Characterization, and Application of Diester/Diurethane Tethered Azo Disperse Dyes: A New Strategy to Improve Dye's Fastness Properties.** 6 f. Dyes and Pigments, Vol. 129, 54-59, 2016.

GAJERA, H. P.; BAMBHAROLIA, R. P.; HIRPARA, D. G.; PATEL, S. V.; GOLAKIYA, B. A. **Molecular Identification and Characterization of Novel *Hypocrea Koningii* Associated with Azo Dyes Decolorization and Biodegradation of Textile Dye Effluents.** 11 f. Process Safety and Environmental Protection, Vol. 98, 406–416, 2015.

GHOREISHIAN, S. M.; BADI, K.; NOROUZI, M.; RASHIDI, A.; MONTAZER, M.; SADEGHI, M.; VAFAEE, M. **Decolorization and mineralization of an azo reactive dye using loaded nano-photocatalysts on spacer fabric: Kinetic study and operational factors.** Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, Vol. 45, 2436–2446, 2014.

GOMES, A. C.; NUNES, J. C.; SIMÕES, R. M. S. **Determination of Fast Ozone Oxidation Rate for Textile Dyes by Using a Continuous Quench-flow System.** Journal of Hazardous Materials, Vol. 178, 57–65, 2010.

GUARATINI, C. C. I.; ZANONI, M. V. B. **Corantes Têxteis.** Química Nova, Vol. 23, Nº 1, 71-78, 2000.

GUILLÉN, J. G. **Fibras Textiles: Propiedades y descripción (Curso Básico).** Terrassa: Universitat Politècnica de Catalunya, 1991.

GUMBERT, S. D.; KÖRBITZER, M.; ALIG, E.; SCHMIDT, M. U.; CHIEROTTI, M. R.; GOBETTO, R.; LI, X.; STREEK, J. V. **Crystal Structure and Tautomerism of Pigment Yellow 138 Determined by X-ray Powder Diffraction and Solid-State NMR.** 50 f. Dyes and Pigments, 2016.

HAJIVANDI, A.; FARJADFARD, S.; RAMAVANDI, B.; AKBARZADEH, S. **Experimental Data for Synthesis of bi-metalized Chitosan Particle for Attenuating of an Azo Dye from Wastewater**. 6 f. Data in Brief, Vol. 7, 71–76, 2016.

HAMPRECHT, R.; WESTERKAMP, A. **Disperse Dyes**. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 7th ed, 2011.

HASSANI, A.; KHATAEE, A.; KARACA, S.; KARACA, M.; KIRANSA, M. **Adsorption of two Cationic Textile Dyes from Water with Modified Nanoclay: A Comparative Study by Using Central Composite Design**. 12 f. Journal of Environmental Chemical Engineering, Vol. 3, 2738–2749, 2015.

HAZZAA, R.; HUSSEIN, M. **Adsorption of Cationic Dye from Aqueous Solution onto Activated Carbon Prepared from Olive Stones**. 12 f. Environmental Technology & Innovation, Vol. 4, 36–51, 2015.

HE, Y.; WANG, X.; XU, J.; YAN, J.; GE, Q.; GU, X.; JIAN, L. **Application of Integrated Ozone Biological Aerated Filters and Membrane Filtration in Water Reuse of Textile Effluents**. Bioresource Technology, Vol. 133, 150–157, 2013.

HEARLE, J. W. S.; HOLLICK, L.; WILSON, D. K. **Yarn Texturing Technology**. Woodhead publishing in textile, 1st ed., 2001.

HU, E.; WU, X.; SHANG, S.; TAO, X.; JIANG, S.; GAN, L. **Catalytic Ozonation of Simulated Textile Dyeing Wastewater Using Mesoporous Carbon Aerogel Supported Copper Oxide Catalyst**. Journal of Cleaner Production, Vol. 112, 4710–4718, 2016.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) - ISO 105-X11/1994: **Textiles - Tests for colour fastness - Part X11: Colour fastness to hot pressing**, London, 3p.

JAIME-ACUÑA, O. E.; VILLAVICENCIO, H.; PETRANOVSKII, V.; RAYMOND-HERERA, O. **Disperse Orange 30 Dye Degradation by Assisted Plasmonic Photocatalysis**

Using Ag-CdZnSO/zeolitic Matrix Nanocomposites. Catalysis Communications, Vol. 75. 103–107, 2016.

JIANG, L.; FOLMER, H.; BU, M. **Interaction Between Output Efficiency and Environmental Efficiency: Evidence from the Textile Industry in Jiangsu Province, China.** 10 f. Journal of Cleaner Production, Vol. 113, 123-132, 2016.

KAFORI, R.; DRÉAU, Y. L.; ANTINELLI, J. F.; VALLS, R.; DUPUY, N. **CIEL*A* b* Color Space Predictive Models for Colorimetry Devices – Analysis of Perfume Quality.** 9 f. Talanta, Vol. 104, 58–66, 2013.

KARST, D.; YANG, Y. **Using the Solubility Parameter to Explain Disperse Dye Sorption on Polylactide.** 7 f. Journal of Applied Polymer Science, Vol. 96, 416–422, 2005.

KHATRI, A.; PEERZADA, M. H.; MOHSIN, M.; WHITE, M. **A Review on Developments in Dyeing Cotton Fabrics with Reactive Dyes for Reducing Effluent Pollution.** 8 f. Journal of Cleaner Production, Vol. 87, 50-57, 2015.

KHAZAIEPOUL, A.; SOLEIMANI, M.; SALAHI, S. **Solubility Prediction of Disperse Dyes in Supercritical Carbon Dioxide and Ethanol as Co-solvent Using Neural Network.** Chinese Journal of Chemical Engineering, Vol. 24, 2016.

KIEL, D.; FLAIG, R.; SCHROEDER, A.; HARTMANN, H. **Synthesis and Characterisation of Methine Dyes Derived from N,N-disubstituted 2-aminoselenazoles and some of their Heterocyclic Sulfur Analogues.** 10 f. Dyes and Pigments, Vol. 50, 67–76, 2001.

KIM, T. K.; SON, Y. A.; LIM, Y. J. **Thermodynamic Parameters of Disperse Dyeing on Several Polyester Fibers Having Different Molecular Structures.** 6 f. Dyes and Pigments, Vol. 67, 229-234, 2005.

KOH, J. **Dyeing with Disperse Dyes.** 27 f. Textile Dyeing. InTech, 2011.

KURADE, M. B.; WAGHMODE, T. R.; KHANDARE, R. V.; JEON, B. H.; GOVINDWAR, S. P. **Biodegradation and Detoxification of Textile dye Disperse Red 54 by *Brevibacillus***

***Laterosporus* and Determination of its Metabolic Fate.** 8 f. Journal of Bioscience and Bioengineering, Vol. 121, No. 4, 442-449, 2016.

LIM, B. H.; KWON, S. H.; KANG, E. C.; PARK, H.; LEE, H. W.; KIM, W. G. **Isolation and Identification of Cyclic Oligomers of the Poly(ethylene terephthalate)–Poly(ethylene isophthalate) Copolymer.** 9 f, Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry, Vol. 41, 881–889, 2003.

LIU, X.; GONG, W.; LUO, J.; ZOU, C.; YANG, Y.; YAN, S. **Selective Adsorption of Cationic Dyes from Aqueous Solution by Polyoxometalate-based Metal–organic Framework Composite.** 8 f. Applied Surface Science, Vol. 362, 517–524, 2016.

MA, W.; MENG, M.; YAN, S.; ZHANG, S. **Salt-free reactive dyeing of betaine-modified cationic cotton fabrics with enhanced dye fixation.** Chinese Journal of Chemical Engineering, Vol. 24, N° 1, 175–179, 2016.

MAHMOUD, M. E.; NABIL, G. M.; EL-MALLAH, N. M.; BASSIOUNY, H. I.; KUMAR, S.; ABDEL-FATTAH, T. M. **Kinetics, Isotherm, and Thermodynamic Studies of the Adsorption of Reactive Red 195A Dye from Water by Modified Switchgrass Biochar Adsorbent.** Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 2016

MARADIYA, H. R.; PATEL, V. S. **Thiophene Based Monoazo Disperse Dyes for Polyester Fabric.** Journal of the Serbian Chemical Society, Vol. 67, No. 1, 2002.

MCDONALD, W. A. **New advances in poly(ethylene terephthalate) polymerization and degradation.** 8 f, Polymer International, Vol. 51, 923-930, 2002.

McINTYRE, J. E. **Synthetic fibres: nylon, polyester, acrylic, polyolefin.** 308 f. Woodhead Publishing, 2004.

MEHTA, K. T.; BHAVSAR, M. C.; VORA, P. M.; SHAH, H. S. **Estimation of the Kubelka-Munk Scattering Coefficient from Single Particle Scattering Parameters.** 12 f. *Dyes and Pigments*, Vol. 5, 329-340, 1984.

MERZOUK, B.; GOURICH, B.; MADANI, K.; VIAL, C.; SEKKI, A. **Removal of a Disperse Red Dye from Synthetic Wastewater by Chemical Coagulation and Continuous Electrocoagulation. A Comparative Study.** *Desalination*, Vol. 272, 2011.

MIAH, M. S. **Cost-effective Treatment Technology on Textile Industrial Wastewater in Bangladesh.** 5 f. *Journal of Chemical Engineering*, Vol. 27, No. 1, 2012.

MILITKÝ, J.; RAIS, J. **A Simple Method for Determining the Diffusion Coefficient of a Dye from the Time of Half-dyeing.** 2 f. *JSDC*, 1977.

OLADIPO, A. A.; GAZI, M.; YILMAZ, E. **Single and Binary Adsorption of Azo and Anthraquinone Dyes by Chitosan-based Hydrogel: Selectivity Factor and Box-Behnken Process Design.** 16 f. *Chemical Engineering Research and Design*, Vol. 104 264–279, 2015.

PARK, J. **Instrumental Color Formulation: A Practical Guide.** 60 f. Society of Dyers And Colourists, England, 1993.

PARK, K. H.; KIM, B. **Mathematical Relationship Between the Colour Shade Depth and the Fibre Count for Disperse Dyeing of Polyester Fibres.** 5 f.

PASCHOAL, F. M. M.; ANDERSON, M. A.; ZANONI, M. V. B. **The Photoelectrocatalytic Oxidative Treatment of Textile Wastewater Containing Disperse Dyes.** *Desalination*, Vol. 249, 1350–1355, 2009.

PATEL, D. R.; PATEL, N. B.; PATEL, B. M.; PATEL, K. C. **Synthesis and dyeing properties of some new monoazo disperse dyes derived from 2-amino-4-(20, 40-dichlorophenyl)-1,3 thiazole.** *Journal of Saudi Chemical Society*, Vol. 18, 2014.

PEREPELKIN, K. E. **Physicochemical Nature and Structural Dependence of the Unique Properties of Polyester Fibers**. Fibre Chemistry, Vol. 33, No. 5, 2001.

PEREPELKIN, K. E.; TEPLUKHOVA, M. V.; KYNIN, A. T.; KOITOVA, Z. Y. **Kinetics of sorption-desorption of moisture by chemical and natural fibres and yarns**. Fibre Chemistry, Vol. 27, No. 4, 1996.

QADA, E. N. E.; ALLEN, S. J.; WALKER, G. M. **Adsorption of Basic Dyes from Aqueous Solution onto Activated Carbons**. 11 f. Chemical Engineering Journal, Vol. 135, 174–184, 2008.

RABIEI, N.; KISH, M. K.; AMIRSHAHI, S. H.; RADJABIAN, M. **The Kinetic and Thermodynamic Parameters of Dyeing of Polypropylene/Clay Composite Fibers Using Disperse Dye**. 7 f. Dyes and Pigments, Vol. 94, 386-392, 2012.

RAMACHANDRAN, G.; KUMARASAMY, T. **Degradation of Textile Dyeing Wastewater by a Modified Solar Photo-Fenton Process Using Steel Scrap/H₂O₂**. Clean – Soil, Air, Water, Vol. 41, N° 3. 267–274, 2013.

RAVEE, A. **Principles of Polymer Chemistry**. 3rd ed, Springer, 2012.

REBSDAT, S.; MAYER, D. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 7th ed. Vol. A 10, 2011.

RODRIGUES, C. S. D.; MADEIRA, L. M.; BOAVENTURA, R. A. R. **Synthetic Textile Dyeing Wastewater Treatment by Integration of Advanced Oxidation and Biological Processes – Performance Analysis With Costs Reduction**. 13 f. Journal of Environmental Chemical Engineering, Vol. 2, 1027–1039, 2014.

ROMÃO, W.; SPINACÉ, M. A. S.; DE PAOLI, M. A. **Poli(Tereftalato de Etileno), PET: Uma Revisão Sobre os Processos de Síntese, Mecanismos de Degradação e sua Reciclagem**, Polímeros: Ciência e Tecnologia, v. 19, N° 2, pp. 121-132, 2009.

RWEI, S. P.; NI, S. K. **Formation, Characterization, and Prevention of Dust Generated During Fiber or Fabric Processing of PET Materials**. Textile Research Journal, Vol. 74, No. 7, 2004.

SALEH, H. E. D. M. **Polyester**. 400 f. InTech, 2012

SALEM, V. **Tingimento Têxtil, Apostila Curso de Tingimento Têxtil**, Modulo I, 2000.

SARMENTO, M.; DURÃO, D.; DUARTE, M. **Study of Enviromental Sustainability: The Case of Portuguese Polluting Industries**. 11 f. Energy, Vol. 30, 1247–1257, 2005.

SÃO PAULO, Decreto Estadual nº 8.468 de 8 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei n. 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente.

SATAM, M. A.; RAUT, R. K.; SEKAR, N. **Fluorescent Azo Disperse Dyes from 3-(1,3-benzothiazol-2-yl)naphthalen-2-ol and Comparison with 2-naphthol Analogs**. 12 f. Dyes and Pigments, Vol. 96, 92-103, 2013.

SHAN, B.; TONG, X.; XIONG, W.; QIU, W.; TANG, B.; LU, R.; MA, W.; LIU, Y.; ZHANG, S. **A New Kind of H-acid Monoazo-anthraquinone Reactive Dyes with Surprising Colour**. 11 f. Dyes and Pigments, Vol. 123, 44-54, 2015.

SHEEHAN, R.J. **Terephthalic acid, dimethyl phthalate and isophthalic acid**. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, 7th ed. Vol. A 26, 193-204, 2011.

SILVA, C. M. P. **Tratamento Alcalino e Enzimático de Fibras Sintéticas**. 99 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Fabricação). Universidade de Minho. Minho, 2002.

SOARES JUNIOR, A. B. **Produção do poli(tereftalato de etileno) modificado com glicerol e derivados**. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). UFRJ/COPPE, 2010.

SOLANO, A. M. S.; HUITLE, G. A. M.; SEGURA, S. G.; GHENYMY, A. E.; BRILLAS, E. **Application of Electrochemical Advanced Oxidation Processes with a Boron-doped**

Diamond Anode to Degrade Acidic Solutions of Reactive Blue 15 (Turquoise Blue) dye.

11 f. *Electrochimica Acta*, Vol. 197, 210–220, 2016.

SPENCER, D. **Knitting Technology**. Pergamon Press, 3ed., London, 2001.

SENTHILKUMAR, M. **Modelling of CIELAB Values in Vinyl Sulphone Dye Application Using Feed-Forward Neural Networks**. 6 f. *Dyes and Pigments*, Vol. 75, 356-361, 2007.

The Fiber Year - World Survey on Textiles & Nonwovens. 2015

TIANO, P. C. M. **Apostila de Cor e Colorimetria**. Conselho Regional de Química – CRQ, São Paulo, 2009.

TINCHER, W. C.; AVEREE, L. **Direct Dye-Bath Reuse Through Spectrophotometric and Ozonolysis Techniques**. 12 f. *WRRI Bulletin*, Auburn University, No. 46, 1982

TINCHER, W. C.; COOK, F. L.; BARCH, L. A. **Reusing Dyebaths In Jet Dyeing**. 4 f. *Textile Chemist and Colorist*, Vol. 13, No. 12, 1981.

TIWARIA, S. k.; FEI, p. t. c.; McLAREN, J. D. **A Pilot Study: Evaluating the Influence of Knitting Patterns and Densities on Fabric Properties for Sports Applications**. 6th Asia-Pacific Congress on Sports Technology (APCST). *Procedia Engineering*, Vol. 60, 373–377, 2013.

TOWNS, A. D. **Developments in Azo Disperse Dyes Derived from Heterocyclic Diazo Components**. 26 f. *Dyes and Pigments*, Vol. 42, 3-28, 1999.

UJHELYIOVA, A.; BOLHOVA, E.; ORAVKINOVA, J.; TINŮ, R.; MARCINČIN, A. **Kinetics of Dyeing Process of Blend Polypropylene/Polyester Fibres with Disperse Dye**. 5 f. *Dyes and Pigments*, Vol. 72, 212-216, 2007.

VAN KREVELEN, D. W. **Properties of Polymers**, 4th ed. Elsevier Science, 2009

VAVILOVA, S. Y.; POROKOVA, N. P.; KALINNIKOV, Y. A. **The Problem of Cyclic Oligomers in Dyeing and Processing Polyester and Ways of Solving it.** 3 f. Fiber Chemistry, Vol. 35, N° 2, 128–130, 2003.

VASCONCELOS F. B. **Introdução à Malharia**, Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, 2009.

VASCONCELOS F. B. **Fibras sintéticas – Conceito de fiação de filamentos por fusão**, Centro Universitário da FEI, São Bernardo do Campo, 2010.

VASCONCELOS F. B.; MARCICANO, J. P. P.; SANCHES, R. A. **Influence of Yarn Tension Variations Before the Positive Feed on the Characteristics of Knitted Fabrics.** Textile Research Journal, Vol. 85, N° 17, 1864–1871, 2015.

VASCONCELOS, F. G. **Análise crítica do índice de capacidade de gerenciamento de umidade do Moisture Management Tester (MMT).** 124 f. Monografia (Graduação em Engenharia Têxtil). Centro Universitário FEI, 2013.

VIGO, T. L. **Textile Processing and Properties: Preparation, Dyeing, Finishing and Performance.** 479 f. Textile Science and Technology, Vol. 11, 1994.

WANG, P. Y.; MA, J. F. **The Kinetics of the Dyeing and Fading of Coloured Poly(ethylene-2,6-naphthalenedicarboxylate) Fiber.** Dyes and Pigments, Vol. 37, No. 2, 1998.

WILSON, J. **Handbook of Textile Design.** 160 f. Woodhead Publishing Series in Textiles, 1st ed, 2001.

WU, X.; HUI, K. N.; HUI, K. S.; LEEC, S. K.; ZHOUD, W.; CHENE, R.; HWANG, D. H.; CHO, Y. R.; SONB, Y. G. **Adsorption of Basic Yellow 87 from Aqueous Solution onto two Different Mesoporous Adsorbents.** Chemical Engineering Journal, Vol. 180, 91–98, 2012.

XU, S.; CHEN, J.; WANG, B.; YANG, Y. **Molecular Surface Area Based Predictive Models for the Adsorption and Diffusion of Disperse Dyes in Polylactic Acid Matrix.** 10 f. Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 458, 22–31, 2015.

YAN, L.; QIN, I.; YU, H.; LI, S.; SHAN, R.; DU, B. **Adsorption of Acid Dyes from Aqueous Solution by CTMAB Modified Bentonite: Kinetic and Isotherm Modeling.** 8 f. Journal of Molecular Liquids, Vol. 211, 1074–1081, 2015.

YANG, J.; ROCH, C. G.; WANG, S.; FERREIRA, A. A. P.; YAMANAKA, H. **A Label-free Impedimetric Immunosensor for Direct Determination of the Textile dye Disperse Orange 1.** Talanta, Vol. 142, 183–189, 2015.

APENDICE A – RESULTADOS OBTIDOS DO ESPECTOFOTOMETRO

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD RED 60 - (Máq 2) STD RED 60
- (Máq 3) STD RED 60 - (Máq 4) STD RED 60

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
I:c 2.00

Standard Name:	L*	a*	b*	C*	h°
Referência (Máq 1) STD RED 60	43.61	66.34	11.83	67.39	10.11

Trial Name	%STR-SUM	DEcmc	DL*	DC*	DH*	Da*	Db*	
(Máq 2) STD RED 60	95.20	0.46	0.35 L	-0.24 D	-0.78 B	-0.10 G	-0.81 B	3
(Máq 3) STD RED 60	96.08	0.13	0.24 L	-0.14 D	-0.01	-0.13 G	-0.03 B	3
(Máq 4) STD RED 60	95.52	0.35	-0.01	-0.88 D	-0.34 B	-0.81 G	-0.49 B	3
(Máq 5) STD RED 60	100.08	0.17	-0.08 D	-0.08 D	-0.31 B	-0.02	-0.32 B	3

Customer Name**Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]**

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD RED 60 - (Máq 1) STD RED 60 - DUP

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
l:c 2.00

Standard Name:
Referência (Máq 1) STD RED 60

<u>L*</u>	<u>a*</u>	<u>b*</u>	<u>C*</u>	<u>h°</u>
43.61	66.34	11.83	67.39	10.11

Trial Name
(Máq 1) STD RED 60 -

<u>%STR-SUM DEcmc</u>	<u>DL*</u>	<u>DC*</u>	<u>DH*</u>	<u>Da*</u>	<u>Db*</u>	
103.53	0.24	-0.28 D	0.00	-0.36 B	0.06 R	-0.35 B
						3

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD RED 60 - (Máq 2) STD RED 60
- (Máq 2) STD RED 60 - DUP

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
I:c 2.00

Standard Name:	L*	a*	b*	C*	h°
Referência (Máq 1) STD RED 60	43.61	66.34	11.83	67.39	10.11

Trial Name	%STR-SUM	DEcmc	DL*	DC*	DH*	Da*	Db*	
(Máq 2) STD RED 60	95.20	0.46	0.35 L	-0.24 D	-0.78 B	-0.10 G	-0.81 B	3
(Máq 2) STD RED 60 -	95.51	0.40	0.33 L	-0.21 D	-0.67 B	-0.10 G	-0.70 B	3

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD RED 60 - (Máq 3) STD RED 60
- (Máq 3) STD RED 60 - DUP

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
I:c 2.00

Standard Name:	L*	a*	b*	C*	h°
Referência (Máq 1) STD RED 60	43.61	66.34	11.83	67.39	10.11

Trial Name	%STR-SUM	DEcmc	DL*	DC*	DH*	Da*	Db*	
(Máq 3) STD RED 60	96.08	0.13	0.24 L	-0.14 D	-0.01	-0.13 G	-0.03 B	3
(Máq 3) STD RED 60 -	97.59	0.31	0.27 L	0.10 B	-0.53 B	0.19 R	-0.51 B	3

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD RED 60 - (Máq 4) STD RED 60
- (Máq 4) STD RED 60 - DUP

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
l:c 2.00

Standard Name:	L*	a*	b*	C*	h°
Referência (Máq 1) STD RED 60	43.61	66.34	11.83	67.39	10.11

Trial Name	%STR-SUM	DEcmc	DL*	DC*	DH*	Da*	Db*	
(Máq 4) STD RED 60	95.52	0.35	-0.01	-0.88 D	-0.34 B	-0.81 G	-0.49 B	3
(Máq 4) STD RED 60 -	98.74	0.17	0.06 L	-0.12 D	-0.31 B	-0.07 G	-0.32 B	3

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD RED 60 - (Máq 5) STD RED 60
- (Máq 5) STD RED 60 - DUP

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
l:c 2.00

Standard Name:	L*	a*	b*	C*	h°
Referência (Máq 1) STD RED 60	43.61	66.34	11.83	67.39	10.11

Trial Name	%STR-SUM	DEcmc	DL*	DC*	DH*	Da*	Db*	
(Máq 5) STD RED 60	100.08	0.17	-0.08 D	-0.08 D	-0.31 B	-0.02	-0.32 B	3
(Máq 5) STD RED 60 -	97.88	0.30	0.09 L	-0.20 D	-0.55 B	-0.10 G	-0.58 B	3

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD RED 60 - (Máq 1) MICRO RED 60
- (Máq 2) MICRO RED 60 - (Máq 3) MICRO RED 60

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
l:c 2.00

Standard Name:
Referência (Máq 1) STD RED 60

L*	a*	b*	C*	h°
43.61	66.34	11.83	67.39	10.11

Trial Name	%STR-SUM	DEcmc	DL*	DC*	DH*	Da*	Db*	
(Máq 1) MICRO RED 60	63.04	3.29	3.86 L	-1.17 D	-4.97 B	-0.47 G	-5.08 B	3
(Máq 2) MICRO RED 60	65.42	3.16	3.44 L	-1.26 D	-4.94 B	-0.56 G	-5.06 B	3
(Máq 3) MICRO RED 60	59.17	3.70	4.28 L	-1.71 D	-5.57 B	-0.94 G	-5.75 B	3
(Máq 4) MICRO RED 60	58.66	3.66	4.12 L	-2.28 D	-5.50 B	-1.52 G	-5.76 B	3
(Máq 5) MICRO RED 60	60.13	3.61	4.22 L	-1.45 D	-5.44 B	-0.70 G	-5.59 B	3

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD RED 60 - (Máq 1) MICRO RED 60
- (Máq 1) MICRO RED 60 - DUP

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
l:c 2.00

Standard Name:	L*	a*	b*	C*	h°
Referência (Máq 1) STD RED 60	43.61	66.34	11.83	67.39	10.11

Trial Name	%STR-SUM	DEcmc	DL*	DC*	DH*	Da*	Db*	
(Máq 1) MICRO RED 60	63.04	3.29	3.86 L	-1.17 D	-4.97 B	-0.47 G	-5.08 B	3
(Máq 1) MICRO RED 60	67.03	3.10	3.09 L	-1.58 D	-4.96 B	-0.88 G	-5.13 B	3

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD RED 60 - (Máq 2) MICRO RED 60
- (Máq 2) MICRO RED 60 - DUP

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
I:c 2.00

Standard Name:	L*	a*	b*	C*	h°
Referência (Máq 1) STD RED 60	43.61	66.34	11.83	67.39	10.11

Trial Name	%STR-SUM	DEcmc	DL*	DC*	DH*	Da*	Db*	
(Máq 2) MICRO RED 60	65.42	3.16	3.44 L	-1.26 D	-4.94 B	-0.56 G	-5.06 B	3
(Máq 2) MICRO RED 60	64.98	3.09	3.28 L	-1.82 D	-4.79 B	-1.13 G	-5.00 B	3

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD RED 60 - (Máq 3) MICRO RED 60
- (Máq 3) MICRO RED 60 - DUP

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
l:c 2.00

Standard Name:	L*	a*	b*	C*	h°
Referência (Máq 1) STD RED 60	43.61	66.34	11.83	67.39	10.11

<u>Trial Name</u>	<u>%STR-SUM</u>	<u>DEcmc</u>	<u>DL*</u>	<u>DC*</u>	<u>DH*</u>	<u>Da*</u>	<u>Db*</u>	
(Máq 3) MICRO RED 60	59.17	3.70	4.28 L	-1.71 D	-5.57 B	-0.94 G	-5.75 B	3
(Máq 3) MICRO RED 60	59.52	3.65	4.38 L	-1.39 D	-5.44 B	-0.64 G	-5.58 B	3

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD RED 60 - (Máq 4) MICRO RED 60
- (Máq 4) MICRO RED 60 - DUP

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
I:c 2.00

Standard Name:	<u>L*</u>	<u>a*</u>	<u>b*</u>	<u>C*</u>	<u>h°</u>
Referência (Máq 1) STD RED 60	43.61	66.34	11.83	67.39	10.11

Trial Name	<u>%STR-SUM</u>	<u>DEcmc</u>	<u>DL*</u>	<u>DC*</u>	<u>DH*</u>	<u>Da*</u>	<u>Db*</u>	
(Máq 4) MICRO RED 60	58.66	3.66	4.12 L	-2.28 D	-5.50 B	-1.52 G	-5.76 B	3
(Máq 4) MICRO RED 60	61.45	3.43	4.00 L	-1.52 D	-5.16 B	-0.79 G	-5.32 B	3

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD RED 60 - (Máq 5) MICRO RED 60
- (Máq 5) MICRO RED 60 - DUP

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
l:c 2.00

Standard Name:	L*	a*	b*	C*	h°
Referência (Máq 1) STD RED 60	43.61	66.34	11.83	67.39	10.11

Trial Name	%STR-SUM	DEcmc	DL*	DC*	DH*	Da*	Db*	
(Máq 5) MICRO RED 60	60.13	3.61	4.22 L	-1.45 D	-5.44 B	-0.70 G	-5.59 B	3
(Máq 5) MICRO RED 60	59.55	3.57	4.34 L	-1.45 D	-5.26 B	-0.72 G	-5.41 B	3

Customer NameNovo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD BLUE 79 - (Máq 2) STD BLUE 79
- (Máq 3) STD BLUE 79 - (Máq 4) STD BLUE 79

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
l:c 2.00

Standard Name:	<u>L*</u>	<u>a*</u>	<u>b*</u>	<u>C*</u>	<u>h°</u>
Referência (Máq 1) STD BLUE 79	21.78	0.51	-23.42	23.42	271.26

<u>Trial Name</u>	<u>%STR-SUM DEcmc</u>	<u>DL*</u>	<u>DC*</u>	<u>DH*</u>	<u>Da*</u>	<u>Db*</u>	
(Máq 2) STD BLUE 79	96.43	0.39	0.30 L	-0.46 D	-0.18 G	-0.19 G	0.46 Y 3
(Máq 3) STD BLUE 79	101.72	0.66	-0.44 D	-0.96 D	0.18 R	0.15 R	0.97 Y 3
(Máq 4) STD BLUE 79	102.38	0.56	-0.43 D	-0.81 D	0.01	-0.01	0.81 Y 3
(Máq 5) STD BLUE 79	97.90	0.37	0.08 L	-0.64 D	-0.05 G	-0.06 G	0.64 Y 3

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD BLUE 79 - (Máq 1) STD BLUE 79 - DUP

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
l:c 2.00

Standard Name:	L*	a*	b*	C*	h°
Referência (Máq 1) STD BLUE 79	21.78	0.51	-23.42	23.42	271.26

Trial Name	%STR-SUM	DEcmc	DL*	DC*	DH*	Da*	Db*	
(Máq 1) STD BLUE 79	97.81	0.16	0.19 L	-0.11 D	-0.02	-0.02	0.11 Y	3

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD BLUE 79 - (Máq 2) STD BLUE 79
- (Máq 2) STD BLUE 79 - DUP

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
l:c 2.00

Standard Name:	L*	a*	b*	C*	h°
Referência (Máq 1) STD BLUE 79	21.78	0.51	-23.42	23.42	271.26

Trial Name	%STR-SUM	DEcmc	DL*	DC*	DH*	Da*	Db*	
(Máq 2) STD BLUE 79	96.43	0.39	0.30 L	-0.46 D	-0.18 G	-0.19 G	0.46 Y	3
(Máq 2) STD BLUE 79	97.74	0.31	0.22 L	-0.26 D	-0.24 G	-0.24 G	0.25 Y	3

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD BLUE 79 - (Máq 3) STD BLUE 79
- (Máq 3) STD BLUE 79 - DUP

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
I:c 2.00

Standard Name:	L^*	a^*	b^*	C^*	h°
Referência (Máq 1) STD BLUE 79	21.78	0.51	-23.42	23.42	271.26

Trial Name	%STR-SUM	DEcmc	DL*	DC*	DH*	Da*	Db*	
(Máq 3) STD BLUE 79	101.72	0.66	-0.44 D	-0.96 D	0.18 R	0.15 R	0.97 Y	3
(Máq 3) STD BLUE 79	98.67	0.49	-0.10 D	-0.83 D	0.12 R	0.10 R	0.84 Y	3

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD BLUE 79 - (Máq 4) STD BLUE 79
- (Máq 4) STD BLUE 79 - DUP

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
l:c 2.00

Standard Name:	L*	a*	b*	C*	h°
Referência (Máq 1) STD BLUE 79	21.78	0.51	-23.42	23.42	271.26

Trial Name	%STR-SUM	DEcmc	DL*	DC*	DH*	Da*	Db*	
(Máq 4) STD BLUE 79	102.38	0.56	-0.43 D	-0.81 D	0.01	-0.01	0.81 Y	3
(Máq 4) STD BLUE 79	100.69	0.47	-0.26 D	-0.76 D	0.03 R	0.01	0.76 Y	3

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD BLUE 79 - (Máq 5) STD BLUE 79
- (Máq 5) STD BLUE 79 - DUP

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
l:c 2.00

Standard Name:	L^*	a^*	b^*	C^*	h°
Referência (Máq 1) STD BLUE 79	21.78	0.51	-23.42	23.42	271.26

Trial Name	%STR-SUM	DEcmc	DL*	DC*	DH*	Da*	Db*	
(Máq 5) STD BLUE 79	97.90	0.37	0.08 L	-0.64 D	-0.05 G	-0.06 G	0.64 Y	3
(Máq 5) STD BLUE 79	97.34	0.24	0.22 L	-0.27 D	-0.09 G	-0.09 G	0.27 Y	3

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD BLUE 79 - (Máq 1) MICRO BLUE 79
- (Máq 2) MICRO BLUE 79 - (Máq 3) MICRO BLUE 79

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
l:c 2.00

Standard Name:	L*	a*	b*	C*	h°
Referência (Máq 1) STD BLUE 79	21.78	0.51	-23.42	23.42	271.26

Trial Name	%STR-SUM DEcmc	DL*	DC*	DH*	Da*	Db*	
(Máq 1) MICRO BLUE 7	68.30	5.33	5.57 L	2.90 B	-2.84 G	-2.94 G	-2.79 B 3
(Máq 2) MICRO BLUE 7	67.84	5.21	5.55 L	2.90 B	-2.60 G	-2.69 G	-2.81 B 3
(Máq 3) MICRO BLUE 7	67.72	5.25	5.59 L	2.96 B	-2.62 G	-2.71 G	-2.88 B 3
(Máq 4) MICRO BLUE 7	69.18	5.11	5.36 L	2.88 B	-2.67 G	-2.76 G	-2.79 B 3
(Máq 5) MICRO BLUE 7	68.41	5.17	5.46 L	2.75 B	-2.71 G	-2.80 G	-2.66 B 3

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD BLUE 79 - (Máq 1) MICRO BLUE 79
- (Máq 1) MICRO BLUE 79 - DUP

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
l:c 2.00

Standard Name:		<u>L*</u>	<u>a*</u>	<u>b*</u>	<u>C*</u>	<u>h°</u>			
Referência (Máq 1) STD BLUE 79		21.78	0.51	-23.42	23.42	271.26			
<u>Trial Name</u>	<u>%STR-SUM DEcmc</u>	<u>DL*</u>	<u>DC*</u>	<u>DH*</u>	<u>Da*</u>	<u>Db*</u>			
(Máq 1) MICRO BLUE 7	68.30	5.33	5.57 L	2.90 B	-2.84 G	-2.94 G	-2.79 B	3	
(Máq 1) MICRO BLUE 7	71.83	4.70	4.84 L	2.41 B	-2.65 G	-2.73 G	-2.33 B	3	

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD BLUE 79 - (Máq 2) MICRO BLUE 79
- (Máq 2) MICRO BLUE 79 - DUP

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
l:c 2.00

Standard Name:	L*	a*	b*	C*	h°
Referência (Máq 1) STD BLUE 79	21.78	0.51	-23.42	23.42	271.26

Trial Name	%STR-SUM	DEcmc	DL*	DC*	DH*	Da*	Db*	
(Máq 2) MICRO BLUE 7	67.84	5.21	5.55 L	2.90 B	-2.60 G	-2.69 G	-2.81 B	3
(Máq 2) MICRO BLUE 7	69.14	5.09	5.35 L	2.79 B	-2.68 G	-2.77 G	-2.69 B	3

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD BLUE 79 - (Máq 3) MICRO BLUE 79
- (Máq 3) MICRO BLUE 79 - DUP

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
I:c 2.00

Standard Name:	L*	a*	b*	C*	h°
Referência (Máq 1) STD BLUE 79	21.78	0.51	-23.42	23.42	271.26

Trial Name	%STR-SUM	DEcmc	DL*	DC*	DH*	Da*	Db*	
(Máq 3) MICRO BLUE 7	67.72	5.25	5.59 L	2.96 B	-2.62 G	-2.71 G	-2.88 B	3
(Máq 3) MICRO BLUE 7	70.54	4.81	5.04 L	2.58 B	-2.57 G	-2.65 G	-2.50 B	3

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD BLUE 79 - (Máq 4) MICRO BLUE 79
- (Máq 4) MICRO BLUE 79 - DUP

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
l:c 2.00

Standard Name:	L*	a*	b*	C*	h°
Referência (Máq 1) STD BLUE 79	21.78	0.51	-23.42	23.42	271.26

Trial Name	%STR-SUM	DEcmc	DL*	DC*	DH*	Da*	Db*	
(Máq 4) MICRO BLUE 7	69.18	5.11	5.36 L	2.88 B	-2.67 G	-2.76 G	-2.79 B	3
(Máq 4) MICRO BLUE 7	73.14	4.50	4.59 L	2.41 B	-2.54 G	-2.62 G	-2.33 B	3

Customer Name

Novo teste USP [database=OuroVerde.mdb]

dCIELab: D65-10

- Referência (Máq 1) STD BLUE 79 - (Máq 5) MICRO BLUE 79
- (Máq 5) MICRO BLUE 79- DUP

ILL 1 D65-10

P/F Limit 0.80
Margin 0.00
l:c 2.00

Standard Name:	L*	a*	b*	C*	h°
Referência (Máq 1) STD BLUE 79	21.78	0.51	-23.42	23.42	271.26

Trial Name	%STR-SUM	DEcmc	DL*	DC*	DH*	Da*	Db*	
(Máq 5) MICRO BLUE 7	68.41	5.17	5.46 L	2.75 B	-2.71 G	-2.80 G	-2.66 B	3
(Máq 5) MICRO BLUE 7	67.44	5.37	5.67 L	2.79 B	-2.84 G	-2.94 G	-2.68 B	3