



JACYARA MOREIRA MARTINS VIDART

**SIMULAÇÃO DA DIFUSÃO DE CORANTES REATIVOS
EM FIBRAS DE ALGODÃO**

CAMPINAS

2013



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA

JACYARA MOREIRA MARTINS VIDART

**SIMULAÇÃO DA DIFUSÃO DE CORANTES REATIVOS
EM FIBRAS DE ALGODÃO**

Orientador: Prof. Dr. Sergio Persio Ravagnani

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Química da Faculdade de Engenharia Química da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestra em Engenharia Química.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA JACYARA MOREIRA MARTINS VIDART E ORIENTADA PELO PROF. DR. SERGIO PERSIO RAVAGNANI.

Assinatura do Orientador

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "S P R", is written above a horizontal line.

CAMPINAS

2013

iii

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Elizangela Aparecida dos Santos Souza - CRB 8/8098

V667s Vidart, Jacyara Moreira Martins, 1988-
Simulação da difusão de corantes reativos em fibras de algodão / Jacyara
Moreira Martins Vidart. - Campinas, SP : [s.n.], 2013.

Orientador: Sergio Persio Ravagnani.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de
Engenharia Química.

1. Difusão. 2. Tingimento. 3. Corante. 4. Algodão. 5. Simulação de processos.
I. Ravagnani, Sergio Persio, 1956-. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Química. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Diffusion simulation of reactive dyes in cotton fibers

Palavras-chave em inglês:

Diffusion

Dyeing

Dye

Cotton

Process simulation

Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Materiais

Titulação: Mestra em Engenharia Química

Banca examinadora:

Sergio Persio Ravagnani [Orientador]

Ana Rita Morales

Maurício de Campos Araújo

Data de defesa: 17-09-2013

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Química

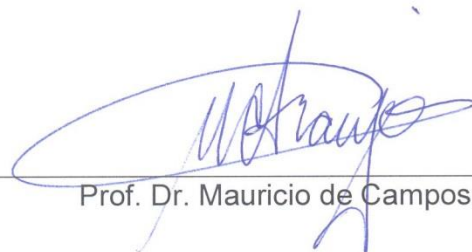
Dissertação de Mestrado defendida por Jacyara Moreira Martins Vidart e aprovada em 17 de setembro de 2013 pela banca examinadora constituída pelos doutores:



Prof. Dr. Sergio Persio Ravagnani



Profa. Dra. Ana Rita Morales



Prof. Dr. Mauricio de Campos Araujo

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por mais uma conquista alcançada.

A minha mãe Fátima, minha irmã Aryse e meu marido Cleiton pela compreensão, apoio e por sempre se fazerem presentes mesmo estando distantes.

Ao professor orientador Dr. Sergio Persio Ravagnani pelo acompanhamento, comprometimento e pela oportunidade.

Aos amigos da FEQ que me acompanharam nesses anos, em especial a Cristina pela atenção e companheirismo.

A empresa Maliber Ind. e Com. Têxtil LTDA, área de acabamento – laboratório têxtil, pela disponibilização dos materiais necessários para o desenvolvimento do trabalho e pelo espaço cedido.

Ao CNPq pela concessão de bolsa de estudos.

A todos que direta ou indiretamente ajudaram na concretização deste trabalho.

“A maior recompensa para o trabalho do homem não é o que ele ganha com isso, mas o que ele se torna com isso.”

John Ruskin

RESUMO

O processo de tingimento empregado nas indústrias têxteis é de fundamental importância para o setor. A fim de garantir a satisfação dos consumidores, com produtos de boa solidez e uniformidade de cor, é necessário que o corante utilizado no processo de tingimento apresente alta afinidade com as fibras. Além da cobrança por parte dos consumidores em relação a produtos de alta qualidade, o setor têxtil enfrenta rígidas normas ambientais relacionadas ao lançamento de seus efluentes altamente tóxicos. Desta forma, a escolha de corantes e fibras com maior afinidade entre si se faz necessária para menor geração de resíduos, pois um tingimento com maior afinidade necessita de menor quantidade de auxiliares de tingimento e menor consumo de água. Conhecendo-se a difusividade de um corante em uma fibra, pode-se determinar a afinidade entre eles e, conseqüentemente, otimizar o processo de tingimento, escolhendo corantes com maior difusividade. Neste trabalho, buscou-se determinar os coeficientes de difusividade de corantes reativos Cosmos Bezaktiv S-C no tingimento de fibras de algodão. Para tanto, ensaios experimentais de tingimento foram realizados e, dados referentes à concentração de corante remanescente no banho de tingimento foram coletados. A partir dos dados obtidos experimentalmente, foi possível realizar a simulação computacional baseada na lei de difusividade de Fick para a determinação dos coeficientes de difusão dos corantes estudados. Os resultados mostraram que o modelo de difusão de Fick é adequado para a representação experimental do tingimento empregado. Além disso, os corantes Cosmos Bezaktiv S-C apresentaram alta difusividade nas fibras de algodão, sendo portanto, excelentes para este tipo de tingimento.

Palavras chave: Tingimento, Difusão, Simulação, Algodão, Corante Reativo.

ABSTRACT

The dyeing process used in textile industries is very important to the sector. In order to guarantee the satisfaction of consumers with products of good color uniformity and strength, it is required that the dye used in the dyeing process has high affinity with the fibers. Besides collecting from consumers in relation to high-quality products, the textile sector is facing strict environmental standards related to the launch of its wastewaters highly toxic. Thus, the choice of dyes and fibers with higher affinity between them is required to generate less waste, since a dye with a higher affinity require fewer dyeing auxiliaries and lower water consumption. Knowing the diffusivity of a dye in a fiber, can be determine the affinity between them, and consequently optimize the dyeing process, by selecting dyes with higher diffusivity. In this study, we sought to determine the coefficients of diffusivity of reactive dyes Cosmos Bezaktiv S-C in dyeing of cotton fibers. To this end, experimental tests were carried out dyeing and data relating to the concentration of dye remaining in the dyebath was collected. From the experimental data, it was possible to carry out computer simulation based on Fick's law diffusivity for the determination of diffusion coefficients of the dyes studied. The results showed that the Fick's diffusion model is suitable for dyeing representation of experimental employed. In addition, the dyes Cosmos Bezaktiv S-C showed high diffusivity in cotton fibers, and therefore excellent for this kind of dyeing.

Keywords: Dyeing, Diffusion, Simulation, Cotton, Reactive Dye.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Corte transversal da fibra de algodão, onde: 1. Camada de cera, 2. Cutícula, 3. Parede Primária, 4. Parede Secundária, 5. Lúmen e, 6. Resíduos Protoplasmáticos	7
Figura 2.2. Exemplo de interação iônica entre o corante (D) e os grupos amino da fibra	14
Figura 2.3. Exemplo de interação de hidrogênio entre corante sulfonado e grupos carboxilas da fibra.....	14
Figura 2.4. Exemplo da interação covalente entre um corante contendo grupos reativos (triazina) e grupos hidroxila presentes na celulose da fibra de algodão.....	15
Figura 2.5. Dispersão da luz visível por um prisma	16
Figura 2.6. Espectro eletromagnético	17
Figura 2.7. Círculo cromático.....	17
Figura 2.8. Diagrama esquemático de um experimento espectrofotométrico de feixe simples ...	18
Figura 2.9. Equipamento Foulard e seu esquema de funcionamento	24
Figura 2.10. Equipamento Jigger e seu esquema de funcionamento.....	25
Figura 2.11. Etapas cinética e termodinâmica do tingimento	31
Figura 2.12. Diagrama esquemático do algoritmo utilizado para cálculo do coeficiente de difusão	37
Figura 3.1. Equipamento de tingimento laboratorial.....	41
Figura 3.2. Espectrofotômetro UV/visível	42
Figura 4.1. Comparação das curvas de tingimento do corante vermelho Cosmos Bezaktiv S-C (a) com reação química, e (b) sem reação química.....	45

Figura 4.2. Comparação das curvas de tingimento do corante marinho Cosmos Bezaktiv S-C (a) com reação química, e (b) sem reação química.....	46
Figura 4.3. Comparação das curvas de tingimento do corante laranja Cosmos Bezaktiv S-C (a) com reação química, e (b) sem reação química.....	46
Figura 4.4. Análise da concentração remanescente no banho após tingimento pelo corante vermelho Cosmos Bezaktiv S-C.....	48
Figura 4.5. Análise da concentração remanescente no banho após tingimento pelo corante marinho Cosmos Bezaktiv S-C	48
Figura 4.6. Análise da concentração remanescente no banho após tingimento pelo corante laranja Cosmos Bezaktiv S-C.....	49
Figura 4.7. Comparação dos espectros obtidos para as amostras de corantes Marinho Cosmos Bezaktiv S-C (Preto), Vermelho Cosmos Bezaktiv S-C (Azul) e Laranja Cosmos Bezaktiv S-C (Vermelho).....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Classificação das fibras de acordo com a NBR 12744	4
Tabela 2.2. Composição química de uma fibra de algodão.....	5
Tabela 2.3. Composição do algodão conforme maturidade	6
Tabela 2.4. Propriedades dos Corantes Reativos.....	13
Tabela 4.1. Valores de entrada utilizados para geração de arquivo de dados	47
Tabela 4.2. Valores dos Coeficientes de Difusividade	49

LISTA DE SIGLAS

CONMETRO – Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.

MDIC – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora.

UV – Ultravioleta.

LISTA DE SÍMBOLOS

α = razão dos volumes da solução e das fibras cilíndricas.

A = absorvância.

c = concentração do elemento que absorve.

C^f = concentração de corante nas fibras.

C^s = concentração de corante na solução.

D = coeficiente de difusão.

ΔD = incremento inicial para a estimativa do coeficiente de difusão

dc = concentração em um ponto.

ds = quantidade de corante difundido através da distância padrão no intervalo de tempo (dt) muito pequeno.

dx = distância.

ε = coeficiente de absorção molar.

F = velocidade da transferência / área de secção transversal unitária.

F_t = força motriz de tingimento.

h = altura das fibras cilíndricas.

I_0 = intensidade da luz que incide em um meio absorvente de espessura l .

I_t = intensidade da luz transmitida.

$J_0(x)$ = Função Bessel de ordem zero.

$J_1(x)$ = Função Bessel de primeira ordem.

K = coeficiente de distribuição.

L = relação de banho.

l = espessura do meio.

M_t = quantidade de corante na fibra após um tempo t .

M_∞ = quantidade de corante na fibra ao término do tingimento.

$N_{cilindros}$ = número de cilindros.

q_n = raízes de Bessel, positivas e diferentes de zero.

R = resistência à penetração das moléculas de corante.

$r = a$ = raio das fibras cilíndricas.

S = área superficial das fibras.

t = tempo.

V_t = velocidade de tingimento.

V_{total} = volume total de solução.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1.	FIBRAS TÊXTEIS	3
2.1.1.	FIBRAS NATURAIS VEGETAIS	3
2.1.2.	FIBRAS NATURAIS ANIMAIS	7
2.1.3.	FIBRAS NATURAIS MINERAIS	7
2.1.4.	FIBRAS MANUFATURADAS ARTIFICIAIS	7
2.1.5.	FIBRAS MANUFATURADAS SINTÉTICAS	8
2.2.	CORANTES	8
2.2.1.	CLASSIFICAÇÃO DOS CORANTES	8
2.2.2.	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS CORANTES	10
2.2.3.	CORANTES REATIVOS	11
2.2.4.	FIXAÇÃO DO CORANTE	12
2.3.	A COR	15
2.3.1.	MEDIÇÃO DA COR	18
2.3.2.	ESPECTROFOTOMETRIA NO UV/VISÍVEL	18
2.3.3.	ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)	20
2.4.	BENEFICIAMENTO TÊXTIL	20
2.5.	TINGIMENTO	22
2.5.1.	PROCESSOS DE TINGIMENTO	23
2.5.1.1.	TINGIMENTO POR PROCESSO CONTÍNUO	23
2.5.1.2.	TINGIMENTO POR PROCESSO SEMI-CONTÍNUO	24
2.5.1.3.	TINGIMENTO POR PROCESSO DESCONTÍNUO	25
2.5.2.	TINGIMENTO REATIVO	28
2.5.2.1.	A REAÇÃO	28
2.5.2.2.	FENÔMENOS FÍSICO-QUÍMICOS	29
2.6.	CINÉTICA E TERMODINÂMICA NO PROCESSO DE TINGIMENTO	30
2.6.1.	FASE CINÉTICA	31

2.6.2.	TERMODINÂMICA DO PROCESSO.....	33
2.7.	MODELAGEM DO BANHO DE TINGIMENTO	34
2.7.1.	DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DIFUSÃO	36
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	40
3.1.	MATERIAIS.....	40
3.1.1.	SUBSTRATO	40
3.1.2.	CORANTE	40
3.1.3.	MATERIAIS AUXILIARES	40
3.1.4.	EQUIPAMENTOS	41
3.2.	METODOLOGIA	42
3.2.1.	PREPARAÇÃO DO BANHO DE TINGIMENTO	42
3.2.2.	CONDIÇÕES DE TINGIMENTO	43
3.2.3.	DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CORANTE REMANESCENTE NO BANHO ...	43
3.2.4.	CARACTERIZAÇÃO DOS CORANTES	43
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
4.1.	ENSAIOS DE TINGIMENTO	45
4.2.	DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DIFUSÃO	47
5.	CONCLUSÕES E SUGESTÕES	51
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
	APÊNDICE A.....	56
	APÊNDICE B.....	58
	APÊNDICE C.....	60
	ANEXO A.....	63
	ANEXO B.....	70

1. INTRODUÇÃO

A indústria têxtil possui grande importância no contexto econômico de muitos países, incluindo o Brasil. Conforme o MDIC (2013), o mercado têxtil mundial apresenta atualmente uma significativa expansão, tanto com relação aos montantes produzidos, quanto ao comércio entre grandes países produtores e consumidores. Há uma tendência de maior crescimento do setor com a expansão das exportações de produtos têxteis. A produção está cada vez mais concentrada em países asiáticos e latino-americanos, e orientada ao abastecimento dos países mais ricos e desenvolvidos. A expectativa é de que até dezembro de 2013 haja uma expansão do mercado têxtil mundial e que os países que hoje são considerados em desenvolvimento detenham 90 % da produção mundial de têxteis.

Os processos têxteis estão fundamentados no grande consumo de água, tanto para o transporte das substâncias químicas solubilizadas nos banhos para os substratos, visando o tingimento, quanto para a lavagem dos mesmos após a conclusão do tingimento. Tais processos geram grandes quantidades de efluentes, os quais são de difícil tratamento. As normas ambientais estão cada vez mais restritas, desta forma, para que o Brasil possa manter suas exportações, terá que se adequar às exigências dos importadores, que exigem a obtenção do “Selo Verde”, dificultando as exportações têxteis brasileiras.

Além das restrições ambientais, os consumidores exigem produtos com qualidade cada vez mais acentuada. A boa solidez (estabilidade) da cor de fibras tingidas é de fundamental importância, e é conseguida pela escolha adequada de corantes e fibras. A afinidade entre corante e fibras, portanto, garante a maior estabilidade da cor e minimização de efluentes gerados, devido a menor geração de resíduos pela maior migração de corante para as fibras. O estudo da difusividade torna-se então um fator de otimização do processo de tingimento, pois conhecendo o coeficiente de difusão de um corante para uma dada fibra, é possível saber se o seu tingimento será ou não eficiente.

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo determinar os coeficientes de difusão de uma nova classe de corantes reativos, os corantes Cosmos Bezaktiv S-C, incluídos no mercado recentemente com a finalidade de reduzir efluentes gerados e maximizar o rendimento no processo de tingimento. Tais corantes foram utilizados para o tingimento de fibras de algodão, por se tratar de um substrato amplamente utilizado pela indústria têxtil brasileira.

Para o desenvolvimento deste trabalho, ensaios de tingimento foram realizados no laboratório de controle de qualidade da empresa Maliber Indústria e Comércio Têxtil LTDA, unidade de Morungaba - SP, sendo todo o material utilizado gentilmente cedido pela empresa. A partir dos dados experimentais, foi possível realizar a simulação computacional, com um programa desenvolvido na linguagem Fortran por Moraes (2010), para obtenção dos valores de difusividade de cada corante estudado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será realizada uma abordagem sobre a área têxtil, envolvendo todo o processo e substratos utilizados para o acabamento têxtil. Ainda, será realizada uma abordagem sobre a modelagem matemática utilizada para a simulação da difusão de corantes reativos em fibras têxteis.

2.1. FIBRAS TÊXTEIS

Entende-se por fibra têxtil toda matéria natural de origem vegetal, animal ou mineral, bem como todo material químico artificial ou sintético, que se torna apto a aplicações têxteis devido à alta relação entre comprimento e diâmetro da fibra e ainda por suas características de flexibilidade, suavidade, alongamento e finura (Resolução CONMETRO 01/01).

Conforme a NBR 12744 de 1992, as fibras têxteis classificam-se em naturais e manufaturadas. As fibras naturais podem ser de origem vegetal, animal ou mineral, enquanto que as fibras manufaturadas podem ser de origem artificial ou sintética. A Tabela 2.1 apresenta detalhadamente a classificação das fibras.

2.1.1. FIBRAS NATURAIS VEGETAIS

De acordo com a NBR 12744 (1992), entende-se por fibras naturais vegetais, as fibras têxteis presentes no reino vegetal. Tais fibras podem ser encontradas em sementes, caules, folhas ou frutos. Para Maluf e Kolbe (2003), as fibras vegetais apresentam variações de composição devido a fatores genéticos, climáticos, solo e beneficiamento.

As fibras naturais vegetais são constituídas essencialmente de celulose, uma substância encontrada na natureza em uma grande quantidade de plantas, estando combinada com outras substâncias, sendo a mais comum a lignina (CARR, 1995). Conforme Kimura (1997), a estrutura celulósica é um polímero, cujo grau de polimerização é dependente da fonte de extração da mesma, bem como dos processos de purificação e beneficiamento.

Tabela 2.1. Classificação das fibras de acordo com a NBR 12744.

Fibras Naturais	Celulósicas (vegetais)	Semente	Algodão
		Caule	Linho Rami Cânhamo Juta
		Fruto (casca)	Coco
		Folhas	Sisal Caroá Abacá
	Proteicas (animais)	Carneiro Cabra Casulo	Lã Cachimir Seda
	Minerais		Amianto
Fibras Manufaturadas	Artificiais	Celulose regenerada	Raiom Viscose
		Ester de celulose (modificada)	Acetatos Modais
			Vidro Metálicas Cerâmicas
	Sintéticas	Poliacrilonitrila	Acrílicas Modacrílicas
		Poliamidas	<i>Nylon</i> 6, 6.6, 6.10
		Polivinílicas	PVA PVC
		Poliolefinas	Polipropileno Polietileno
		Poliéster	<i>Dacron</i> <i>Nycron</i>

Estudos mostram que as cadeias celulósicas não se dispõem de forma ordenada no interior da fibra, estando aleatoriamente dispostas em regiões cristalinas e amorfas. Klock (2002) afirma que no tingimento de fibras celulósicas, os corantes penetram nas fibras através das regiões amorfas.

As aplicações das fibras naturais de origem vegetal na indústria têxtil são diversas, podendo-se citar o emprego para confecção, tecido para uso doméstico, tecidos industriais, cortinas, lenços, cabos, cordas, tapetes, entre outros. Algodão, linho, cânhamo e juta são exemplos de fibras vegetais com baixa resistência a ácidos e alta resistência a álcalis, podendo ser atacadas por mofos e bactérias, e lentamente atacadas pela ação da luz solar, perdendo resistência após prolongadas exposições (SALEM, 2000; XIE *et al.*, 2008).

2.1.1.1. ALGODÃO

Apesar da utilização pela indústria têxtil das fibras de linho, juta e cânhamo ser bastante significativa, Carr (1995) classifica o algodão como a fibra de origem vegetal com maior importância comercial. Conforme a NBR 12744 (1992), o algodão constitui-se de fibras unicelulares provenientes das sementes das plantas de gênero *Gossypium*. Para Avci *et al.* (2013), a fibra de algodão é uma importante fibra têxtil natural devido ao seu comprimento e espessura. A composição química de uma fibra de algodão típica e madura é apresentada na Tabela 2.2.

Tabela 2.2. Composição química de uma fibra de algodão (MALUF e KOLBE, 2003).

Constituinte	Valor %
Celulose	94,04
Pectina	1,20
Gorduras	0,66
Cinzas	1,20
Proteínas	1,20
Açúcares	0,30
Outros	1,40

Para Kimura (1997), além da celulose, outros componentes como a cera, as proteínas, as substâncias pécicas e os açúcares, em maior ou menor proporção, interferem em questões de resistência, fiabilidade e acabamento dos produtos têxteis. Teores de açúcares superiores a 0,3 % do peso da fibra, por exemplo, causam problemas no processo de fiação devido ao fato da pegajosidade da fibra aumentar substancialmente, aderindo à superfície das máquinas. Outro exemplo é o ataque microbiológico sofrido pelas fibras de algodão quando estocadas em presença excessiva de açúcares em locais úmidos.

Liu (2013) afirma que a quantidade de celulose presente na fibra do algodão, afeta a qualidade do produto final. O grau de desenvolvimento da fibra é determinado pelo grau de maturidade, podendo a fibra estar madura ou imatura. Uma fibra madura apresenta 88 % a 96,5 % de celulose em sua estrutura, enquanto que uma fibra imatura contém menos fibras de celulose e mais componentes celulósicos como proteínas, ceras e pectinas. A Tabela 2.3 apresenta a composição do algodão conforme a maturidade.

Tabela 2.3. Composição do algodão conforme maturidade (MALUF e KOLBE, 2003).

Dias após a floração	Teor (%)				
	Celulose	Umidade	Cinza	Ceras	Nitrogênio
20	86,15	8,30	3,27	1,60	0,68
30	90,00	6,44	2,25	0,92	0,39
40	90,81	6,00	2,10	0,92	0,17
50	91,30	6,11	1,73	0,71	0,15
60	92,73	5,41	1,12	0,59	0,15
Fibras maduras	92,72	5,39	1,12	0,62	0,15

O algodão quando imaturo apresentará fibras verdes, muitas torções e um lúmen pronunciado e quando maduro, apresentará menos torções e um lúmen reduzido, a Figura 2.1 mostra o corte transversal de uma fibra de algodão (SALEM *et al.*, 2002).

A presença de fibras de algodão imaturas comerciais causa o entrelaçamento durante o processamento mecânico e afeta a aparência da cor desejada nos fios após tingimento, por esse motivo é necessária a utilização de fibras de algodão maduras para fins têxteis (LIU, 2013).

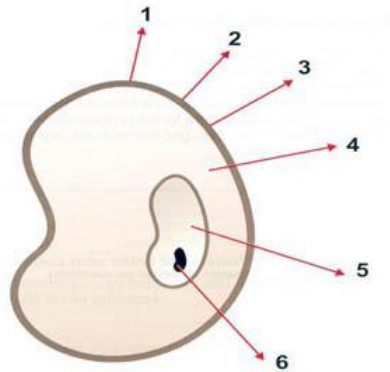


Figura 2.1. Corte transversal da fibra de algodão, onde: 1. Camada de cera, 2. Cutícula, 3. Parede Primária, 4. Parede Secundária, 5. Lúmen e, 6. Resíduos Protoplasmáticos (SALEM *et al.*, 2002).

2.1.2. FIBRAS NATURAIS ANIMAIS

De acordo com a NBR 12744 (1992), entende-se por fibras naturais animais, as fibras têxteis encontradas no reino animal. Podem se originar de secreções, como é o caso da seda, e de pelos, como a lã e o cashmere.

2.1.3. FIBRAS NATURAIS MINERAIS

Conforme a NBR 12744 (1992), entende-se por fibras naturais minerais, as fibras têxteis encontradas no reino mineral, como é o caso do asbesto (amianto), que é proveniente de silicatos naturais, cujo principal representante é a crisólita.

2.1.4. FIBRAS MANUFATURADAS ARTIFICIAIS

De acordo com a NBR 12744 (1992), as fibras manufaturadas artificiais são aquelas fibras têxteis obtidas por processo de manufatura, onde uma molécula ou macromolécula existente na

natureza sofre uma transformação química e/ou mecânica. Pode-se citar a borracha, proveniente do poliisopreno natural, e o vidro, proveniente da estiragem de vidro fundido.

2.1.5. FIBRAS MANUFATURADAS SINTÉTICAS

Conforme a NBR 12744 (1992), entende-se por fibras manufaturadas sintéticas aquelas fibras têxteis obtidas por processo de manufatura, onde as macromoléculas precisam ser sintetizadas quimicamente. Poliéster, polietileno, poliamida e polipropileno são exemplos de fibras manufaturadas sintéticas.

2.2. CORANTES

Os corantes são substâncias intensamente empregadas para a coloração de vários substratos, tais como: alimentos, cosméticos, plásticos, materiais têxteis, entre outros. São retidos por adsorção física, formação de soluções, sais ou complexos com metais, retenção mecânica ou por constituição de pontes químicas covalentes (CONTATO, 1995). Em sentido mais amplo, o termo corante designa toda e qualquer substância que dá cor, colore, tingem, pinta. Em química, corante denomina apenas as substâncias de caráter aromático, capazes de colorir irreversivelmente um suporte têxtil (KAMIDA, 2004).

2.2.1. CLASSIFICAÇÃO DOS CORANTES

De acordo com Hunger (2003), os corantes podem ser classificados por sua estrutura química ou por sua aplicação. Conforme a estrutura química podem ser denominados como nitrofenol, nitrosfenol, azo, trifenilmetano, antraquinona, ftalocianina, vinilsulfônico, piridina e triazina. Porém, a classificação dos corantes por sua aplicação é o principal sistema adotado pelo Colour Index, pois considera o modo de fixação dos corantes nas fibras, sendo eles: corantes ácidos, azoicos, básicos, à cuba, diretos, dispersos, de enxofre e reativos.

Os corantes ácidos são compostos aniônicos com um ou mais grupos sulfônicos ou carboxílicos na estrutura molecular. São solúveis em água. A afinidade entre fibra e corante é resultante das ligações iônicas entre a parte sulfônica ácida do corante e os grupos amino básicos presentes nas fibras, que são convertidos em grupos catiônicos pela adição de ácido no processo de tingimento. As cores são, geralmente, brilhantes e o material tingido apresenta um nível de resistência de bom à excelente. Esta classe de corantes é empregada no tingimento de poliamidas, lã, seda e acrílicos modificados (HUNGER, 2003; GUARATINI e ZANONI, 2000).

Os corantes azoicos são constituídos de dois compostos quimicamente reativos, os quais são aplicados à fibra em dois estágios, produzindo pigmento insolúvel dentro da fibra. Utiliza um sistema de produção do corante diretamente sobre a fibra, através da combinação de um corante precursor sem grupos sulfônicos e a formação de um composto solúvel, permitindo um método de tingimento de fibras celulósicas com alto padrão de fixação e alta resistência contra luz e umidade. Tais corantes são empregados no tingimento de rayon e poliéster (HUNGER, 2003; GUARATINI e ZANONI, 2000).

Os corantes básicos, também conhecidos como catiônicos, são corantes de baixa solubilidade em água. Ligações iônicas são formadas entre o cátion da molécula do corante e os sítios aniônicos na fibra. São fortemente ligados e não migram facilmente. Produzem cores brilhantes e boa resistência (exceto em fibras naturais), e apresentam uma cartela de cores ilimitada. São empregados no tingimento de poliácridonitrila, poliamidas modificadas e poliésteres modificados (HUNGER, 2003; MALUF e KOLBE, 2003).

Os corantes à cuba, também conhecidos como corantes à tina, apresentam uma boa cartela de cores, mas as tonalidades geralmente são opacas. São usados, principalmente, no tingimento e estamparia de algodão e fibras celulósicas, ou em produtos que necessitem de boa resistência a vários agentes. São fornecidos tanto na forma reduzida, solúvel em água, quanto na forma oxidada, insolúvel em água e solúvel em solução alcalina, que deve ser reduzida. Na forma reduzida, o corante migra para a fibra, e após a migração o substrato é lavado e o corante é re-oxidado à sua forma insolúvel dentro da fibra (MALUF e KOLBE, 2003; GUARATINI e ZANONI, 2000).

Os corantes diretos são compostos aniônicos solúveis em água. Produzem cores escuras e brilhantes. A resistência à lavagem é limitada e o uso de fixadores químicos pode aumentar sua resistência à umidade. A estrutura molecular dos corantes diretos é estreita e plana, permitindo

que estas moléculas se alinhem com as fibrilas planas da celulose, sendo as moléculas de corante retidas por forças de van de Waals e pontes de hidrogênio. Os corantes são absorvidos dentro das fibras hidrofílicas na medida em que elas se expandem na solução aquosa. Esta classe é empregada no tingimento de algodão e celulose regenerada (MALUF e KOLBE, 2003; GUARATINI e ZANONI, 2000).

Os corantes dispersos são os únicos que tingem homopolímeros de poliéster em processo convencional, sendo usados principalmente para esta fibra. Durante o processo de tingimento, o corante sofre hidrólise e a forma originalmente insolúvel é lentamente precipitada na forma dispersa. Agentes dispersantes estabilizam a suspensão do corante facilitando o contato entre o corante e a fibra hidrofóbica. A enorme quantidade de fios e tecidos tingidos com esta gama de corantes comprova a facilidade para este tingimento (MALUF e KOLBE, 2003; GUARATINI e ZANONI, 2000).

Os corantes de enxofre são insolúveis em água e solubilizados em banho alcalino. Estes compostos têm sido utilizados principalmente no tingimento de fibras celulósicas, conferindo cores como preto, verde oliva, azul marinho, marrom, apresentando boa fixação. O uso destes corantes tem diminuído devido aos resíduos tóxicos contendo sulfetos, gerados nos processos de tingimento (MALUF e KOLBE, 2003; GUARATINI e ZANONI, 2000).

Os corantes reativos são corantes contendo um grupo eletrofílico (reativo) capaz de formar ligações covalentes com grupos hidroxila das fibras celulósicas, com grupos amino, hidroxila e tióis das fibras protéicas e também com grupos amino das poliamidas. Existem numerosos tipos de corantes reativos, porém os principais contêm a função azo e antraquinona como grupos cromóforos e os grupos clorotriazinila e sulfatoestilsulfonila como grupos reativos. Nesse tipo de corantes, a reação química se processa diretamente através da substituição do grupo nucleofílico pelo grupo hidroxila da celulose, sendo muito utilizado para o tingimento de fibras de algodão (HUNGER, 2003; GUARATINI e ZANONI, 2000).

2.2.2. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS CORANTES

As principais propriedades que os corantes devem possuir de acordo com Ladchumananandasivam (2008) são:

- Cor intensa;
- Solubilidade em solução aquosa (permanentemente, ou apenas durante o processo de tingimento);
- Capacidade de ser adsorvido e retido pela fibra (substantividade) ou de ser combinado quimicamente com ela (reatividade), e
- Solidez, ou seja, a habilidade de suportar o tratamento que a fibra sofre nos processos de manufatura e no uso normal.

Conforme Salem (2000), os grupos funcionais presentes na estrutura química de um corante são de grande importância para a escolha do mesmo, sendo divididos em grupos cromóforos, auxocromos e solubilizantes.

Os grupos cromóforos são aqueles responsáveis pela cor de um material. Quando a luz atinge um cromóforo, a excitação de um elétron faz com que sejam emitidos fótons de uma cor específica. Azo, azoxi, nitro, nitroso, p-quinona e o-quinona são exemplos de grupos cromóforos (HUNGER, 2003; SALEM, 2000).

Os grupos auxocromos são aqueles responsáveis pela intensidade da cor em um material, desta forma, a sua presença na estrutura da molécula acarreta em um deslocamento no máximo de absorção. Os principais grupos auxocromos são os hidroxílicos, carboxílicos, amino e amino substituídos (HUNGER, 2003; SALEM, 2000).

Os grupos solubilizantes são aqueles que proporcionam solubilidade permanente ou temporária. Em corantes ácidos, diretos e reativos, os grupos sulfônicos apresentam característica solubilizante permanente, enquanto que para corantes catiônicos, as aminas quaternárias apresentam tal função. Grupos enólicos e cetônicos proporcionam solubilidade temporária à molécula de corante (SALEM, 2000; ANDREAUS *et al.*, 2010).

2.2.3. CORANTES REATIVOS

Conforme Fang *et al.* (2013), os corantes reativos são bastante empregados na indústria têxtil, principalmente para o tingimento de algodão devido às propriedades que apresentam, como a obtenção de cores brilhantes, excelente solidez da cor, estabilidade durante a lavagem, técnica de aplicação simplificada e baixo consumo de energia.

Os corantes reativos apresentam alta solubilidade em água e formam ligações covalentes com a fibra têxtil, garantindo maior estabilidade na cor do tecido tingido devido a tal ligação. Desta forma, a molécula do corante contém grupos funcionais específicos que podem sofrer reações de adição ou substituição com os grupos presentes nas fibras têxteis. Os grupos cromóforos encontrados nos principais corantes reativos são os grupos azo e antraquinona (HUNGER, 2003; TAYLOR *et al.*, 2001).

De acordo com Salem (2001), alguns corantes apresentam maior reatividade que outros. A reatividade é medida pela velocidade da reação em função da concentração de álcali e da temperatura, ou seja, quanto maior a concentração alcalina ou a temperatura que o corante necessita para reagir, menor será a sua reatividade. Normalmente, são denominados corantes a frio, os que apresentam maior reatividade, sendo empregados em temperaturas entre 20 °C e 80 °C, enquanto que os corantes de menor reatividade, chamados de corantes reativos a quente, são utilizados em temperaturas acima de 80 °C.

A escolha do corante a ser empregado depende de diversos parâmetros, como o substrato a ser tingido, maquinário empregado, processo de tingimento adotado, entre outros fatores. Desta forma, a maior ou menor reatividade de um determinado corante não significa que ele é melhor ou pior para o tingimento (SALEM, 2001).

Os corantes reativos apresentam grande versatilidade em seus processos de aplicação, podendo ser empregados desde a temperatura ambiente (20 °C) até métodos de vaporização (90 °C), dependendo do processo e da reatividade do corante, sendo que somente os corantes muito reativos podem ser aplicados a frio, usando banho levemente alcalino (MALUF e KOLBE, 2003). A Tabela 2.4 apresenta as propriedades dos corantes reativos.

2.2.4. FIXAÇÃO DO CORANTE

Os corantes possuem dois grupos principais: o grupo cromóforo, responsável pela cor que absorve a luz solar, e o grupo funcional que permite a fixação nas fibras do tecido. A fixação da molécula do corante a essas fibras geralmente é feita em solução aquosa e pode envolver basicamente quatro tipos de fenômenos químicos: ligação iônica, de hidrogênio, de Van der Waals e covalentes (DURÁN *et al.*, 2000).

Tabela 2.4. Propriedades dos Corantes Reativos (adaptado de MALUF e KOLBE, 2003).

<i>Caráter iônico</i>	Aniônico		
<i>Definição</i>	Corantes que preferem reagir quimicamente com a fibra.		
<i>Classificação e Reatividade</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Monoclorotriazinílicos – baixa reatividade; 2) Diclorotriazinílicos – alta reatividade; 3) Tricloropiramidínicos – baixa reatividade; 4) Fluorcloropiramidínicos – alta reatividade; 5) Vinilsulfônicos – baixa reatividade; 6) 2,3 – Dicloroquinoxilina – baixa reatividade. 		
<i>Aplicáveis às seguintes Fibras</i>	<table border="1"> <tr> <td>Principais: Celulósicas.</td> <td>Secundárias: Protéicas (Lã e Seda) Poliamidas</td> </tr> </table>	Principais: Celulósicas.	Secundárias: Protéicas (Lã e Seda) Poliamidas
Principais: Celulósicas.	Secundárias: Protéicas (Lã e Seda) Poliamidas		
<i>Solubilidade</i>	Facilmente solúveis em água.		
<i>Processos de aplicação</i>	Tingimento por: <ul style="list-style-type: none"> • Esgotamento; • Semicontínuo; • Contínuo. 		
<i>Auxiliares de tingimento</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Eletrólitos: Sulfato ou Cloreto de Sódio; • Álcalis: Carbonato, Bicarbonato, Silicato, Trifosfato ou Hidróxido de Sódio; Temperatura de Tingimento: 20 a 90°C, conforme o processo e a reatividade dos corantes. Somente os mais reativos podem ser tingidos a frio, com álcali fraco.		
<i>Solidez</i>	à luz: boa; à lavagem: boa a ótima; ao cloro: ruim a média; aos ácidos: ruim a média; às bases: média a boa.		

As ligações iônicas entre corantes e fibras ocorrem em tingimentos baseados em interações mútuas entre o centro positivo de grupos amino e carboxilatos das fibras e a carga iônica da molécula do corante, como mostra a Figura 2.2. Este tipo de interação ocorre caracteristicamente no tingimento de lã, seda e poliamida (GUARATINI e ZANONI, 2000).

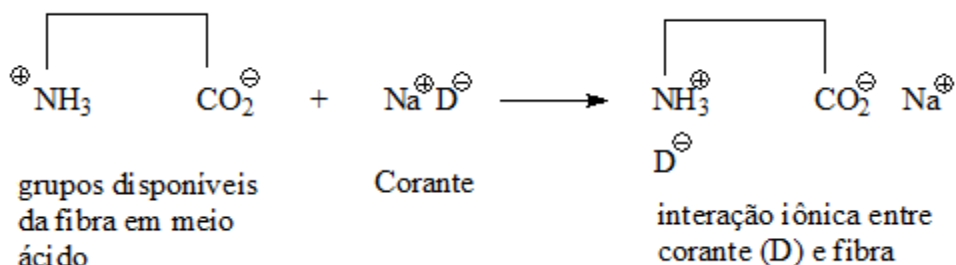


Figura 2.2. Exemplo de interação iônica entre o corante (D) e os grupos amino da fibra (GUARATINI e ZANONI, 2000).

As interações de hidrogênio entre corantes e fibras ocorrem em tingimentos provenientes da ligação entre átomos de hidrogênio ligados covalentemente ao corante e par de elétrons livres de átomos doadores em centros presentes na fibra, conforme mostrado na Figura 2.3. Tal interação ocorre no tingimento de lã, seda e fibras sintéticas (GUARATINI e ZANONI, 2000).

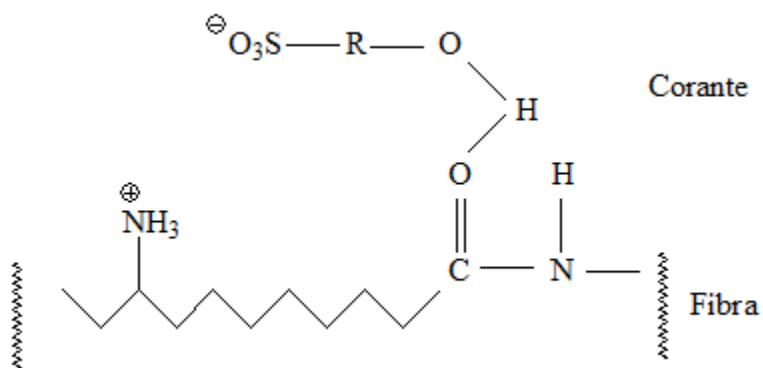


Figura 2.3. Exemplo de interação de hidrogênio entre corante sulfonado e grupos carboxilas da fibra (GUARATINI e ZANONI, 2000).

As interações de Van der Waals entre corantes e fibras baseiam-se na interação proveniente da aproximação máxima entre orbitais π do corante e da fibra, fazendo com que as

moléculas do corante fiquem presas sobre a fibra por um processo de afinidade, porém, sem formar uma ligação. Tal atração é bastante eficaz quando a molécula do corante é linear/longa e/ou achatada, podendo aproximar-se o máximo possível da molécula da fibra. Interações de Van der Waals ocorrem no tingimento de lã e poliéster com corantes de alta afinidade por celulose (GUARATINI e ZANONI, 2000).

As interações covalentes entre corantes e fibras representam a formação de uma ligação covalente entre a molécula do corante contendo o grupo eletrofílico e resíduos nucleofílicos da fibra, como se verifica na Figura 2.4. Essas interações ocorrem tipicamente no tingimento de fibras de algodão (GUARATINI e ZANONI, 2000).

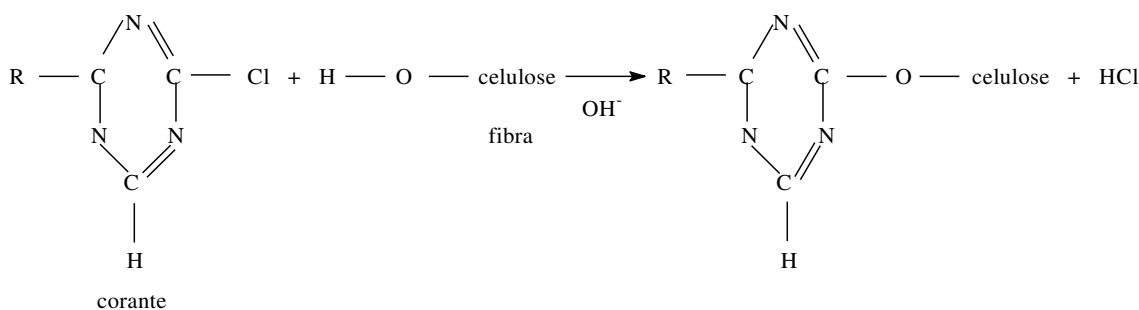


Figura 2.4. Exemplo da interação covalente entre um corante contendo grupos reativos (triazina) e grupos hidroxila presentes na celulose da fibra de algodão (GUARATINI e ZANONI, 2000).

Além dos fenômenos químicos responsáveis pela interação corante / fibra, Moraes (2010) cita ainda alguns fenômenos físicos de interação, a saber: efeitos de atração elétrica (pólos opostos), estado de agregação do corante no banho, intumescimento das fibras, adsorção do corante, difusão do corante e solução de sólido em sólido.

2.3. A COR

De acordo com Pereira (2009), a cor não é uma propriedade intrínseca das substâncias, mas sim uma sensação produzida no olho humano, segundo as condições da luz refletida por essas substâncias. Por este motivo, a cor depende, em grande parte, da natureza da luz que ilumina a substância, variando com a mesma, ou seja, sem luz não há cor. Para Vogel (2008), a

cor é devida, em geral, à formação de um composto colorido pela adição de um reagente apropriado ou é inerente ao constituinte, que pode ser analisado.

Peres (2013) afirma que o ser humano consegue perceber a cor devido à reflexão de luz. Moraes (2010) classifica a luz como uma radiação eletromagnética que pode variar do nível mais energético para o menos energético. De acordo com Harris (2001), é conveniente descrever a luz em termos de partículas e de ondas. As ondas luminosas consistem de campos magnéticos e elétricos oscilantes, perpendiculares. O comprimento de onda, λ , é a distância entre as cristas das ondas. A frequência é o número de oscilações completas que a onda faz a cada segundo. Os diferentes tipos de radiações eletromagnéticas são diferenciados por sua frequência ou comprimento de onda.

Conforme Vaggione (1981), as radiações eletromagnéticas são produzidas pelo movimento de aceleração de cargas elétricas. Esta aceleração pode ser aquela sofrida por um elétron excitado quando um átomo ou molécula volta ao estado fundamental, desta forma, é possível afirmar que para produzir radiações eletromagnéticas, um átomo ou molécula precisa perder energia. As fontes de radiação eletromagnética para a região do ultravioleta e visível podem ser classificadas em fontes que produzem espectros descontínuos e fontes que produzem espectros contínuos.

Lucido (2010) afirma que ao passarmos um feixe de luz branca policromática por um prisma, o mesmo pode ser dividido em sete diferentes luzes monocromáticas que compõem o espectro da luz visível, conforme experimento realizado por Isaac Newton em 1676, como ilustra a Figura 2.5.

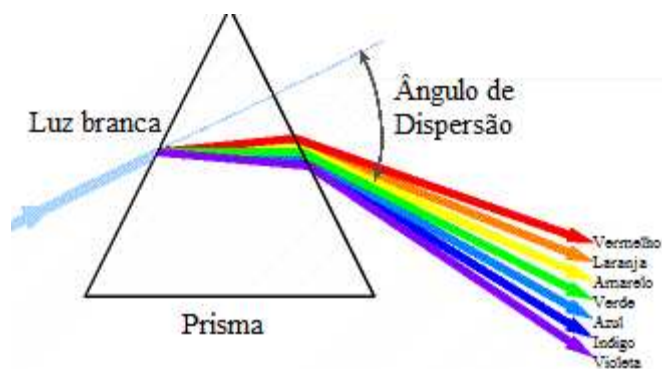


Figura 2.5. Dispersão da luz visível por um prisma (adaptado de VAGGIONE, 1981).

A Figura 2.6 apresenta o espectro eletromagnético, destacando o espectro visível ao ser humano.

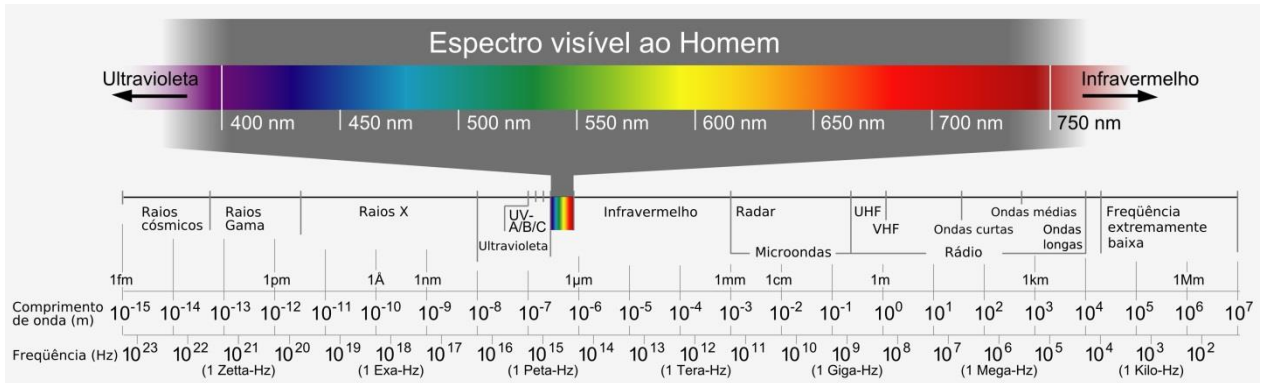


Figura 2.6. Espectro eletromagnético (LUCIDO, 2010).

De acordo com Peres (2013), quando a luz branca atravessa ou é refletida por uma substância colorida, uma porção característica de diversos comprimentos de onda é absorvida. A luz remanescente assumirá então a luz complementar do comprimento de onda absorvido. Esta relação é apresentada no círculo de cor da Figura 2.7.

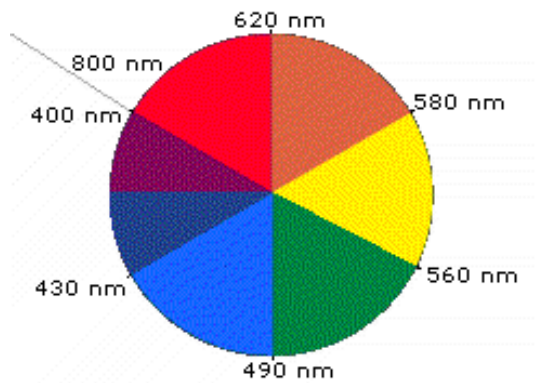


Figura 2.7. Círculo cromático (PERES, 2013).

2.3.1. MEDIÇÃO DA COR

De acordo com Vogel (2008), o princípio básico da maioria das técnicas colorimétricas é a comparação, em condições bem definidas, da cor produzida por uma substância que está em concentração desconhecida em uma amostra com a mesma cor produzida por uma quantidade do mesmo material.

A análise fluorométrica é um método de análise no qual se usa a quantidade de radiação emitida por um analito para medir sua concentração. As análises espectrofotométricas utilizam de fontes de radiação que alcançam a região do espectro desejada (VOGEL, 2008). Para Marcus (1998), a maioria das medidas de cor é realizada em objetos que refletem a luz, sendo utilizados, para este fim, equipamentos como colorímetros e espectrofotômetros.

2.3.2. ESPECTROFOTOMETRIA NO UV/VISÍVEL

Conforme Harris (2001), um espectrofotômetro é um equipamento capaz de medir a absorvância da luz. Os requisitos básicos deste equipamento estão apresentados na Figura 2.8. A luz oriunda de uma fonte contínua passa por um monocromador, que seleciona uma estreita faixa de comprimento de onda do feixe incidente. Essa luz “monocromática” passa pela amostra de espessura l , e a energia radiante da luz emergente é medida.

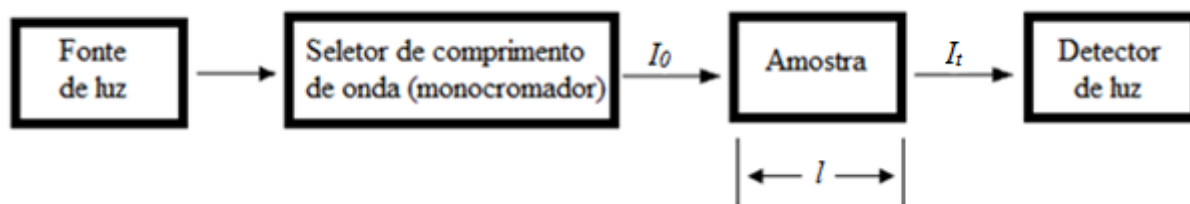


Figura 2.8. Diagrama esquemático de um experimento espectrofotométrico de feixe simples (adaptado de HARRIS, 2001).

Para a espectroscopia ultravioleta e visível, uma amostra líquida é geralmente colocada numa célula chamada cubeta, a qual possui faces planas de sílica fundida. O vidro é apropriado

para a espectroscopia visível, mas não para a espectroscopia ultravioleta, sendo utilizadas cubetas de quartzo para este caso. A espessura mais comum das cubetas é de 1,00 cm (HARRIS, 2001).

De acordo com Vogel (2008), quando luz monocromática ou policromática atinge um meio homogêneo, parte da luz sofre reflexão, outra parte é absorvida pelo meio e o restante é transmitido. Costuma-se atribuir a Lambert o estudo da absorção da luz em meios de diferentes espessuras, mas Beer também fez experimentos semelhantes. As duas leis são conhecidas como lei de Lambert e lei de Beer, e na forma combinada como lei de Lambert-Beer.

Segundo a lei de Lambert, quando a luz atravessa um meio transparente, a diminuição da intensidade com a espessura do meio é proporcional à intensidade da luz, podendo ser escrita na forma de uma equação diferencial. Com manipulações matemáticas, Lambert determina a absorbância, A , do meio, dada pela Equação 2.1 (HARRIS, 2001; VOGEL, 2008).

$$A = \log(I_0 / I_t) \quad (2.1)$$

Onde:

A = absorbância.

I_0 = intensidade da luz que incide em um meio absorvente de espessura l .

I_t = intensidade da luz transmitida.

Lambert considerou a absorção e a transmissão da luz monocromática em função da espessura da camada absorvente. Beer estudou o efeito da concentração do constituinte colorido da solução sobre a transmissão e a absorção da luz. O resultado encontrado por Beer, baseado nos fundamentos de Lambert, pode ser escrito pela Equação 2.2, a qual representa a lei fundamental da colorimetria e da espectrofotometria, conhecida como lei de Lambert-Beer ou, somente, como lei de Beer (HARRIS, 2001; VOGEL, 2008).

$$A = \log(I_0 / I_t) = \epsilon cl \quad (2.2)$$

Onde:

A = Absorbância.

ε = coeficiente de absorção molar.

c = concentração do elemento que absorve.

l = espessura do meio.

Conforme Vogel (2008), quando se utiliza um espectrofotômetro, deve-se escolher o comprimento de onda da luz incidente de modo que ele esteja próximo do comprimento de onda em que a absorção seletiva é máxima. Com este procedimento, a sensibilidade é máxima. Além disso, uma curva de calibração pode ser usada para determinar as concentrações desconhecidas de soluções do mesmo material pela determinação de suas absorbâncias.

2.3.3. ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FTIR)

De acordo com Paredes (2012), a técnica de espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier é amplamente utilizada para a análise estrutural e de grupos funcionais de moléculas orgânicas. Esta técnica baseia-se no fato de que as ligações químicas das substâncias possuem frequências de vibrações específicas, correspondendo a níveis de energia da molécula. Desta forma, conforme Paiva (2006), para obter o espectro de infravermelho de uma amostra, é necessário passar um feixe monocromático de luz infravermelha por ela, registrando-se a quantidade de energia absorvida ou transmitida pela amostra a cada comprimento de onda, normalmente entre 4000 e 400 cm^{-1} . Quanto mais complexa a estrutura molecular, maior será o número de bandas de absorção e mais complexo será o espectro de infravermelho.

2.4. BENEFICIAMENTO TÊXTIL

Os tecidos quando saem da tecelagem ou malharia, não possuem aparência atrativa e toque agradável para a utilização em vestuário. Desta forma, é necessário um processo de beneficiamento para torna-los mais apresentáveis além de aumentar o valor agregado no produto. Estes processos de beneficiamento podem ser divididos em estágios, sendo principais os

beneficiamentos primários ou pré-tratamentos, os beneficiamentos secundários e os beneficiamentos finais ou acabamentos (MALUF e KOLBE, 2003).

Os processos de beneficiamento primário consistem em operações de limpeza a fim de eliminar do tecido todos os óleos e aditivos que foram utilizados no processo de tecelagem ou malharia (PEREIRA, 2009). O pré-tratamento é um estágio de grande importância, pois é a base para a obtenção de um produto de boa qualidade. Caso esta etapa seja deficiente, as etapas posteriores de beneficiamento também serão afetadas, especialmente quando o produto beneficiado trata-se do algodão (MALUF e KOLBE, 2003).

Maluf e Kolbe (2003), Pereira (2009) e Moraes (2010), consideram as principais etapas envolvidas durante o processo de beneficiamento primário como sendo:

- Chamuscagem: esta etapa realiza a queima da penugem natural presente na superfície do tecido, permitindo um processo de estampagem ou tingimento mais uniforme.
- Desengomagem: esta etapa tem por finalidade remover a goma utilizada no processo de tecelagem, pois esta interfere em alguns processos de beneficiamento.
- Purga: consiste na impregnação dos tecidos com uma solução alcalina de hidróxido de sódio, com aquecimento a vapor, permanecendo em vaporizador em temperaturas próximas ou acima de 100 °C, com a finalidade de remover impurezas.
- Mercerização: esta etapa consiste no tratamento do tecido sob tensão com solução de hidróxido de sódio, de maneira a causar uma modificação na estrutura interna da fibra. Estas modificações proporcionam na fibra um aumento substancial do brilho, aumento da resistência à tração, da afinidade tintorial, da maciez e da hidrofiliidade.
- Alveijamento: consiste na adição de agentes químicos que reagem com as fibras removendo impurezas ainda presentes nas mesmas após os processos de desengomagem e purga, causando a descoloração do material têxtil.

Os processos de beneficiamento secundário envolvem a coloração parcial ou total do substrato têxtil. A estampagem, responsável pela coloração parcial, é a decoração de tecidos com pigmentos insolúveis em água (estampagem com pigmento) ou corantes (estampagem a úmido), sendo o pigmento ou corante aplicado na superfície das fibras de maneira a formar figuras localizadas que se repetem por meio de uma padronagem ou estamperia digital. O tingimento, responsável pela coloração total, é uma modificação físico-química da fibra de forma que a luz refletida provoque uma percepção de cor, e será mais discutido no item 2.5 (MALUF e KOLBE, 2003; PEREIRA 2009; SENAI, 2004; SALEM, 2000).

Os processos de beneficiamento final, ou acabamento, envolvem todas as operações executadas nos substratos têxteis com a finalidade de torna-los próprios ou mais adequados para o fim a que se destinam. Tais acabamentos podem contribuir para a durabilidade, conforto, facilidade de manutenção e melhorar a estética do produto (MALUF e KOLBE, 2003).

2.5. TINGIMENTO

O processo de tingimento é um dos fatores fundamentais no sucesso comercial dos produtos têxteis. Além da padronização e beleza da cor, normalmente são exigidas algumas características básicas do produto pelo consumidor, tais como o elevado grau de fixação do corante ao tecido em relação à luz, lavagem e transpiração, tanto no início quanto após uso prolongado. Portanto, para garantir tais propriedades, as substâncias que conferem coloração à fibra devem apresentar alta afinidade, uniformidade na coloração, resistência aos agentes desencadeadores do desbotamento e ainda, apresentar-se viável economicamente (GUARATINI E ZANONI, 2000).

De maneira geral, o processo de tingimento divide-se em três etapas, nas quais ocorrem processos de natureza físico-química, a saber: migração, adsorção e difusão/fixação do corante. Na primeira etapa, o corante migra do meio em que se encontra diluído em direção à superfície da fibra. Estabelecido o contato entre corante e fibra, o processo de adsorção é iniciado pelas camadas superficiais das fibras. O corante adsorvido difunde-se no interior da fibra, fixando-se a ela por meio de interações químicas (CPRH, 2001).

Para Ladchumanandasivam (2008), um aspecto bastante importante no tingimento é a uniformidade de cor, que é influenciada pela estrutura da fibra na adsorção do corante. Qualquer tentativa para correlacionar estrutura da fibra com o comportamento de tingimento deve levar em consideração as duas principais características das fibras que controlam sua reatividade ou a habilidade de se tingir, que são a permeabilidade, ou facilidade com a qual as moléculas de corante difundem-se dentro da fibra e a presença de grupos funcionais reativos nas cadeias moleculares da fibra.

Além disso, a facilidade com que os corantes penetram numa determinada estrutura de fibra depende também da integração da fibra com a água. Em geral, as fibras que incham apreciavelmente na água, apresentando caráter hidrofílico, são capazes de aceitar corantes iônicos solúveis em água, enquanto que as fibras com caráter hidrofóbico são permeáveis apenas em corantes não iônicos de baixa solubilidade (LADCHUMANANANDASIVAM, 2008).

2.5.1. PROCESSOS DE TINGIMENTO

Os processos de tingimento em geral, ocorrem em meio aquoso, podendo ser classificados em sistemas contínuos, semi-contínuos ou descontínuos.

2.5.1.1. TINGIMENTO POR PROCESSO CONTÍNUO

Os processos contínuos são realizados com o conjunto de no mínimo dois equipamentos, caracterizando-se pela grande quantidade de substrato beneficiado, sendo necessárias poucas interrupções. Tais processos recebem denominações características, todas iniciadas por PAD (de padding, que significa impregnação em inglês), seguido de hífen e outra denominação que varia de acordo com as etapas seguintes (SENAI, 2004). Alguns exemplos de processos de tingimento contínuo são:

- PAD-Steam: impregnação seguida de vaporização, lavagem e secagem;
- PAD-Thermosol: impregnação seguida de termofixação;
- PAD-Dry: impregnação seguida de secagem, lavagem e secagem por ar seco, e

- PAD-Dry-PAD-Steam: impregnação seguida de secagem, nova impregnação, vaporização, lavagem e secagem.

O equipamento responsável pela impregnação de corante presente nos processos citados, o qual está presente em praticamente 100 % dos processos de tingimento contínuo chama-se Foulard, e é apresentado na Figura 2.9.

2.5.1.2. TINGIMENTO POR PROCESSO SEMI-CONTÍNUO

Os processos semi-contínuos caracterizam-se pela média produção, apresentando interrupções e tempos prolongados de operações, que são compensados pela quantidade significativa de substrato envolvido. Assim como nos processos contínuos, as denominações dos tipos de processos semi-contínuos, iniciam por PAD seguido de hífen e outra denominação que varia conforme as etapas seguintes (SENAI, 2004).

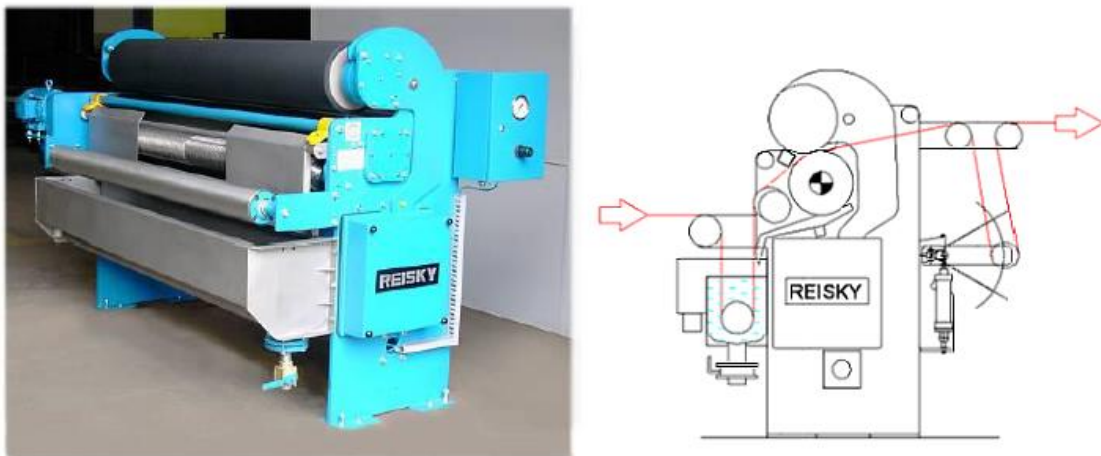


Figura 2.9. Equipamento Foulard e seu esquema de funcionamento (adaptado de REISKY, 2013).

Os principais processos de tingimento semi-contínuos são:

- PAD-Jig: impregnação seguida de desenvolvimento no jigger, apresentado na Figura 2.10, e
- PAD-Batch: impregnação seguida de repouso à frio, lavagem e secagem.

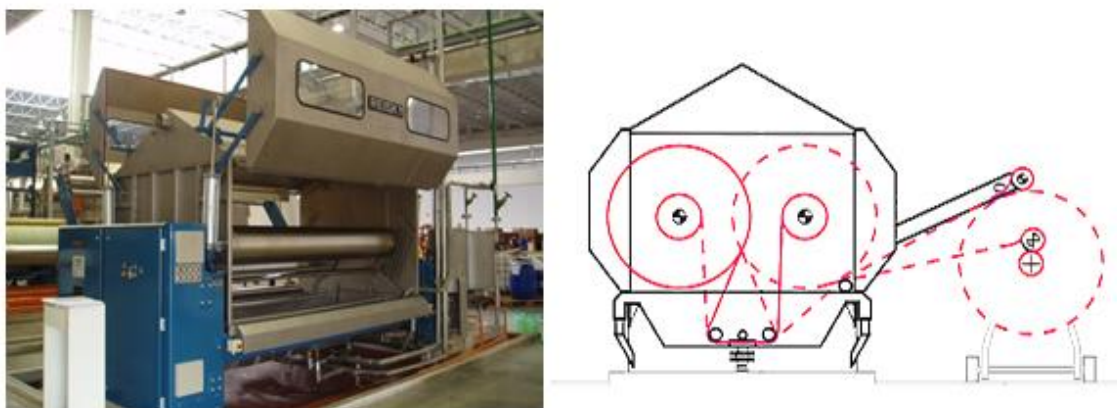


Figura 2.10. Equipamento Jigger e seu esquema de funcionamento
(adaptado de REISKY, 2013).

2.5.1.3. TINGIMENTO POR PROCESSO DESCONTÍNUO

Os processos de tingimento descontínuos, mais conhecidos como tingimento por esgotamento, caracterizam-se pelo emprego de equipamentos onde o substrato fica em contato com o banho de desenvolvimento, onde ocorrem todas as reações. Neste processo, o corante presente no banho se desloca em direção às fibras, até a saturação das mesmas (MORAES, 2010; SENAI, 2004).

De acordo com Ahmed (2005), os tingimentos por esgotamento de fibras de algodão com corantes reativos, principalmente, requerem a presença de eletrólitos, que suprimem a carga negativa acumulada na superfície da fibra, provocando o aumento da captação de corante. O banho de tingimento neste caso é muito mais volumoso em relação ao peso do substrato. A razão entre a massa do substrato a ser tingido e o volume para processar este substrato é denominada relação de banho, a qual é expressa em proporção 1: X, onde 1 é a massa do substrato e X o volume utilizado para tingir este substrato.

Conforme Khatri (2010), em tingimentos por esgotamento de fibras de algodão com corantes reativos, a primeira fase do tingimento é realizada sob condições de pH neutro e presença de cloreto de sódio ou sulfato de sódio, permitindo o esgotamento e a difusão do corante, garantindo a coloração uniforme. A temperatura do banho de tingimento pode ser

aumentada gradualmente, com a finalidade de auxiliar a penetração do corante nas fibras, ajudando na migração uniforme. A fixação do corante é obtida pela adição de um álcali adequado para o banho de tingimento. A fase de reação ocorre ao longo de 30 a 60 minutos de tingimento, com temperaturas entre 30 °C a 90 °C, dependendo da reatividade do corante. Após o tingimento o tecido deve ser lavado a fim de remover o corante não fixado nas fibras.

Salem (2000) afirma que vários fatores influenciam para que haja uma boa igualização do tingimento por esgotamento, a saber:

- Contatos entre banho e substrato:

O maior ou menor contato entre banho de tingimento e substrato, depende somente dos parâmetros relativos a máquina, diferenciando-se em três sistemas de circulação, podendo o banho estar parado, em movimento, ou em movimento circulatório, sendo que banhos com agitação possibilitam melhor igualização do tingimento.

- Velocidade de montagem de um corante no substrato:

Este fator depende das propriedades do corante empregado, porém outros fatores podem acelerar ou retardar esta velocidade, como a temperatura e o tempo, ácidos e álcalis, eletrólitos, aceleradores e retardantes e a relação de banho.

A temperatura influencia no deslocamento do corante em direção à fibra, ou seja, na etapa de montagem, como também na fixação, enquanto que o tempo é de extrema importância para a fixação do corante, pois um tempo reduzido pode ser insuficiente para a difusão completa de corante na fibra, gerando baixo rendimento e problemas de solidez.

Os ácidos e álcalis influenciam na velocidade e no rendimento de montagem do corante, sendo que para um tingimento reativo, os álcalis mostram-se bastante importantes na fixação.

Os eletrólitos (sulfato ou cloreto de sódio) são utilizados com a finalidade de aumentar a substantividade e o rendimento tintorial do corante no tingimento de algodão e demais fibras celulósicas.

Agentes auxiliares de tingimento, como aceleradores ou retardantes podem ser adicionados para um melhor controle da velocidade de montagem.

A relação de banho é outro fator bastante importante no tingimento de fibras celulósicas com corantes reativos, pois quanto maior a concentração de corante no banho, maior será a substantividade.

- Migração:

Nesta etapa, durante a fase de equilíbrio, o corante permanece em constante movimentação, montando nas fibras e retornando ao banho. A migração é específica para cada corante e depende de influências externas, como temperatura, pH, tempo e agentes auxiliares.

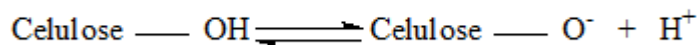
Os equipamentos que são mais utilizados nos processos de tingimento por esgotamento conforme cita Senai (2004), são:

- Barca: para tingimento de malhas de trama, tecidos planos leves e malhas de urdume, com circulação somente do substrato e relação de banho entre 1:15 e 1:30;
- Turbo: para tingimento de tecidos planos em geral, fios acondicionados em bobinas e fibras cortadas acondicionadas em rama, com circulação somente do banho e relação de banho entre 1:12 e 1:25;
- Jigger: para tingimento de tecidos planos em geral, com circulação somente do substrato e relação de banho entre 1:2 e 1:8;
- Armário: para tingimento de fios em meadas e meias acondicionadas em sacos, com circulação somente do banho e relação de banho entre 1:10 e 1:25;
- Jet, Flow, Over-flow: para tingimentos de malhas de trama, tecidos planos leves e malhas de urdume, com circulação de banho e substrato e relação de banho entre 1:8 e 1:15, e
- Hot-machine: para tingimento de peças confeccionadas, com circulação de banho e substrato e relação de banho entre 1:12 e 1:25.

2.5.2. TINGIMENTO REATIVO

Aspectos importantes para a eficiência de um tingimento reativo citados por Moraes (2010) incluem a substantividade, migração, esgotamento do corante, fixação e lavagem, reatividade e difusão.

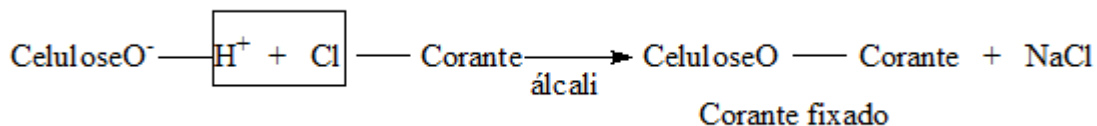
Conforme Salem (2000), os corantes reativos reagem com grupos hidroxílicos presentes na celulose através da ionização da mesma, sendo que esta ionização é favorecida com o aumento da alcalinidade do banho de tingimento. Desta forma, a adição de álcali se faz necessária para a ionização da celulose e neutralização do ácido formado durante a reação:



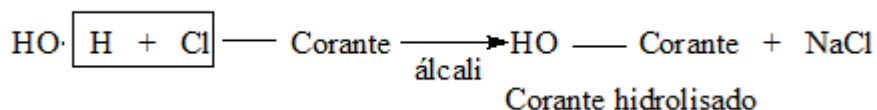
2.5.2.1. A REAÇÃO

Durante o processo de tingimento alcalino duas reações ocorrem, sendo uma delas desejável (corante com a fibra) e a outra indesejável (corante com a água). Tais reações podem ser por substituição, ou seja, quando o grupo reativo é portador de um ou mais átomos de cloro e flúor, ou por adição quando se trata de um corante vinil sulfônico, conforme mostrado abaixo (SALEM, 2001).

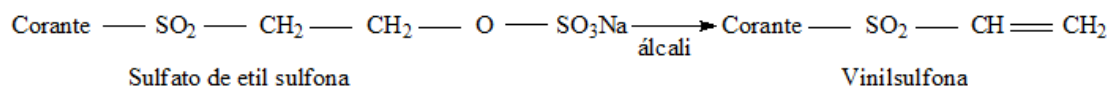
- Reação por Substituição com as fibras:



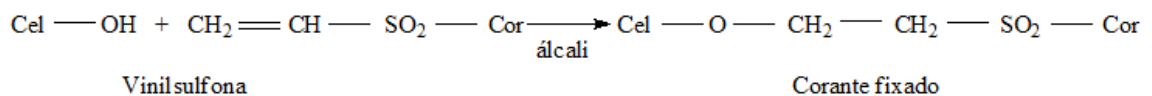
- Reação por Substituição com a água:



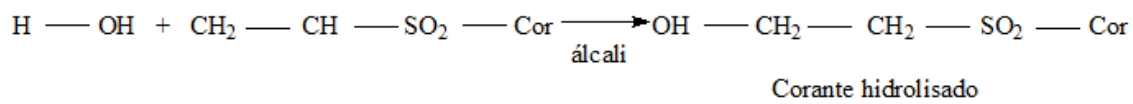
- Reação por Adição:



- Reação por Adição com as fibras:



- Reação por Adição com a água:



A reação indesejada que ocorre durante o processo de tingimento com corantes reativos, onde corante hidrolisado é formado e removido por ensaboamento posterior, pode ser minimizada estabelecendo-se condições para tal fim, maximizando o rendimento da reação com a fibra (SALEM, 2001).

2.5.2.2. FENÔMENOS FÍSICO-QUÍMICOS

Conforme Salem (2001), o processo de tingimento com corantes reativos pode ser subdividido em duas fases para uma melhor compreensão dos fenômenos físico-químicos que ocorrem no tingimento: a adição de eletrólito e a adição do álcali.

A partir da adição de eletrólito (sulfato ou cloreto de sódio), o corante consegue montar nas fibras que constituem o tecido, de maneira que possibilite a ocorrência da adsorção e difusão

de corante para o interior da fibra devido a presença de íons dissociados (Na^+ , Cl^-) presentes no banho de tingimento (SALEM, 2001; KHATRI, 2010).

Com a adição de álcali, consegue-se atingir o esgotamento final de corante, o qual é dependente do corante utilizado no processo de tingimento, e a fixação, que é a fase onde ocorre a reação entre corante e fibras (SALEM, 2001; KHATRI, 2010).

De acordo com Carr (1995), a base para uma discussão sobre os fenômenos físico-químicos da adsorção de corante é a consideração da energia do sistema. Quando uma fibra têxtil é imersa em uma solução de corante, há uma transferência espontânea de corante da solução para a fibra, resultando na diminuição de concentração de corante em solução. Isto ocorre devido ao movimento do corante entre as fases, fazendo com que o sistema alcance um estado de energia mais baixo ou maior estabilidade. Para reverter o processo, deve-se fornecer energia ao sistema, e conseqüentemente, verifica-se um comportamento do corante adsorvido como se tivesse formado ligações de algum tipo com a fibra.

Geralmente, a adsorção não conduz a captação de todo o corante presente no banho de tingimento, e um equilíbrio aparente é observado, o que caracteriza a formação de ligações físicas. Esta é uma característica essencial dos processos de adsorção de todas as classes de corantes em todas as fibras têxteis. Do ponto de vista físico-químico, o tingimento pode ser considerado primeiramente como um processo único que abrange todas as classes de corantes em todas as fibras, e por outro lado, pelo ponto de vista das características especiais de alguns métodos específicos utilizados para limitar a reversibilidade do processo de adsorção. O processo pode ser analisado mecanicamente no que diz respeito às formas em que as moléculas de corante ligam-se ao substrato, ou estatisticamente no que diz respeito à distribuição de moléculas de corante no banho de tingimento e a cinética do processo de tingimento.

2.6. CINÉTICA E TERMODINÂMICA NO PROCESSO DE TINGIMENTO

De acordo com Ladchumananandasivam (2008), o processo de tingimento pode ser considerado sob aspectos cinéticos, referindo-se a importância da velocidade com que os corantes são adsorvidos pelas fibras, como também sob aspectos termodinâmicos, examinando a distribuição do corante entre a fibra e o banho quando o equilíbrio está estabelecido.

A Figura 2.11 mostra a distribuição das etapas cinéticas e termodinâmicas durante um processo de tingimento.

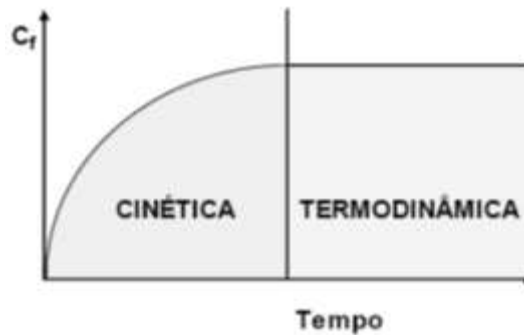


Figura 2.11. Etapas cinética e termodinâmica do tingimento (SALEM, 2000).

2.6.1. FASE CINÉTICA

De acordo com Carr (1995), o processo de tingimento acontece em três estágios, a partir do momento em que uma fibra é mergulhada no banho de tingimento:

- (i) Transferência do corante do banho em direção à superfície da fibra.
- (ii) Adsorção do corante pela superfície da fibra.
- (iii) Difusão do corante da superfície para o interior da fibra.

O primeiro estágio consiste de duas etapas, desde que exista uma camada estática da solução do corante na vizinhança das fibras. A espessura desta camada varia inversamente de acordo com a velocidade do fluxo através das fibras. Em condições laboratoriais, o índice do fluxo é ajustado para que o estágio de difusão venha a se tornar a relação determinante para a relação de tingimento. O estágio de adsorção é praticamente instantâneo e a difusão do corante na fibra é governada pela lei de Fick, dada pela Equação 2.3.

$$F = \frac{ds}{dt} = -D \frac{dc}{dx} \quad (2.3)$$

Onde:

F = velocidade da transferência / área de secção transversal unitária.

ds = quantidade de corante difundido através da distância padrão no intervalo de tempo (dt) muito pequeno.

dc = concentração em um ponto.

dx = distância difundida.

D = coeficiente de difusão (constante).

A lei de Fick é uma afirmação de que a relação de difusão ds/dt é proporcional a concentração gradiente dc/dx . No estado acima, tal equação não está bem adaptada ao trabalho experimental, mas após uma manipulação apropriada, ela poderá ser integrada para obter uma série infinita, dependente da forma do substrato têxtil (CARR, 1995; KHATRI, 2010).

Salem (2000) afirma que é na fase cinética que ocorre a maior parte dos problemas de tingimento. O controle da velocidade de adsorção do corante pela fibra é o fator determinante para obter um tingimento igualizado e bem difundido, sendo o estudo da cinética do tingimento tão importante quanto a fase de equilíbrio (termodinâmica).

A existência de uma força motriz em um sistema mecânico não é suficiente para garantir um movimento, tendo em vista que esta força deve vencer certa resistência antes que o movimento seja possível, desta forma, quanto maior a resistência ao movimento, menor será a velocidade para uma determinada força. No processo de tingimento, pode-se admitir uma força motriz ou afinidade, responsável pela ocorrência do tingimento, e um parâmetro de velocidade ou o grau de resistência à difusão do corante no interior das fibras, como mostra a Equação 2.4 (SALEM, 2000).

$$V_t = \frac{F_t}{R} = \text{Parametro}_{afinidade} \times \text{Parametro}_{velocidade} \quad (2.4)$$

Onde:

V_t = velocidade de tingimento.

F_t = força motriz de tingimento.

R = resistência à penetração das moléculas de corante.

A equação 2.2 mostra que F_t corresponde ao parâmetro de afinidade e $1 / R$ ao parâmetro de velocidade. Desta forma, verifica-se que a velocidade de tingimento depende de fatores

cinéticos (velocidade) e termodinâmicos (afinidade) e, portanto, deve ser apresentada em forma de uma curva, a qual deve expressar o tempo de tingimento em função da porcentagem total de corante transferido para as fibras ao alcançar o equilíbrio e a metade do esgotamento (SALEM, 2000).

2.6.2. TERMODINÂMICA DO PROCESSO

As moléculas de qualquer composto apresentam um determinado grau de liberdade de movimentação, tendendo a distribuir-se sobre o volume total acessível a tais moléculas. Sendo assim, ao fornecer um maior volume, maior será a distribuição das moléculas, enquanto que para reduzir o espaço ocupado é necessária uma força externa. A termodinâmica estuda a tendência de um sistema passar de um estado de alta energia para outro de menor energia espontaneamente, relacionando as mudanças de energia no início e no fim do processo, quando ocorre o equilíbrio, desconsiderando as fases intermediárias (COSTA, 1990).

Considerando um sistema de tingimento, uma solução relativamente diluída de corante transfere-se em pouco tempo para um espaço menor na fibra, devido à ação de uma força conhecida como afinidade. Porém, a permanência do corante na fibra é afetada por diversos fatores, como a vibração das moléculas da fibra e das moléculas de água, justificando o fato do esgotamento não ser total (SALEM, 2000).

Após a fase cinética, o tingimento entra em equilíbrio com o corante remanescente no banho, constituindo a fase termodinâmica. Neste estado de equilíbrio, a relação corante na fibra / corante no banho é expressa por uma constante de equilíbrio K . O efeito desta relação pode ser expresso graficamente por três tipos de linhas isotérmicas de adsorção (Nernst, Langmuir e Freundlich), para tingimentos conduzidos em temperatura fixa e quantidade de corante variável, quantificando-se o corante na fibra e no banho residual (SALEM, 2000; LADCHUMANANANDASIVAM, 2008).

2.7. MODELAGEM DO BANHO DE TINGIMENTO

A partir de uma solução de banho de tingimento, a transferência de uma molécula de corante para uma fibra em geral envolve inicialmente a transferência de massa da solução para a superfície da fibra, seguida da adsorção do corante na superfície da fibra e posterior difusão do corante para o interior da fibra (XIE *et al.*, 2008).

Conforme Crank (1968), diversos modelos para os processos de tingimento são relatados na literatura, porém, o modelo de difusão aborda o principal mecanismo para limitar a transferência de corante da solução para a fibra. De acordo com a lei da difusividade de Fick, o corante desloca-se de uma região de alta concentração (banho de tingimento) em direção a uma região de baixa concentração (fibras). Reddy *et al.* (1995) afirma que assumindo uma estrutura cilíndrica para as fibras, a equação de difusão para a variação de concentração do corante na fibra pode ser descrita pela Equação 2.5.

$$\frac{\partial C^f}{\partial t} = D \left[\frac{\partial^2 C^f}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial C^f}{\partial r} \right] \quad (2.5)$$

Onde:

C^f = concentração de corante nas fibras.

D = coeficiente de difusão.

r = raio das fibras cilíndricas.

t = tempo.

A condição de contorno para a Equação 2.5 é dada pela Equação 2.6, considerando que não há mudança na concentração de corante na direção radial da fibra.

$$\frac{\partial C^f}{\partial r} = 0, \quad \text{para } r = 0 \quad (2.6)$$

De acordo com Reddy *et al.* (1995), o banho de tingimento é um sistema fechado, desta forma, a taxa de redução da concentração de corante na solução é igual a taxa de difusão do

corante na superfície da fibra. Partindo deste princípio e assumindo uma agitação eficiente, a condição de contorno da superfície externa da fibra, que é considerada um cilindro, é dada pelas Equações 2.7 e 2.8.

$$L \frac{\partial C^s}{\partial t} = D.S.N_{cilindros} \frac{\partial C^f}{\partial r} \quad \text{para } r = a \quad (2.7)$$

$$C^f(t) = KC_0^s \quad (2.8)$$

Onde:

L = relação de banho.

C^f = concentração de corante nas fibras.

C^s = concentração de corante na solução.

$N_{cilindros}$ = número de cilindros.

D = coeficiente de difusão.

S = área superficial das fibras.

K = coeficiente de distribuição.

A solução da Equação 2.5, para as condições de contorno apresentadas, está disponível em Crank (1975), considerando a difusão a partir de uma solução agitada de volume limitado. Supondo que a fibra cilíndrica ocupa o espaço $r < a$, enquanto que a seção transversal do banho de tingimento em que está imersa é S (desconsiderando o espaço ocupado pelo cilindro), a concentração de soluto na solução é sempre uniforme, e inicialmente é C_0 . A fibra inicialmente está isenta de soluto, e a quantidade total de soluto na fibra, M_t , após o tempo t é expressa como uma fração do valor correspondente M_∞ , após um tempo infinito, conforme a Equação 2.9.

$$\frac{M_t}{M_\infty} = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4\alpha(1+\alpha)}{4+4\alpha+\alpha^2 q_n^2} e^{-Dq_n^2 t/a^2} \quad (2.9)$$

Onde:

M_t = quantidade de corante na fibra após um tempo t .

M_∞ = quantidade de corante na fibra ao término do tingimento.

D = coeficiente de difusão.

$r = a$ = raio das fibras cilíndricas.

α = razão dos volumes da solução e das fibras cilíndricas, obtido pela equação 2.10.

q_n = raízes positivas e diferentes de zero, obtidas pela Equação 2.11.

$$\alpha = \frac{\text{volume}_{\text{solução}}}{\text{volume}_{\text{cilindro}}} = \frac{V_{\text{total}}}{\pi r^2 h N_{\text{cilindros}}} \quad (2.10)$$

Onde:

h = altura das fibras cilíndricas.

$N_{\text{cilindros}}$ = número de cilindros.

V_{total} = volume total de solução.

$$\alpha q_n J_0(q_n) + 2J_1(q_n) = 0 \quad (2.11)$$

Onde:

$J_0(x)$ = Função Bessel de ordem zero.

$J_1(x)$ = Função Bessel de primeira ordem.

2.7.1. DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DIFUSÃO

Com a finalidade de determinar os coeficientes de difusão de corante reativos, Moraes (2010) utilizou o algoritmo representado na Figura 2.12.

O algoritmo desenvolvido por Moraes (2010) baseia-se na resolução da Equação 2.9, sendo necessário para tal finalidade, resolver primeiramente a equação 2.11 para a determinação das raízes das funções de Bessel, as quais podem ser obtidas através de programas fornecidos em Press *et al.* (1992).

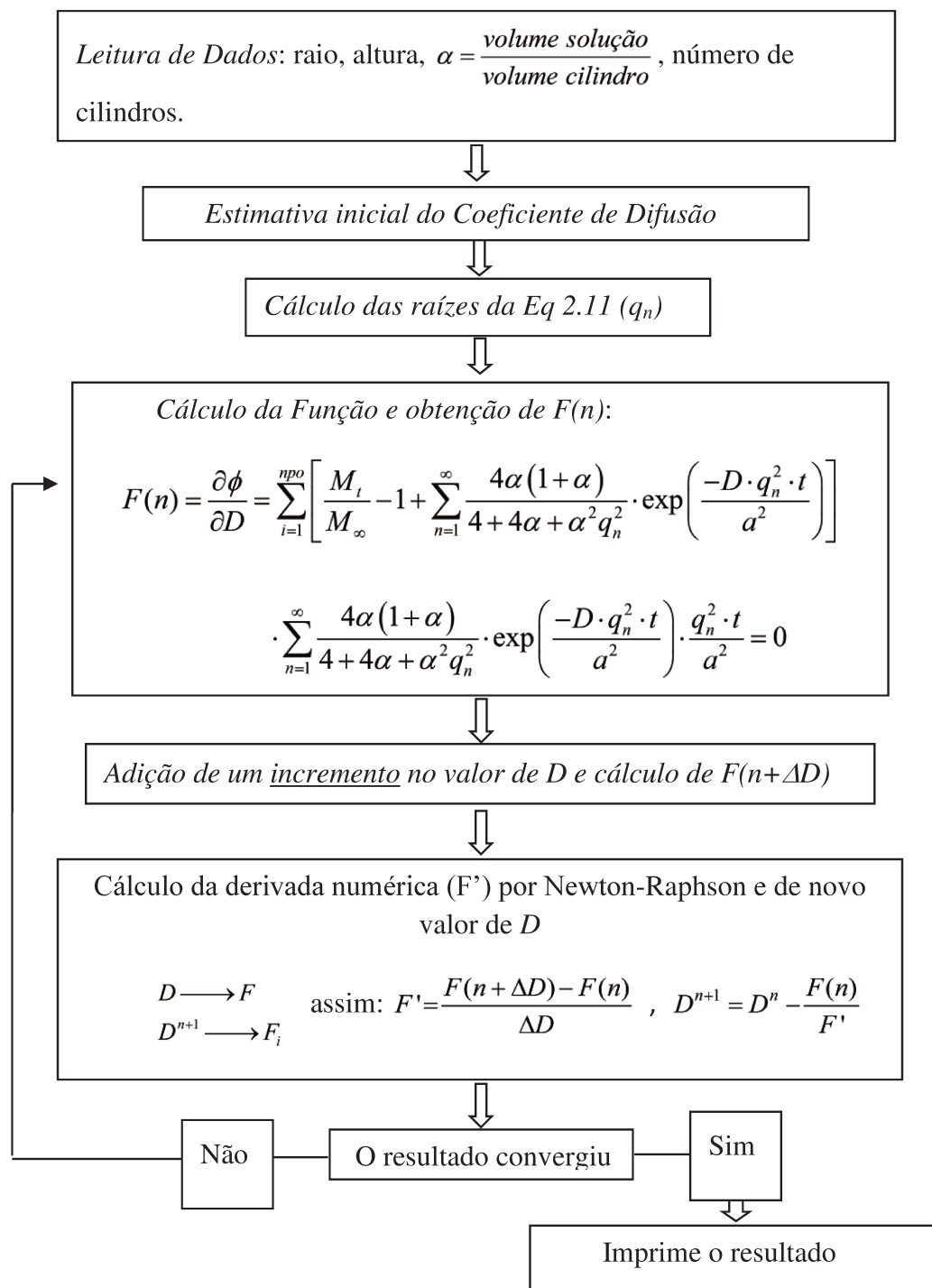


Figura 2.12. Diagrama esquemático do algoritmo utilizado para cálculo do coeficiente de difusão (MORAES, 2010).

Utilizando o programa de bissecção disponível em Press *et al.* (1992), um banco de dados contendo os valores das raízes das funções de Bessel é gerado. A partir do banco de dados gerado e de dados experimentais, métodos matemáticos de mínimos quadrados, Newton-Raphson e eliminação de Gauss são utilizados por Moraes (2010) para a determinação do coeficiente de difusão de cada corante.

De acordo com Hoffman (2001), o método dos mínimos quadrados tem por objetivo minimizar os possíveis desvios de um ajuste de npo dados, pela soma dos quadrados dos desvios, como apresenta a Equação 2.12.

$$\phi = \sum_{i=1}^{npo} (\text{valor experimental} - \text{valor simulado})^2 \quad (2.12)$$

Com a finalidade de minimizar os desvios do ajuste numérico para resolução da Equação 2.9, aplicando-se o método de mínimos quadrados tem-se a Equação 2.13.

$$\phi = \sum_{i=1}^{npo} \left[\frac{M_t}{M_\infty} - 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4\alpha(1+\alpha)}{4+4\alpha+\alpha^2 q_n^2} \exp\left(\frac{-Dq_n^2 t}{a^2}\right) \right] \quad (2.13)$$

Conforme Hoffman (2001), a função ϕ é um mínimo quando:

$$F(n) = \frac{\partial \phi}{\partial D} = 0 \quad (2.14)$$

Sendo assim, para a minimização da Equação 2.13 pela Equação 2.14, tem-se a Equação 2.15.

$$F(n) = \frac{\partial \phi}{\partial D} = \sum_{i=1}^{npo} \left[\frac{M_t}{M_\infty} - 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4\alpha(1+\alpha)}{4+4\alpha+\alpha^2 q_n^2} \exp\left(\frac{-Dq_n^2 t}{a^2}\right) \right] \times \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4\alpha(1+\alpha)}{4+4\alpha+\alpha^2 q_n^2} \exp\left(\frac{-Dq_n^2 t}{a^2}\right) \frac{q_n^2 t}{a^2} = 0 \quad (2.15)$$

A Equação 2.15 é obtida computacionalmente, dentro do algoritmo utilizado para a determinação do coeficiente de difusão, com a utilização da sub-rotina valor. O algoritmo encontra-se disponível no Anexo A.

A função $F(n)$ pode ser solucionada pelo método de Newton-Raphson. Expandindo as funções em série de Taylor e truncando na segunda derivada, teremos a derivada numérica apresentada na Equação 2.16. Um incremento (ΔD) é adicionado à estimativa inicial do coeficiente de difusão, D , e a nova função $F(n + \Delta D)$ é resolvida pela mesma sub-rotina valor, para se ter o cálculo da derivada de $F(n)$.

$$F'(n) = \frac{F(n + \Delta D) - F(n)}{\Delta D} \quad \text{onde:} \quad \Delta D = D^{n+1} - D \quad (2.16)$$

A partir das funções $F(n)$ e $F'(n)$, é possível calcular o coeficiente de difusão, utilizando a Equação 2.17, a qual é a essência do método de Newton-Raphson (PINTO e LAGE, 2001).

$$D^{n+1} = D^n - \frac{F(n)}{F'(n)} \quad (2.17)$$

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo serão apresentados os materiais utilizados para o desenvolvimento do trabalho, bem como os métodos empregados para a elaboração dos ensaios experimentais.

3.1. MATERIAIS

Os materiais utilizados nos ensaios de tingimento possuíam sempre a mesma procedência a fim de garantir a reprodutibilidade do processo.

3.1.1. SUBSTRATO

O tecido utilizado consiste de uma tela de gramatura 220 g/m^2 , 100% algodão cardado, de título Ne 8/1 OET para a trama e 16/1 OET para o urdume, fornecido pela empresa Maliber Indústria e Comércio Têxtil LTDA, previamente alvejado.

3.1.2. CORANTE

Foram utilizados três corantes têxteis reativos em pó: Vermelho Cosmos Bezaktiv S-C, Marinho Cosmos Bezaktiv S-C e Laranja Cosmos Bezaktiv S-C, fabricados pela CHT Brasil Química LTDA e fornecidos pela Maliber Indústria e Comércio Têxtil LTDA.

3.1.3. MATERIAIS AUXILIARES

Os auxiliares de tingimento utilizados foram:

- Catalase bfb (CHT): enzima utilizada para a decomposição do peróxido de hidrogênio residual, proveniente do processo de alvejamento.

- Euroquest ds (TREMEMPÉ QUÍMICA): mistura de alcoóis graxos etoxilados, alquil benzeno sulfonato de sódio linear, poliacrilatos e ácidos polihidroxílicos, utilizado para atuar como dispersante de corantes, sequestrante de cálcio, magnésio e ferro.
- Laugal mv (ERTEX QUÍMICA): solução aquosa de álcalis utilizado para a fixação de corante nas fibras.
- Cloreto de sódio (F. SOUTO): sal utilizado para aumentar a afinidade entre corante e fibra.
- Água.

3.1.4. EQUIPAMENTOS

Os equipamentos utilizados durante o desenvolvimento do trabalho foram:

- Balança semi analítica Marte modelo AI 200;
- Equipamento de tingimento laboratorial Mathis modelo ALT-I, conforme mostrado na Figura 3.1.



Figura 3.1. Equipamento de tingimento laboratorial.

- Espectrofotômetro na região do uv/visível FEMTO – Modelo 600 S, conforme mostrado na Figura 3.2.



Figura 3.2. Espectrofotômetro UV/visível.

- Espectrofotômetro de Infravermelho com Transformada de Fourier, marca ThermoScientific, modelo *NICOLET 6700*. Realizou-se a análise utilizando o modo transmitância utilizando-se o acessório TRANSMITANCE.

3.2. METODOLOGIA

3.2.1. PREPARAÇÃO DO BANHO DE TINGIMENTO

Os corantes foram diluídos em água em uma relação de 1:100, ou seja, 1 g de corante para 100 mL de água. Os banhos de tingimento foram preparados numa relação de 1:10, ou seja, 5 g de tecido de algodão alvejado para 50 mL de solução de banho de tingimento. Esta solução consiste de 1 mL de solução de corante, 0,35 mL de catalase bfb, 0,25 mL de euroquest ds, 1,5 g de cloreto de sódio, 0,83 mL de laugal mv e 45 mL de água.

A fim de obter uma curva comparativa com relação à difusividade, realizou-se outro tingimento conforme o descrito, porém, sem a presença de laugal no banho. Este reagente é o responsável pela reação química no processo de esgotamento do corante na fibra, desta forma, sem a sua presença, todo o corante migrado para a fibra após tingimento caracteriza-se somente pela difusão.

3.2.2. CONDIÇÕES DE TINGIMENTO

No processo de tingimento em escala laboratorial com o equipamento Mathis, utilizou-se uma temperatura de 60 °C. As soluções de banho foram coletadas em intervalos de 5 minutos totalizando 50 minutos de tingimento.

3.2.3. DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CORANTE REMANESCENTE NO BANHO

Determinou-se a concentração de corante remanescente no banho por espectrofotometria no uv/visível. Para o corante vermelho Cosmos Bezaktiv S-C utilizou-se $\lambda = 520$ nm, para o corante marinho Cosmos Bezaktiv S-C utilizou-se $\lambda = 615$ nm e para o corante laranja Cosmos Bezaktiv S-C utilizou-se $\lambda = 420$ nm, de acordo com as curvas de varredura do comprimento de onda de cada corante, disponível no Apêndice A.

A partir das curvas de calibração de cada corante, disponível no Apêndice B, obtiveram-se os resultados de concentração remanescente após tingimento e construiu-se a curva de montagem de corante na fibra, determinando-se o coeficiente de difusão pelo ajuste dos dados experimentais através da modelagem matemática disponível em Moraes, 2010, a qual está disponível no Anexo A.

3.2.4. CARACTERIZAÇÃO DOS CORANTES

A fim de comparar os valores de difusividade obtidos para cada corante com a estrutura

química dos mesmos, uma análise por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) foi realizada pelo Laboratório de Recursos Analíticos e de Calibração da FEQ - Unicamp. As amostras foram maceradas em almofariz de ágata com KBr e prensadas por dez minutos a uma pressão de sete toneladas. Os espectros foram obtidos para a faixa de 4000 a 400 cm^{-1} , com resolução de 4 cm^{-1} e 64 scans.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos de acordo com os ensaios experimentais e discutidos conforme a literatura.

4.1. ENSAIOS DE TINGIMENTO

Os ensaios de tingimento foram realizados conforme metodologia apresentada no item 3.2, obtendo-se dados com e sem reação química, os quais são apresentados nas Figuras 4.1 a 4.3. Os pontos de partida para análise do processo de tingimento de todos os corantes são os mesmos, desta forma, todos os dados foram coletados a partir do início do processo (tempo = 0 min), com concentração de corante inicial igual a $2,0 \times 10^{-4}$ g / mL, porém, para melhor visualização da tendência da curva, os dados de partida foram desconsiderados.

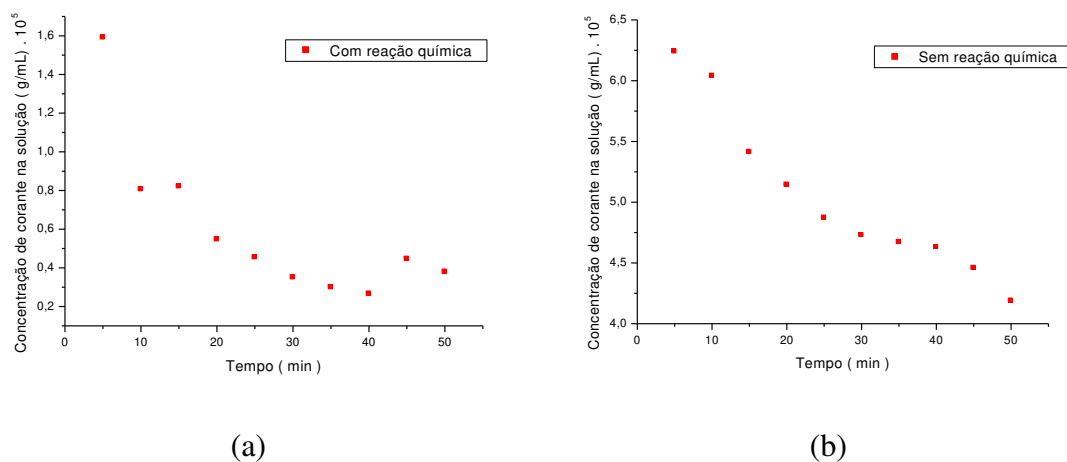


Figura 4.1. Comparação das curvas de tingimento do corante vermelho Cosmos Bezaktiv S-C (a) com reação química, e (b) sem reação química.

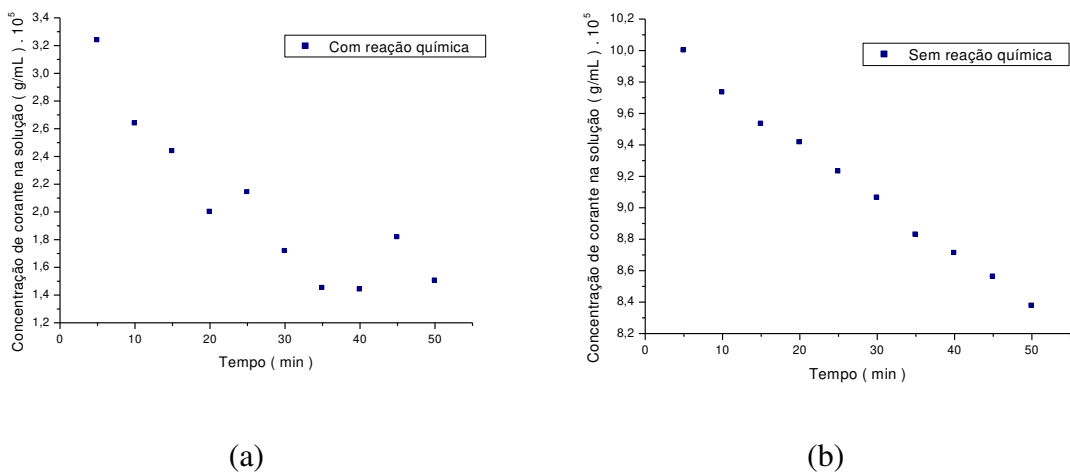


Figura 4.2. Comparação das curvas de tingimento do corante marinho Cosmos Bezaktiv S-C (a) com reação química, e (b) sem reação química.

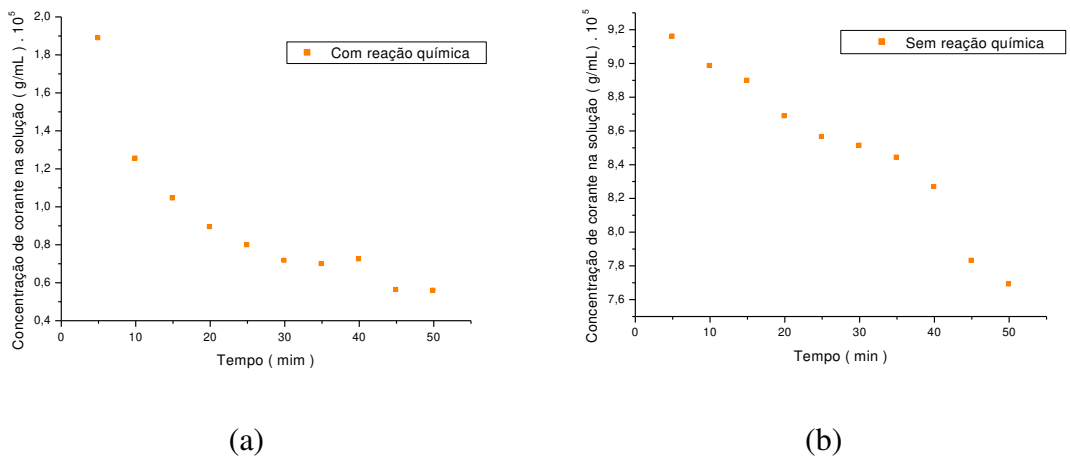


Figura 4.3. Comparação das curvas de tingimento do corante laranja Cosmos Bezaktiv S-C (a) com reação química, e (b) sem reação química.

Pode-se observar pela análise das Figuras 4.1 a 4.3, um decaimento característico da concentração de corante presente na solução do banho de tingimento em função do tempo, tanto para tingimentos com reação química, quanto para os tingimentos sem a presença de laugal (sem reação química). Desta forma, é possível considerar os dados de tingimento sem reação química

para a realização da simulação computacional com a finalidade de obter os valores de difusividades de todos os corantes estudados, sem a influência de reação química.

4.2. DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DIFUSÃO

A partir dos dados obtidos experimentalmente de concentração de corante presente na solução após o tingimento sem a ocorrência de reação química, apresentados nas Figuras 4.1 a 4.3 (b), e dos valores apresentados na Tabela 4.1, referentes às amostras de tecido e que foram utilizados para a geração do arquivo de dados, foi possível realizar a simulação para a determinação do coeficiente de difusão.

Tabela 4.1. Valores de entrada utilizados para geração de arquivo de dados.

Raio - r (cm)*	Altura - h (cm)*	N _{cilindros} *	α
0,0145	15,5	724	6,75

* Medidos diretamente da fibra de algodão

Para o cálculo da relação de volumes (α), utilizou-se a Equação 2.8, considerando o volume total de solução, $V_{total} = 50$ mL, desta forma, tem-se a relação:

$$\alpha = \frac{\text{volume}_{\text{solucao}}}{\text{volume}_{\text{cilindro}}} = \frac{50}{\pi r^2 h N_{\text{cilindros}}}$$

A modelagem matemática disponível em Moraes, 2010, a qual está baseada no modelo de difusividade de Fick, considerando os métodos matemáticos de mínimos quadrados, Newton-Raphson e eliminação de Gauss, foi utilizada para a obtenção da curva de montagem e dos valores de coeficientes de difusividade de cada corante.

As Figuras 4.4 a 4.6 apresentam a comparação dos resultados obtidos experimentalmente com os dados simulados para as concentrações de corante remanescente em solução após cada tingimento.

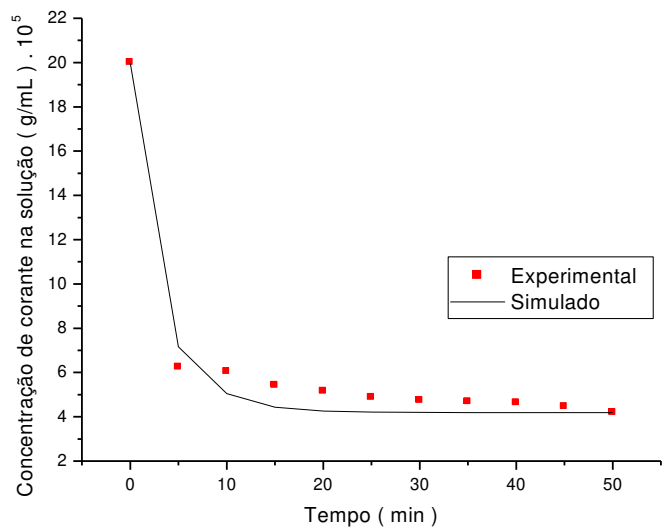


Figura 4.4. Análise da concentração remanescente no banho após tingimento pelo corante vermelho Cosmos Bezaktiv S-C.

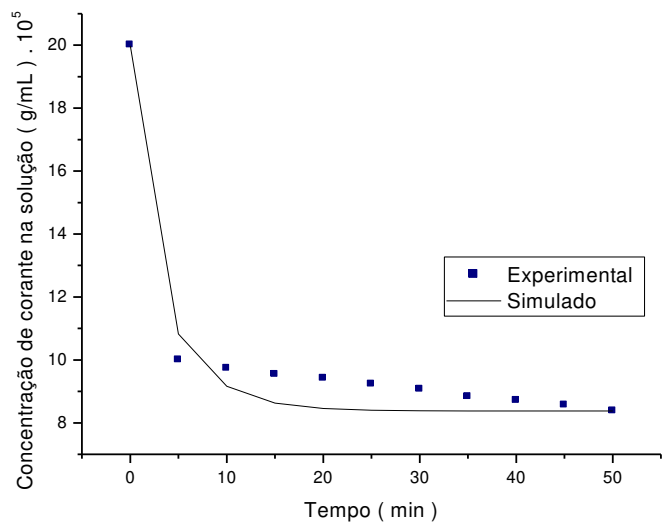


Figura 4.5. Análise da concentração remanescente no banho após tingimento pelo corante marinho Cosmos Bezaktiv S-C.

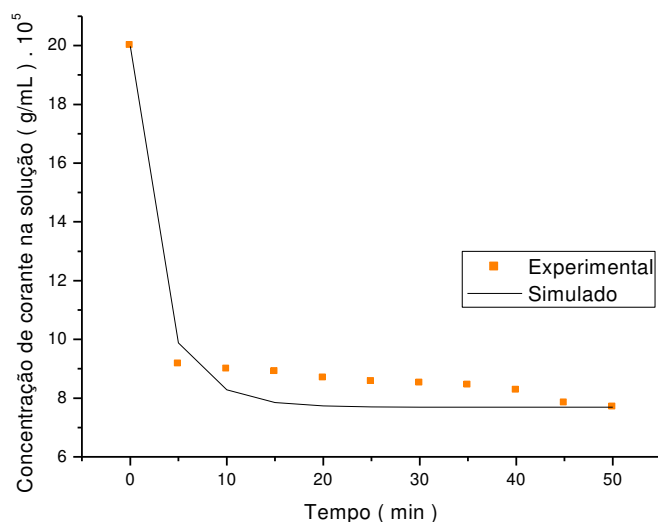


Figura 4.6. Análise da concentração remanescente no banho após tingimento pelo corante laranja Cosmos Bezaktiv S-C.

É possível observar que os valores simulados representam satisfatoriamente os dados experimentais, apresentando um comportamento compatível com o processo de difusão. Nota-se ainda uma rápida difusão entre 0 e 5 minutos de tingimento, esperando-se um elevado coeficiente de difusividade.

Os coeficientes de difusividade determinados pela modelagem matemática para os corantes estudados são apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2. Valores dos Coeficientes de Difusividade.

Corante	Coefficiente de Difusão (cm ² /s) 10 ⁵
Vermelho Cosmos Bezaktiv S-C	1,38
Marinho Cosmos Bezaktiv S-C	1,25
Laranja Cosmos Bezaktiv S-C	1,44

Os valores de coeficiente de difusão para cada corante mostraram-se bastante similares entre si, o que já era esperado tendo em vista a inclinação característica observada nas curvas de tingimento. Além disso, esta similaridade deve-se ao fato da estrutura química dos três corantes

estudados serem bastante parecidas, o que foi comprovado pela análise de espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR), onde se percebe diversos picos iguais presentes na estrutura química dos corantes, como mostra a Figura 4.7. Maiores informações a respeito dos corantes utilizados encontram-se nas FISPQ's disponíveis no Anexo B.

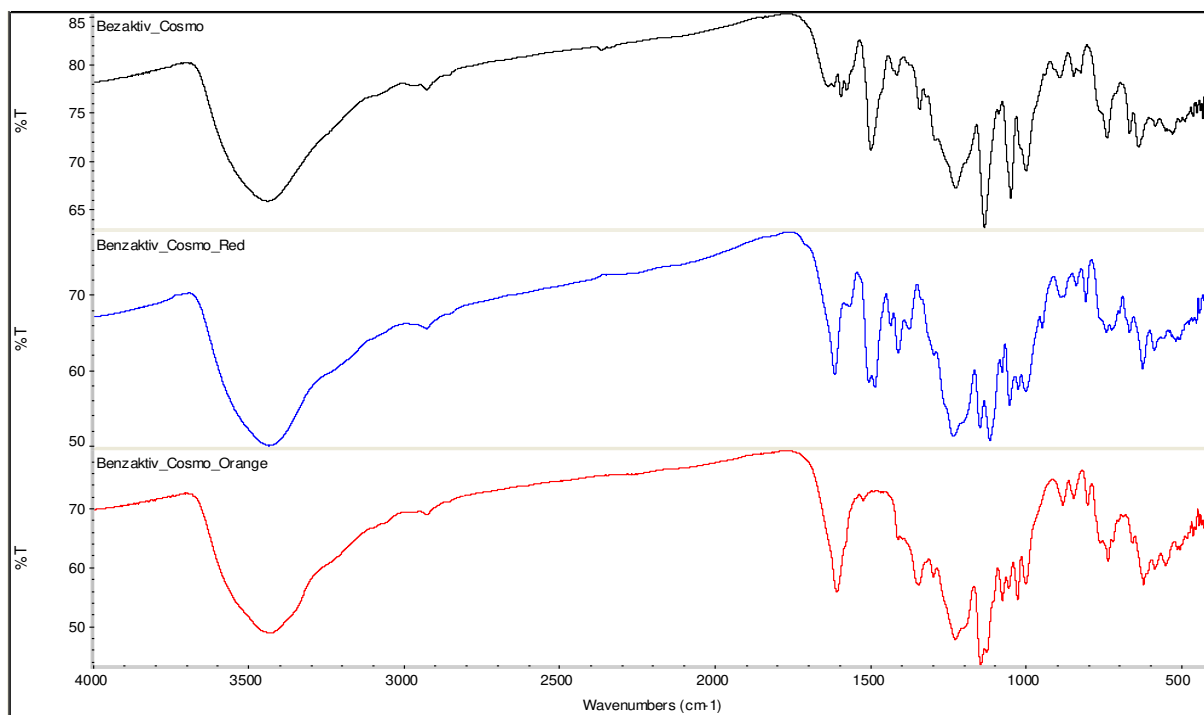


Figura 4.7. Comparação dos espectros obtidos para as amostras de corantes Marinho Cosmos Bezaktiv S-C (Preto), Vermelho Cosmos Bezaktiv S-C (Azul) e Laranja Cosmos Bezaktiv S-C (Vermelho).

De acordo com os resultados de difusividade de outros corantes reativos presentes na literatura (Moraes, 2010), os quais possuem grandeza na ordem de 10^{-7} cm^2/s , percebe-se um aumento de 100 vezes no valor de difusividade obtido para os corantes Cosmos Bezaktiv. Sendo assim, pode-se atribuir a eficiência dos referidos corantes ao seu maior grau de difusividade nas fibras de algodão, de maneira a gerar uma menor quantidade de residual têxtil devido a sua melhor fixação na fibra, sendo necessária, portanto, uma menor quantidade de água para o processo de lavagem.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Os resultados apresentados mostram que os corantes utilizados tiveram um desempenho satisfatório no processo de tingimento têxtil em escala laboratorial. O modelo de difusão de Fick mostrou-se adequado para representar os resultados experimentais, obtendo valores de coeficientes de difusão coerentes.

O tingimento com os corantes Cosmos Bezaktiv S-C mostraram-se bastante eficientes, com alta afinidade entre corante / fibra, de acordo com os índices de difusividade apresentados. Desta forma, o emprego desta gama de corantes na indústria têxtil minimizará o consumo de água e a produção de resíduos no final do processo.

Dando continuidade ao estudo de simulação da difusão de corantes reativos em fibras de algodão, visando à otimização do processo de tingimento têxtil, são sugeridos os seguintes trabalhos de pesquisa:

- Desenvolver um programa que leve em consideração a reação química que ocorre no processo de tingimento, para corantes reativos.
- Estudar o processo de tingimento e obter os valores de difusividade de diferentes corantes para diferentes fibras, como poliéster por exemplo.
- Estudar o processo de tingimento e obter os valores de difusividade de outra classe de corantes além dos reativos.
- Realizar um estudo sobre o efluente gerado no processo de tingimento têxtil.
- Buscar alternativas para o reaproveitamento do corante hidrolisado durante o processo de tingimento, de maneira a minimizar a geração de resíduos tóxicos bem como reduzir os custos do processo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR NETO, P.P. Introdução às Fibras Têxteis. v.1, SENAI-CETIQT. Rio de Janeiro, 1996.

AHMED, N. S. E. The use of sodium edate in the dyeing of cotton with reactive dyes. *Dyes and Pigments*, v. 65, p. 221-225, 2005.

ANDREAUS, J.; DALMOLIM, M. C.; OLIVEIRA, I. B.; BARCELLOS, I. O. Aplicação de ciclodextrinas em processos têxteis. *Química Nova*, v. 33, n. 4, p. 929-937, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, Rio de Janeiro. NBR 12744; fibras têxteis. Rio de Janeiro, 1992. 8 p.

AVCI, U.; PATTATHIL, S.; SINGH, B.; BROWN, V. L.; HAHN, M. G.; HAIGLER, C. H. Cotton Fiber Cell Walls of *Gossypium hirsutum* and *Gossypium barbadense* Have Differences Related to Loosely-Bound Xyloglucan. *Plos One*, v.8, n.2, p.1-13, February 2013.

CARR, C. M. Chemistry of the Textiles Industry. Cambridge: Blackie Academic & Professional, 1995, 399 p.

CONSELHO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL, Resolução nº 01, de 31 de maio de 2001. 2001, 13 p.

CONTATO, I. M. Emprego de *Aspergillus niger* paramorfogênico para avaliação do grau de interferência dos aditivos químicos na biosorção de corantes têxteis de efluentes industriais. Rio Claro, 1995. 173p. Tese (Doutorado) – UNESP

COMPANHIA PERNAMBUCANA DO MEIO AMBIENTE. Roteiro complementar de licenciamento e fiscalização para tipologia têxtil. Recife: CPRH/GTZ, 2001, 125 p.

COSTA, M. R. Las fibras textiles y su tintura. *Química Têxtil*, v. 2, Concytec, Lima, 1990.

DURÁN, N.; MORAIS, S.G.; FREIRE, R.S. Degradation and toxicity reduction of textile effluent by combined photocatalytic and ozonation processes. *Chemosphere*, v. 40, p. 369, 2000.

FANG, L.; ZHANG, X.; SUN, D. Chemical modification of cotton fabrics for improving utilization of reactive dyes. *Carbohydrate Polymers*, v. 91, p. 363-369, 2013.

GUARATINI, C. C. I., ZANONI, M.V.B. Corantes têxteis. *Química Nova*, v. 23, p. 71-78, 2000.

HARRIS, D. C. *Análise Química Quantitativa*. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

HOFFMAN, J. D. *Numerical Methods for Engineers and Scientists*, 2th ed. New York: Marcel Dekker, 2001, 825 p.

HUNGER, K. *Industrial Dyes – Chemistry, Properties, Applications*. Germany: Wiley-VCH, 2003, 660 p.

KAMIDA, H. M. Biodegradação e toxicidade de efluente contendo corantes, tratado com *Pleurotus sajor-caju*. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2004, 169 p. Tese (Doutorado).

KHATRI, A. Pad-steam Dyeing of Cotton with Reactive Dyes Using Biodegradable Alkaline Organic Salts. RMIT University, Melbourne, Austrália, 2010, 160 p. Tese (Doutorado).

KIMURA, I. Y. *Fibras Têxteis*. Goioerê: UEM, 1997, 191 p.

KLOCK, U. *Apresentação Química da Madeira – Celulose*. UFPR/DETF, 2002.

LADCHUMANANANDASIVAM, R. *Processos Químicos Têxteis – Tingimento Têxtil*, v. 3. UFRN, 2008, 165 p.

LIU, Y. Recent progress in Fourier transform infrared (ftir) spectroscopy study of compositional, structural and physical attributes of developmental cotton fibers. *Materials*, v. 6, p.299-313, January 2013.

LUCIDO, G. L. A. *Avaliação de Metodologia para Controle e Medição de Cor em Efluentes Têxteis*. Faculdade de Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2010, 135 p. Dissertação (Mestrado).

MALUF, E. e KOLBE, W. Manual Dados Técnicos para Indústria Têxtil, 2ª edição, São Paulo: IPT, 2003, 337 p.

MARCUS, R. T. Color for Science, Art and Technology. Mansfield: Elsevier Science, 1998.

MDIC. Sistema de Cenários Prospectivos. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/>> Acesso em 22 maio, 13.

MORAES, C. M. Estudo da difusão de corantes reativos em tecido de algodão. Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2010. 105 p. Dissertação (Mestrado).

PAIVA, M. C. Espectroscopia de Infravermelhos. Universidade do Minho. Braga, Portugal, 2006.

PAREDES, Y. D. R. A. Desenvolvimento e caracterização de dispositivos fosforescentes baseados em compostos orgânicos de baixo peso molecular. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2012. 211 p. Tese (Doutorado).

PEREIRA, G. S. Introdução à tecnologia têxtil. Araranguá: CEFET/SC, 2009, 101 p.

PERES, O. M. R. Apostila de Espectroscopia de absorção no Ultravioleta-visível (UV-Vis) – Módulo I. Toledo: Universidade Estadual do Oeste do Paraná/PR, 2013, 23 p.

PINTO, J. C.; LAGE, P. L. C. Métodos Numéricos em Problemas de Engenharia Química. Rio de Janeiro: e-papers, 2001, 316 p.

PRESS, W. H., TEUKOLSKY, S. A., VETTERLING, W. T., FLANNERY, B. P. Numerical Recipes in Fortran 77, 2nd ed., v. 1, Cambridge, University Press, p. 223-230, 1992.

REDDY, M.; LEE, G.; MCGREGOR, R. Modeling of the Batch Dyeing Process. Proceedings of the American Control Conference, p. 2180-2184. Washington, 1995.

REISKY. Catálogo de produtos. Disponível em: <[http://www.reisky.com.br/br/produtos .htm](http://www.reisky.com.br/br/produtos.htm)> Acesso em: 14 fev, 2013.

SALEM, V. Curso de Tingimento Têxtil - Golden Química do Brasil LTDA, Módulo 01, 2000, 144 p.

SALEM, V. Curso de Tingimento Têxtil - Golden Química do Brasil LTDA, Módulo 02, 2001, 101 p.

SALEM, V.; DE MARCHI, A.; MENEZES, F. G. Chão de Fábrica - Golden Química do Brasil LTDA, 2002, 148 p.

SENAI. Escola SENAI Francisco Matarazzo. Processos Produtivos Têxteis: tecnologia têxtil, beneficiamentos têxteis. São Paulo, 2004, 128 p.

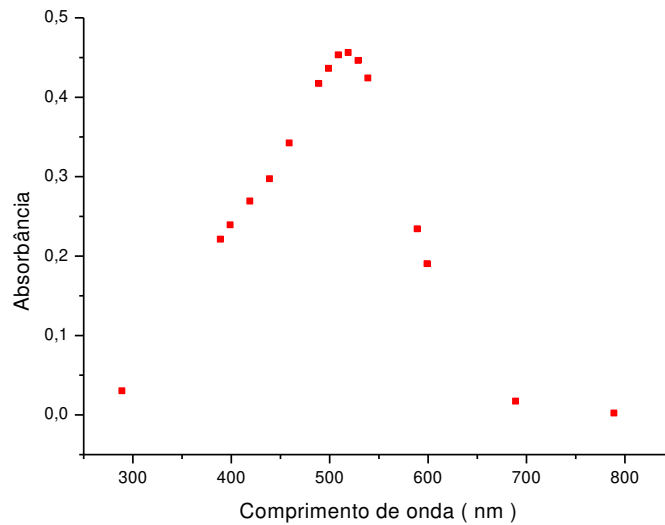
TAYLOR, J. A.; PASHA, K.; PHILLIPS, D. A. S. The dyeing of cotton with hetero bi-functional reactive dyes containing both a monochlorotriazinyl and a chloroacetyl amino reactive group. *Dyes and Pigments*, v. 51, p. 145-152, 2001.

VAGGIONE, N. Espectrofotometria no ultravioleta e visível. São Paulo: Multitec, 1981.

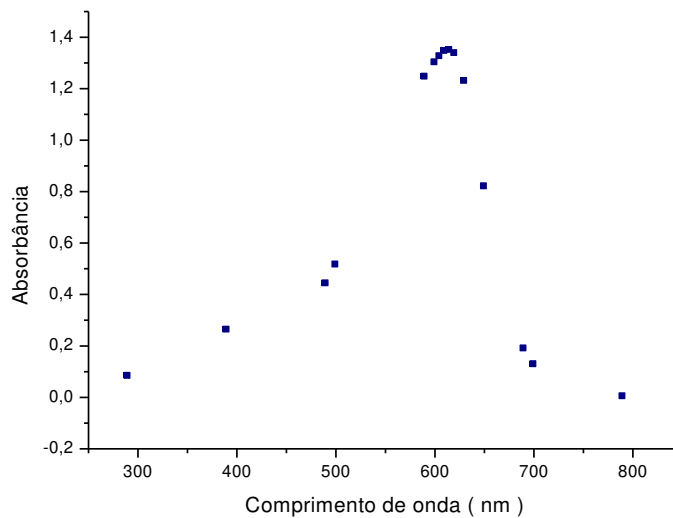
VOGEL, A. I. Análise Química Quantitativa. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

XIE, K.; HOU, A.; WANG, X. Dyeing and diffusion properties of modified novel cellulose with triazine derivatives containing cationic and anionic groups. *Carbohydrate Polymers*, v. 72, p. 646-651, 2008.

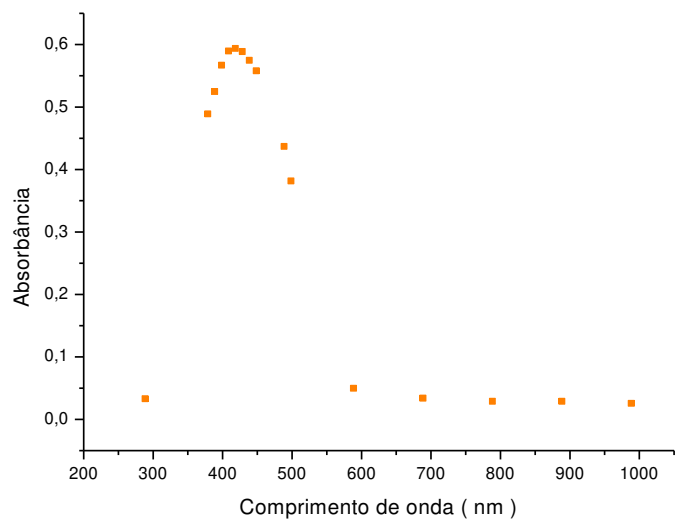
APÊNDICE A



Curva de varredura do corante vermelho Cosmos Bezaktiv S-C, $\lambda_{\text{máx}} = 520 \text{ nm}$

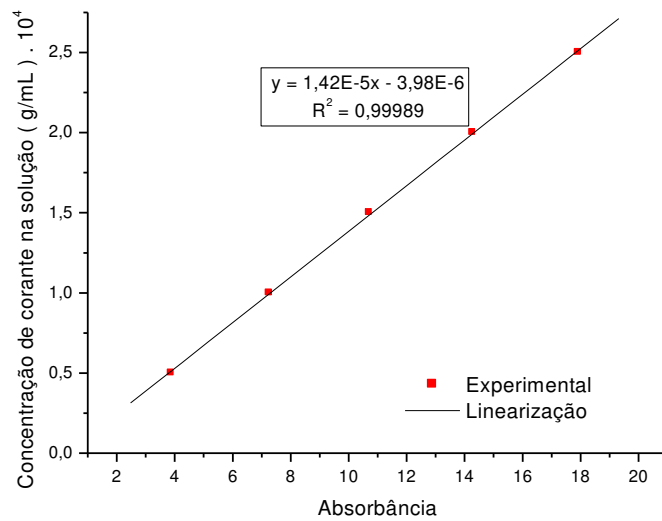


Curva de varredura do corante marinho Cosmos Bezaktiv S-C, $\lambda_{\text{máx}} = 615 \text{ nm}$

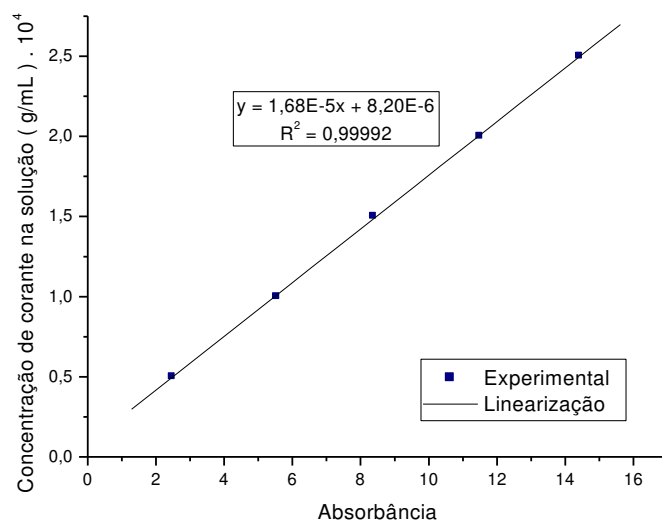


Curva de varredura do corante laranja Cosmos Bezaktiv S-C, $\lambda_{\text{máx}} = 420 \text{ nm}$

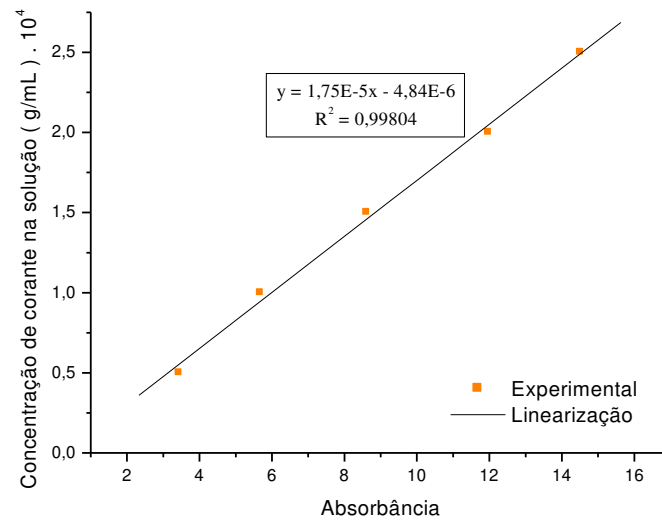
APÊNDICE B



Curva de calibração do corante vermelho Cosmos Bezaktic S-C



Curva de calibração do corante marinho Cosmos Bezaktic S-C



Curva de calibração do corante laranja Cosmos Bezaktic S-C

APÊNDICE C

Tabela de dados da Figura 4.1, para o corante vermelho Cosmos Bezaktiv S-C.

Tempo de tingimento (min)	Concentração de corante na solução com reação química (g / mL) $\times 10^5$	Concentração de corante na solução sem reação química (g / mL) $\times 10^5$
0	-	-
5	1,59	6,24
10	0,81	6,04
15	0,82	5,41
20	0,55	5,14
25	0,45	4,87
30	0,35	4,73
35	0,30	4,67
40	0,26	4,63
45	0,45	4,46
50	0,38	4,19

Tabela de dados da Figura 4.2, para o corante marinho Cosmos Bezaktiv S-C.

Tempo de tingimento (min)	Concentração de corante na solução com reação química (g / mL) $\times 10^5$	Concentração de corante na solução sem reação química (g / mL) $\times 10^5$
0	-	-
5	3,24	10,00
10	2,64	9,73
15	2,44	9,53
20	2,00	9,41
25	2,14	9,23
30	1,72	9,06
35	1,45	8,83
40	1,44	8,71
45	1,81	8,56
50	1,50	8,37

Tabela de dados da Figura 4.3, para o corante laranja Cosmos Bezaktiv S-C.

Tempo de tingimento (min)	Concentração de corante na solução com reação química (g / mL) $\times 10^5$	Concentração de corante na solução sem reação química (g / mL) $\times 10^5$
0	-	-
5	1,89	9,16
10	1,25	8,98
15	1,04	8,90
20	0,89	8,68
25	0,80	8,56
30	0,71	8,51
35	0,70	8,44
40	0,72	8,26
45	0,56	7,83
50	0,56	7,69

Tabela de dados da Figura 4.4, para o corante vermelho Cosmos Bezaktiv S-C.

Tempo de tingimento (min)	Concentração experimental de corante na solução sem reação química (g / mL) $\times 10^5$	Concentração simulada de corante na solução sem reação química (g / mL) $\times 10^5$
0	20,00	19,97
5	6,24	7,16
10	6,04	5,04
15	5,41	4,43
20	5,14	4,26
25	4,87	4,21
30	4,73	4,19
35	4,67	4,19
40	4,63	4,19
45	4,46	4,19
50	4,19	4,19

Tabela de dados da Figura 4.5, para o corante marinho Cosmos Bezaktiv S-C.

Tempo de tingimento (min)	Concentração experimental de corante na solução sem reação química (g / mL) $\times 10^5$	Concentração simulada de corante na solução sem reação química (g / mL) $\times 10^5$
0	20	19,97
5	10,00	10,82
10	9,73	9,16
15	9,53	8,63
20	9,41	8,46
25	9,23	8,40
30	9,06	8,38
35	8,83	8,38
40	8,71	8,38
45	8,56	8,38
50	8,37	8,38

Tabela de dados da Figura 4.6, para o corante laranja Cosmos Bezaktiv S-C.

Tempo de tingimento (min)	Concentração experimental de corante na solução sem reação química (g / mL) $\times 10^5$	Concentração simulada de corante na solução sem reação química (g / mL) $\times 10^5$
0	20	19,97
5	9,16	9,88
10	8,98	8,28
15	8,90	7,85
20	8,68	7,73
25	8,56	7,70
30	8,51	7,69
35	8,44	7,69
40	8,27	7,69
45	7,83	7,69
50	7,69	7,69

ANEXO A

C Este programa aplica o método de Newton-Raphson para resolução de
C sistemas de equações não lineares.

C
C NOME E FUNÇÕES DAS VARIÁVEIS

C
C EX - Erro permitido
C E - Erro calculado
C X - Vetor que contem os valores das variáveis das
C equações
C VA - Valor que multiplica o valor de uma variável

C
C
C Implicit Real*8 (A-H,O-Z)
C Common t(30),Xmt(30),Xmeq,raio,npo,alfa
C DIMENSION X(10),F(10),E(10),AM(20,21)

C
C IC=0
C VA=1.001
C NP=1

c
c raio = raio do cilindro = a
c alfa = relação entre volume da solução por volume do cilindro

open(unit=11,file='arq.dat',status='old')
read(11,*)Xmeq,raio,alfa,npo
do 5 i=1,npo
5 Read(11,*) t(i),Xmt(i)
c
X(1)=1.0d-08
WRITE(*,20) X(1)
20 FORMAT(2X,' D', ' = ',E12.5)
EX=0.001
WRITE(*,'(/,2X,A,2X,F5.2)') 'Erro porcentual permitido',EX

C
C Determinação dos valores das funções

35 CALL SUBFUN (NP,X,F)
DO 40 I=1,NP
AM(I,NP+1)=-F(I)
40 CONTINUE
DO 50 J=1,NP
X(J)=X(J)*VA

C
C Determinação dos novos valores das funções

```
CALL SUBFUN (NP,X,F)
X(J)=X(J)/VA
DO 50 I=1,NP
c  write(*,*) x(j),f(i),am(i,np+1)
  AM(I,J)=(F(I)+AM(I,NP+1))/((VA-1.0)*X(J))
50  CONTINUE
C
C  Resolução do sistema de equações lineares
CALL GAUSS (NP,1,AM)
IC=IC+1
WRITE(*,*)
DO 70 I=1,NP
E(I)=AM(I,NP+1)*100.0/X(I)
X(I)=X(I)+AM(I,NP+1)
WRITE(*,60) I,X(I),E(I),F(I)
60  FORMAT(2X,I2,' X = ',e12.5,3X,'E = ',e12.5,3X,'F = ',e12.5)
70  CONTINUE
DO 80 I=1,NP
IF(ABS(E(I)).GT.EX) GO TO 35
80  CONTINUE
WRITE(*,90) IC
90  FORMAT(/,2X,' Convergiu em ',I3,' interacoes',/,/,2X,
* ' Valores obtidos: ')
DO 110 I=1,NP
WRITE(*,100) I,X(I)
100  FORMAT(2X,I2,' X', ' = ',e12.5)
110  CONTINUE
Call valor (X)
END
C
C
SUBROUTINE GAUSS(N,NS,A)
DOUBLE PRECISION A(20,21),X
N1=N+1
NT=N+NS
IF(N.EQ.1) GO TO 50
DO 40 I=2,N
IP=I-1
I1=IP
X=DABS(A(I1,I1))
DO 10 J=I,N
IF(DABS(A(J,I1)).LT.X) GO TO 10
X = DABS(A(J,I1))
IP=J
10  CONTINUE
IF(IP.EQ.I1) GO TO 30
```



```
DO 20 J=I1,NT
X = A(I1,J)
A(I1,J) = A(IP,J)
20 A(IP,J) = X
30 DO 40 J=I,N
X = A(J,I1)/A(I1,I1)
DO 40 K=I,NT
40 A(J,K) = A(J,K)-X*A(I1,K)
50 DO 70 IP=1,N
I = N1-IP
DO 70 K=N1,NT
A(I,K) = A(I,K)/A(I,I)
IF (I.EQ.1) GO TO 70
I1 = I-1
DO 60 J=1,I1
60 A(J,K) = A(J,K)-A(I,K)*A(J,I)
70 CONTINUE
RETURN
END
```

SUBROUTINE SUBFUN (NE,XN,FC)

```
c
Implicit Real*8 (A-H,O-Z)
Dimension xn(10),fc(10)
Common t(30),Xmt(30),Xmeq,raio,npo,alfa
```

```
c
aux1=raio*raio
somat=0.0
do 100 i=1,npo
n=0
soma=0.0
x1=0.001
x2=3.2
10 aux2=4.0*alfa*(1.0+alfa)
call bisec(x1,x2,qn)
x1=qn+0.05
x2=qn+3.2
aux3=4.0+4.0*alfa+alfa*alfa*qn*qn
aux4=exp(-xn(1)*qn*qn*t(i)/aux1)*qn*qn*t(i)/aux1
aux5=aux2*aux4/aux3
soma=soma-aux5
n=n+1
if(abs(aux5/soma)*100.gt.0.001) go to 10
c
n=0
```

```
soma1=0.0
x1=0.001
x2=3.2
20  aux2=4.0*alfa*(1.0+alfa)
    call bisec(x1,x2,qn)
    x1=qn+0.05
    x2=qn+3.2
    aux3=4.0+4.0*alfa+alfa*alfa*qn*qn
    aux4=exp(-xn(1)*qn*qn*t(i)/aux1)
    aux5=aux2*aux4/aux3
    soma1=soma1+aux5
    n=n+1
    if(abs(aux5/soma1)*100.gt.0.001) go to 20
c
    aux6=(Xmt(i)/Xmeq - 1.0 + soma1)
c
100 somat=somat+aux6*soma
c
    fc(NE)=somat
    return
    end

SUBROUTINE VALOR (XN)
c
    Implicit Real*8 (A-H,O-Z)
    Dimension xn(10)
    Common t(30),Xmt(30),Xmeq,raio,npo,alfa
c
    open(unit=12,file='sai.dat',status='unknown')
    aux1=raio*raio
    do 100 i=1,npo
c
        soma=0.0
        x1=0.001
        x2=3.2
20  aux2=4.0*alfa*(1.0+alfa)
    call bisec(x1,x2,qn)
    x1=qn+0.05
    x2=qn+3.2
    aux3=4.0+4.0*alfa+alfa*alfa*qn*qn
    aux4=exp(-xn(1)*qn*qn*t(i)/aux1)
    aux5=aux2*aux4/aux3
    soma=soma+aux5
    if(abs(aux5/soma)*100.gt.0.001) go to 20
c
c
```

```
    aux6=1.0 - soma
    write(12,*)t(i),Xmt(i)/Xmeq,aux6
    write(*,*)t(i),Xmt(i)/Xmeq,aux6
100 continue
c
    return
    end
c
c
Subroutine Bisec(x1,x2,rtbis)
IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
PARAMETER (JMAX=40)
call funqn(x2,f)
xacc=0.000001
fmid=f
call funqn(x1,f)
if(f*fmid.ge.0.) pause 'root must be bracketed in rtbis'
if(f.lt.0.)then
    rtbis=x1
    dx=x2-x1
else
    rtbis=x2
    dx=x1-x2
endif
do 11 j=1,JMAX
    dx=dx*.5
    xmid=rtbis+dx
    call funqn(xmid,f1)
    fmid=f1
    if(fmid.le.0.)rtbis=xmid
    if(abs(dx).lt.xacc .or. fmid.eq.0.0d0) return
11 continue
    pause 'too many bisections in rtbis'
END
C
SUBROUTINE funqn (X,F)
C
C    A SUBROTINA funqn APRESANTA AS FUNCOES OBTIDAS PELA MINIMIZACAO
E
C    SERA SEMPRE ACIONADA
C
IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
c
Common t(30),Xmt(30),Xmeq,raio,npo,alfa
c
f=alfa*x*bessj0(x)+2.0*bessj1(x)
```

c

```
RETURN
END
```

C

```
FUNCTION bessj0(x)
```

C Returns the Bessel function $J_0(x)$ for any real x .

```
IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
```

```
SAVE p1,p2,p3,p4,p5,q1,q2,q3,q4,q5,r1,r2,r3,r4,r5,r6,
* s1,s2,s3,s4,s5,s6
```

```
DATA p1,p2,p3,p4,p5/1.d0,-.1098628627d-2,.2734510407d-4,
* -.2073370639d-5,.2093887211d-6/, q1,q2,q3,q4,q5/-.1562499995d-1,
* .1430488765d-3,-.6911147651d-5,.7621095161d-6,-.934945152d-7/
```

```
DATA r1,r2,r3,r4,r5,r6/57568490574.d0,-13362590354.d0,
* 651619640.7d0,-11214424.18d0,77392.33017d0,-184.9052456d0/,
* s1,s2,s3,s4,s5,s6/57568490411.d0,1029532985.d0,
* 9494680.718d0,59272.64853d0,267.8532712d0,1.d0/
```

```
if(abs(x).lt.8.)then
```

```
y=x**2
```

```
bessj0=(r1+y*(r2+y*(r3+y*(r4+y*(r5+y*r6))))
```

```
* /(s1+y*(s2+y*(s3+y*(s4+y*(s5+y*s6))))
```

```
else
```

```
ax=abs(x)
```

```
z=8./ax
```

```
y=z**2
```

```
xx=ax-.785398164
```

```
bessj0=sqrt(.636619772/ax)*(cos(xx)*(p1+y*(p2+y*(p3+y*(p4+y*p5))))
```

```
* -z*sin(xx)*(q1+y*(q2+y*(q3+y*(q4+y*q5))))
```

```
endif
```

```
return
```

```
END
```

```
FUNCTION bessj1(x)
```

```
IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
```

c Returns the Bessel function $J_1(x)$ for any real x .

```
SAVE p1,p2,p3,p4,p5,q1,q2,q3,q4,q5,r1,r2,r3,r4,r5,r6,
```

```
* s1,s2,s3,s4,s5,s6
```

```
DATA r1,r2,r3,r4,r5,r6/72362614232.d0,-7895059235.d0,
```

```
* 242396853.1d0,-2972611.439d0,15704.48260d0,-30.16036606d0/,
```

```
* s1,s2,s3,s4,s5,s6/144725228442.d0,2300535178.d0,
```

```
* 18583304.74d0,99447.43394d0,376.9991397d0,1.d0/
```

```
DATA p1,p2,p3,p4,p5/1.d0,.183105d-2,-.3516396496d-4,
```

```
* .2457520174d-5,-.240337019d-6/, q1,q2,q3,q4,q5/.04687499995d0,
```

```
* -.2002690873d-3,.8449199096d-5,-.88228987d-6,.105787412d-6/
```

```
if(abs(x).lt.8.)then
```

```
y=x**2
```

```
bessj1=x*(r1+y*(r2+y*(r3+y*(r4+y*(r5+y*r6))))
```

```
* /(s1+y*(s2+y*(s3+y*(s4+y*(s5+y*s6))))
else
ax=abs(x)
z=8./ax
y=z**2
xx=ax-2.356194491
bessj1=sqrt(.636619772/ax)*(cos(xx)*(p1+y*(p2+y*(p3+y*(p4+y
* *p5))))-z*sin(xx)*(q1+y*(q2+y*(q3+y*(q4+y*q5))))
* *sign(1.,x)
endif
return
end
```

ANEXO B

FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS
De acordo com a ABNT NBR 14725:2012



VERMELHO BEZAKTIV COSMOS S-C

Revisão: 01

Data de Revisão: 16/04/2013

1 IDENTIFICAÇÃO:

Nome comercial: VERMELHO BEZAKTIV COSMOS S-C

Principais usos recomendados para a mistura: Corante reativo

Fabricante/fornecedor:

CHT BRASIL QUÍMICA LTDA

Av. Jordano Mendes, n.º 980 - Jordanésia/ Cajamar – SP

Fone emergência: 08000111767/ 08007071767

e-mail: vendas@chtbr.com.br

TEL: (11) 3318-8911

FAX: (11) 3318-8919

2 IDENTIFICAÇÃO DE PERIGO:

SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO UTILIZADO:

NORMA ABNT NBR 14725 - Parte 2

Adoção do sistema Globalmente Harmonizado para classificação e Rotulagem de Produtos Químicos.

CLASSIFICAÇÃO DA SUBSTÂNCIA OU MISTURA:

Danos a Saúde:

Produto químico não classificado como perigoso

Danos Físicos e químicos:

Produto químico não classificado como perigoso

Danos ao meio ambiente:

Produto químico não classificado como perigoso

Elementos apropriados para rotulagem:

Frases de perigo: Produto químico não classificado como perigoso de acordo com ABNT NBR 14725-2

Frases de Precaução:

P301 EM CASO DE INGESTÃO: Enxágue a boca. Consultar o médico e levar a FISPQ.

P305+P351+P338 EM CASO DE CONTATO COM OS OLHOS: Enxágue cuidadosamente com água durante vários minutos. No caso de uso de lentes de contato, remova-as, se for fácil. Continue enxaguando.

Continue enxaguando.

P302 SE ENTRAR EM CONTATO COM A PELE: lavar com água e sabão.

P234+P410 Mantenha em local fresco. Mantenha ao abrigo da luz solar.

Outras Informações

Usar luva de proteção tipo PVC, vestuário de proteção, proteção ocular, proteção facial adequada. Proteger de geada e de temperaturas acima de 40°C. Não descarte diretamente no meio ambiente. Tratamento e disposição conforme regulamento dos serviços públicos.

3 COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÃO SOBRE INGREDIENTES:

CORANTE REATIVO (Mistura)

Ingredientes que contribuem para os perigos:

Produto químico não classificado como perigoso de acordo com ABNT NBR 14725-2

4 MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS:

Após inalação:

Remova pessoa para local ventilado e mantenha em repouso numa posição que não dificulte a respiração. No caso de problemas prolongados consulte um médico e leve esta FISPQ em mãos.

Após o contato com a pele:

Retire as vestes contaminadas lavando as partes atingidas com água em abundância.

Após o contato com os olhos:

Enxaguar os olhos com as pálpebras abertas em água corrente durante alguns minutos. Como precaução, procurar tratamento médico.

Após a ingestão:

Lavar a boca com água. Consultar um médico tendo em mãos esta FISPQ.

5 MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO:

Meios de extinção

Apropriados: jato de água ou pó extintor. Combater fogos maiores com jato de espuma.

Não recomendados: Dióxido de carbono (CO₂)

Perigos específicos da mistura ou substância:

Não deve ser direcionada água diretamente sobre o produto em chamas, pois este poderá espalhar-se aumentando a intensidade do fogo.

Medidas de proteção da equipe de combate a incêndio:

Colocar máscara de respiração autônoma. Não ficar na zona de perigo sem aparelhos respiratórios autônomos apropriados para respiração independente do ambiente. De forma a evitar o contato com a pele, mantenha uma distância de segurança e utilize vestuário protetor adequado.

Outras indicações:

Evitar contaminação da água de superfície ou a água subterrânea com a água de extinção.

Conter os gases/ vapores/ névoas com jatos de água.

Os resíduos do incêndio, assim como a água de extinção contaminada, devem ser eliminados de acordo com a legislação em vigor.

6 MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO:

Precauções pessoais, equipamento de proteção e procedimentos de emergência:

Para o pessoal que não faz parte dos serviços de emergência:

Produto não classificado. Se necessário e possível, conter o vazamento e proceder com a limpeza, utilizando métodos e materiais adequados para a contenção. Para grandes volumes, recomendado que as medidas sejam efetuadas por pessoas treinadas.

Para o pessoal do serviço de emergência:

Produto não classificado como perigoso. Em caso de derramamento ou vazamento utilizar EPI conforme seção 8.

Precauções ao meio ambiente:

Evite que o produto derramado atinja cursos d'água e rede de esgoto.

Métodos e materiais para contenção e limpeza:

Fechar os drenos, risco de entupimento e colete o produto derramado e coloque em recipientes apropriados, evite limpar com água, o produto junta mente com água pode formar uma superfície escorregadia, evite formação de poeira. Coloque o material recolhido em recipiente apropriado e remova-o para local seguro. Destine todo o resíduo de acordo com a legislação em vigor.

Não descarte diretamente no meio ambiente ou na rede de esgoto. A água de diluição proveniente da limpeza pode causar poluição. Para destinação final proceder conforme seção 13.

7 MANUSEIO E ARMAZENAGEM:

Medidas técnicas apropriadas para o manuseio

Precauções para o manuseio seguro

Evite contato com pele, olhos e roupas. Use equipamento de proteção individual indicado na seção 8. Manuseie em uma área ventilada ou com sistema geral de ventilação/ exaustão local.

Medidas de higiene

Não coma, beba ou fume durante o manuseio do produto. Lave bem as mãos antes de beber, comer, fumar ou ir ao banheiro. Roupas contaminadas devem ser trocadas e lavadas antes de sua reutilização.

Condições de armazenamento seguro, incluindo qualquer incompatibilidade

Prevenção de incêndio ou explosão:

Não são necessárias medidas especiais contra incêndio.

Condições Adequadas:

Mantenha o produto em sua embalagem original e em local fresco, seco, ao abrigo da luz solar direta. Mantenha os recipientes bem fechados. Armazene afastado de alimentos e fora do alcance de crianças.

Proteger de geada e de temperaturas acima de 40 °C.

Embalagens compatíveis: recomendado polipropileno

Produtos e materiais incompatíveis: Não são necessárias medidas especiais.

Material seguro para tubulações: recomendado aço inox 316 L.

Avisos para armazenar em conjunto: Não são necessárias medidas especiais.

8 CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL:

Parâmetros de controle

Limites de exposição ocupacional:

Poeira Total – Quantidade de poeira inalada MAK (Alemanha) 4 mg/ m³

Medidas de controle de engenharia

Promova ventilação combinada com exaustão local se houver possibilidade de ocorrer formação de vapores ou nevoas.

Proteção respiratória: Não são necessárias medidas especiais.

Proteção das mãos: Luvas de proteção tipo PVC.

Proteção dos olhos: Óculos de proteção.

Proteção de pele e corpo: vestuário protetor adequado.

Perigos térmicos: Não apresenta perigos térmicos.

9 PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

Aspecto: Pó Vermelho

Odor e limite de odor: Característico

pH (10 g/L): 5,0 – 8,0

Ponto de fusão: não aplicável

Ponto de ebulição/ intervalo de ebulição: não disponível

Ponto de fulgor: não aplicável

Taxa de evaporação: não disponível

Inflamabilidade: não aplicável

Limite inferior de inflamabilidade ou explosividade: não aplicável

Limite superior de inflamabilidade ou explosividade: não aplicável

Pressão do vapor: não disponível

Densidade relativa de vapor: não disponível

Densidade: não disponível

Solubilidade em água: 150 g/l a 20 °C

Coefficiente de partição n-octano/ água: não disponível

Temperatura de auto-ignição: não aplicável

Temperatura de decomposição: não aplicável

Viscosidade (cP): não aplicável

10 ESTABILIDADE E REATIVIDADE:

Reatividade

Estabilidade química: Estável sob condições usuais de manuseio e armazenamento.

Possibilidades de reações perigosas: Vide seção 7.

Condições a serem evitadas: Vide seção 7.

Materiais ou substâncias incompatíveis: Vide seção 7.

Produtos perigosos da decomposição: vide seção 5.

11 INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS:

Informações de acordo com as diferentes vias de exposição:

Toxicidade aguda: Via oral LD50 Oral: > 2.000 mg/kg Espécies: ratazana (FISPQ MP, argumento por analogia)

Corrosão/ irritação da pele Não provoca irritação da pele. (FISPQ MP, argumento por analogia)

Lesões oculares graves: irritação ocular: Não irrita os olhos. (FISPQ MP, argumento por analogia)

Sensibilização respiratória ou da pele: Não são conhecidos efeitos do produto ou dos seus ingredientes (argumento por analogia)

Mutagenicidade em células germinativas: Não são conhecidos efeitos sobre atividade mutagênica ou teratogênica (argumento por analogia)

Carcinogenicidade: Não são conhecidos efeitos sobre atividade carcinogênica (argumento por analogia)

Toxicidade a reprodução e lactação: Não são conhecidos efeitos do produto ou dos seus ingredientes. (argumento por analogia)

Toxicidade sistêmica para certos órgãos-alvos/ exposição única: Não são conhecidos efeitos do produto ou dos seus ingredientes. (argumento por analogia)

Toxicidade sistêmica para órgãos-alvo específico/ exposições repetidas: Não são conhecidos efeitos do produto ou dos seus ingredientes. (argumento por analogia)

Perigo por aspiração: Não são conhecidos efeitos do produto ou dos seus ingredientes. (argumento por analogia)

Avisos adicionais de toxicologia: Os dados toxicológicos sobre este produto não foram determinados experimentalmente. Os valores foram deduzidos por avaliação ou exame de resultados de fornecedor de matéria prima e esta baseado em perfis de materiais de composição similar.

12 INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS:

Efeitos ambientais, comportamentos e impactos do produto.

Ecotoxicidade:

Toxicidade em **peixe:** CL50: > 100 mg/l Duração da exposição: 96 h Espécies: *Leuciscus idus* (Carpa dourada) Método: OECD TG 203 . (argumento por analogia)

Toxicidade em **Daphnias e outros invertebrados aquáticos:** Sua toxidez aquática não é conhecida. (argumento por analogia)

Toxicidade em **Algas:** Sua toxidez aquática não é conhecida. (argumento por analogia)

Persistência e degradabilidade: Devido à sua composição, os corantes são dificilmente biodegradáveis nas condições normais das estações de tratamento de águas.

Eliminação: 20 - 50 % Método: método estático (Fotometria) É possível eliminar mais de 95 % dos corantes do desperdício com produtos catiônicos de condensação amidas. (argumento por analogia)

Potencial bioacumulativo: Não se acumula nos organismos. (argumento por analogia)

Mobilidade do solo: Não são disponíveis dados de mobilidade no solo para os ingredientes e mistura. (argumento por analogia)

Outros avisos ecológicos:

AOX aviso: Informação sobre AOX: < 0,1%

13 CONSIDERAÇÕES SOBRE DESTINAÇÃO FINAL

Métodos recomendados para destinação final.

Produto: se não for possível reutilizar ou reciclar o produto, eliminá-lo segundo as prescrições e instruções locais aplicáveis (ex: incineração em local adequado).

Não se pode evacuar conjuntamente com o lixo doméstico.

Restos de produtos: manter restos de produtos em suas embalagens originais, devidamente fechada e identificada. Encaminhar para tratamento de resíduo adequado.

Embalagens usadas: Não reutilize embalagens vazias. Estas podem conter restos do produto. Devem ser encaminhadas para descarte apropriado.

Recomendação: Tratamento conforme regulamento dos serviços públicos.

Os EPI's utilizados no manuseio devem ser os mesmos que os mencionados na seção 8.

14 **INFORMAÇÕES SOBRE TRANSPORTE:**

Regulamentações específicas para o produto químico.

Transporte terrestre/ outras indicações:

Produto não regulamentado para transporte terrestre.

Transporte Marítimo (IMDG):

Produto não regulamentado para transporte Marítimo.

Transporte Aéreo(ICAO-TI / IATA-DGR):

Produto não regulamentado para transporte Via aéreo.

Perigo ao meio ambiente: Não é esperado que cause perigo ao meio ambiente.

15 **INFORMAÇÕES SOBRE REGULAMENTAÇÕES:**

Regulamentações específicas de segurança, saúde e meio ambiente para o produto químico.

As informações descritas neste documento foram deduzidas por avaliação de resultados da substância com maior grau de risco e em maior quantidade dentro da mistura.

NR - Normas Regulamentadoras Relativas à Segurança e Medicina do Trabalho – 4ª Edição.

Portaria nº 229, 24 de Maio de 2011 – Altera a Norma Regulamentadora nº26

NBR ABNT 14725/2009 – Produtos químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente - Partes 1,2 e 4 – Versão corrigida 2:2010

NBR ABNT 14725/2012 – Produtos químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente – Partes 3 – Rotulagem.

16 **OUTRAS INFORMAÇÕES:**

Essa FISPQ foi elaborada baseada nos conhecimentos atuais do produto químico e fornece informações quanto à proteção, à segurança, à saúde e ao meio ambiente. As informações referem-se apenas ao produto designado e, a menos que tal seja especificado no texto, pode não ser válida se o mesmo produto for utilizado em qualquer combinação com outros produtos ou processos.

TLV - Threshold limit values TWA - Time Weighted Average

OECD - Organization for Economic Cooperation and Development

DIN - Deutsches Institut für Normung

AOX - Absorbable Organic Halogens

IMDG - International Maritime Dangerous Goods Code

ICAO - TI - International Civil Aviation Organization - Technical Instructions

IATA - DGR - International Air Transport Association - Dangerous Goods Regulations

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CAS – Chemical Abstracts Service

IMO - (International Maritime Organization).

Natureza da modificação: Adequação GHS.

FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS
De acordo com a ABNT NBR 14725:2012



MARINHO BEZAKTIV COSMOS S-C

Revisão: 01

Data de Revisão: 08/04/2013

1 IDENTIFICAÇÃO:

Nome comercial: MARINHO COSMOS BEZAKTIV S-C

Principais usos recomendados para a mistura: Corante reativo

Fabricante/fornecedor:

CHT BRASIL QUÍMICA LTDA

Av. Jordano Mendes, n.º 980 - Jordanésia/ Cajamar – SP

Fone emergência: 08000111767/ 08007071767

e-mail: vendas@chtbr.com.br

TEL: (11) 3318-8911

FAX: (11) 3318-8919

2 IDENTIFICAÇÃO DE PERIGO:

SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO UTILIZADO:

NORMA ABNT NBR 14725 - Parte 2

Adoção do sistema Globalmente Harmonizado para classificação e Rotulagem de Produtos Químicos.

CLASSIFICAÇÃO DA SUBSTÂNCIA OU MISTURA:

Danos a Saúde:

Sensibilização à pele – Categoria 1

Danos Físicos e químicos:

Produto químico não classificado como perigoso

Danos ao meio ambiente:

Produto químico não classificado como perigoso

Elementos apropriados para rotulagem:



Palavra de advertência: ATENÇÃO

Frases de perigo:

H317 Pode Provocar reações alérgicas na pele.

Frases de Precaução:

P261 Evite Inalar as poeiras/fumos/gases/névoas/vapores/aerossóis.

P280 Use luvas de proteção/roupa de proteção/proteção ocular/proteção facial.
P302+P352 EM CASO DE CONTATO COM A PELE: Lave com água e sabão em abundância.
P321 Tratamento específico consulte um médico

Outras Informações

Proteger de geada e de temperaturas acima de 40°C. Não descarte diretamente no meio ambiente. Tratamento e disposição conforme regulamento dos serviços públicos.

3 COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÃO SOBRE INGREDIENTES:

CORANTE REATIVO (Mistura)

Ingredientes que contribuem para os perigos:

Contém Compostos Reativos 65,0 – 80,0%

4 MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS:

Após inalação:

Remova pessoa para local ventilado e mantenha em repouso numa posição que não dificulte a respiração. No caso de problemas prolongados consulte um médico e leve esta FISPQ em mãos.

Após o contato com a pele:

Retire as vestes contaminadas lavando as partes atingidas com água em abundância.

Após o contato com os olhos:

Enxaguar os olhos com as pálpebras abertas em água corrente durante alguns minutos. Como precaução, procurar tratamento médico.

Após a ingestão:

Lavar a boca com água. Consultar um médico tendo em mãos esta FISPQ.

5 MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO:

Meios de extinção

Apropriados: jato de água ou pó extintor. Combater fogos maiores com jato de espuma.

Não recomendados: Dióxido de carbono (CO₂)

Perigos específicos da mistura ou substância:

Não deve ser direcionada água diretamente sobre o produto em chamas, pois este poderá espalhar-se aumentando a intensidade do fogo.

Medidas de proteção da equipe de combate a incêndio:

Colocar máscara de respiração autônoma. Não ficar na zona de perigo sem aparelhos respiratórios autônomos apropriados para respiração independente do ambiente. De forma a evitar o contato com a pele, mantenha uma distância de segurança e utilize vestuário protetor adequado.

Outras indicações:

Evitar contaminação da água de superfície ou a água subterrânea com a água de extinção.

Conter os gases/ vapores/ névoas com jatos de água.

Os resíduos do incêndio, assim como a água de extinção contaminada, devem ser eliminados de acordo com a legislação em vigor.

6 MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO:

Precauções pessoais, equipamento de proteção e procedimentos de emergência:

Para o pessoal que não faz parte dos serviços de emergência:

Se necessário e possível, conter o vazamento e proceder com a limpeza, utilizando métodos e materiais adequados para a contenção. Para grandes volumes, recomendado que as medidas sejam efetuadas por pessoas treinadas.

Para o pessoal do serviço de emergência:

Em caso de derramamento ou vazamento utilizar EPI conforme seção 8.

Precauções ao meio ambiente:

Evite que o produto derramado atinja cursos d'água e rede de esgoto.

Métodos e materiais para contenção e limpeza:

Fechar os drenos, risco de entupimento e colete o produto derramado e coloque em recipientes apropriados, evite limpar com água, o produto junta mente com água pode formar uma superfície escorregadia, evite formação de poeira. Coloque o material recolhido em recipiente apropriado e remova-o para local seguro. Destine todo o resíduo de acordo com a legislação em vigor.

Não descarte diretamente no meio ambiente ou na rede de esgoto. A água de diluição proveniente da limpeza pode causar poluição. Para destinação final proceder conforme seção 13.

7 MANUSEIO E ARMAZENAGEM:

Medidas técnicas apropriadas para o manuseio Precauções para o manuseio seguro

Evite contato com pele, olhos e roupas. Use equipamento de proteção individual indicado na seção 8. Manuseie em uma área ventilada ou com sistema geral de ventilação/ exaustão local.

Medidas de higiene

Não coma, beba ou fume durante o manuseio do produto. Lave bem as mãos antes de beber, comer, fumar ou ir ao banheiro. Roupas contaminadas devem ser trocadas e lavadas antes de sua reutilização.

Condições de armazenamento seguro, incluindo qualquer incompatibilidade

Prevenção de incêndio ou explosão:

Não são necessárias medidas especiais contra incêndio.

Condições Adequadas:

Mantenha o produto em sua embalagem original e em local fresco, seco, ao abrigo da luz solar direta. Mantenha os recipientes bem fechados. Armazene afastado de alimentos e fora do alcance de crianças.

Proteger de geada e de temperaturas acima de 40 °C.

Embalagens combatíveis: recomendado polipropileno

Produtos e materiais incompatíveis: Não são necessárias medidas especiais.

Material seguro para tubulações: recomendado aço inox 316 L.

Avisos para armazenar em conjunto: Não são necessárias medidas especiais

8 CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL:

Parâmetros de controle

Limites de exposição ocupacional:

Poeira Total – Quantidade de poeira inalada MAK (Alemanha) 4 mg/ m³

Medidas de controle de engenharia

Promova ventilação combinada com exaustão local se houver possibilidade de ocorrer formação de vapores ou nevoas.

Proteção respiratória: Não são necessárias medidas especiais.

Proteção das mãos: Luvas de proteção tipo PVC.

Proteção dos olhos: Óculos de proteção.

Proteção de pele e corpo: vestuário protetor adequado.

Perigos térmicos: Não apresenta perigos térmicos.

9 PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

Aspecto: Pó Azul

Odor: Característico

pH (10 g/L): 6,0 – 8,0

Ponto de fusão: não aplicável

Ponto de ebulição/ intervalo de ebulição: não disponível

Ponto de fulgor: não aplicável

Taxa de evaporação: não disponível

Inflamabilidade não aplicável

Limite inferior de inflamabilidade ou explosividade: não aplicável

Limite superior de inflamabilidade ou explosividade: não aplicável

Pressão do vapor: não disponível

Densidade relativa de vapor: não disponível

Densidade: não disponível

Solubilidade em água: 100 g/l a 20 °C

Coefficiente de partição n-octano/ água: não disponível

Temperatura de auto-ignição: não aplicável

Temperatura de decomposição: não aplicável

Viscosidade (cP): não aplicável

10 ESTABILIDADE E REATIVIDADE:

Reatividade

Estabilidade química: Estável sob condições usuais de manuseio e armazenamento.

Possibilidades de reações perigosas: Vide seção 7.

Condições a serem evitadas: Vide seção 7.

Materiais ou substâncias incompatíveis : Vide seção 7.

Produtos perigosos da decomposição: vide seção 5.

11 INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS:

Informações de acordo com as diferentes vias de exposição:

Toxicidade aguda: Via oral LD50 Oral: > 2.000 mg/kg Espécies: ratazana (FISPQ MP, argumento por analogia)

Corrosão/ irritação da pele Não provoca irritação da pele . (FISPQ MP, argumento por analogia)

Lesões oculares graves: irritação ocular: Não provoca irritação. (FISPQ MP, argumento por analogia)

Sensibilização respiratória ou da pele: Pode causar sensibilização por inalação e em contato com a pele (argumento por analogia)

Mutagenicidade em células germinativas: Não são conhecidos efeitos sobre atividade mutagênica ou teratogênica (argumento por analogia)

Carcinogenicidade: Não são conhecidos efeitos sobre atividade carcinogênica (argumento por analogia)

Toxicidade a reprodução e lactação: Não são conhecidos efeitos do produto ou dos seus ingredientes. (argumento por analogia)

Toxicidade sistêmica para certos órgãos-alvos/ exposição única: Não são conhecidos efeitos do produto ou dos seus ingredientes. (argumento por analogia)

Toxicidade sistêmica para órgãos-alvo específico/ exposições repetidas: Não são conhecidos efeitos do produto ou dos seus ingredientes. (argumento por analogia)

Perigo por aspiração: Não são conhecidos efeitos do produto ou dos seus ingredientes. (argumento por analogia)

Avisos adicionais de toxicologia: Os dados toxicológicos sobre este produto não foram determinados experimentalmente. Os valores foram deduzidos por avaliação ou exame de resultados de fornecedor de matéria prima e esta baseado em perfis de materiais de composição similar.

12 INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS:

Efeitos ambientais, comportamentos e impactos do produto.

Ecotoxicidade:

Toxicidade em **peixe:** CL50: > 100 mg/l Duração da exposição: 96 h Espécies: *Leuciscus idus* (Carpa dourada) Método: OECD TG 203 . (argumento por analogia)

Toxicidade em **Daphnias e outros invertebrados aquáticos:** Sua toxidez aquática não é conhecida. (argumento por analogia)

Toxicidade em **Algas:** Sua toxidez aquática não é conhecida. (argumento por analogia)

Persistência e degradabilidade: Devido à sua composição, os corantes são dificilmente biodegradáveis nas condições normais das estações de tratamento de águas.

Eliminação: 20 - 50 % Método: método estático (Fotometria) É possível eliminar mais de 95 % dos corantes do desperdício com produtos catiônicos de condensação amidas. (argumento por analogia)

Potencial bioacumulativo: Não se acumula nos organismos. (argumento por analogia)

Mobilidade do solo: Não são disponíveis dados de mobilidade no solo para os ingredientes e mistura. (argumento por analogia)

Outros avisos ecológicos:

AOX aviso: Informação sobre AOX: < 0,1%

13 CONSIDERAÇÕES SOBRE DESTINAÇÃO FINAL

Métodos recomendados para destinação final.

Produto: se não for possível reutilizar ou reciclar o produto, eliminá-lo segundo as prescrições e instruções locais aplicáveis (ex: incineração em local adequado).

Não se pode evacuar conjuntamente com o lixo doméstico.

Restos de produtos: manter restos de produtos em suas embalagens originais, devidamente fechada e identificada. Encaminhar para tratamento de resíduo adequado.

Embalagens usadas: Não reutilize embalagens vazias. Estas podem conter restos do produto. Devem ser encaminhadas para descarte apropriado.

Recomendação: Tratamento conforme regulamento dos serviços públicos.

Os EPI's utilizados no manuseio devem ser os mesmos que os mencionados na seção 8.

14 INFORMAÇÕES SOBRE TRANSPORTE:

Regulamentações específicas para o produto químico. Transporte terrestre/ outras indicações:

Produto não regulamentado para transporte terrestre

Transporte Marítimo (IMDG):

Produto não regulamentado para transporte Marítimo.

Transporte Aéreo(ICAO-TI / IATA-DGR):

Produto não regulamentado para transporte Via aéreo.

Perigo ao meio ambiente: Não é esperado que cause perigo ao meio ambiente.

15 INFORMAÇÕES SOBRE REGULAMENTAÇÕES:

Regulamentações específicas de segurança, saúde e meio ambiente para o produto químico.

As informações descritas neste documento foram deduzidas por avaliação de resultados da substância com maior grau de risco e em maior quantidade dentro da mistura.

NR - Normas Regulamentadoras Relativas à Segurança e Medicina do Trabalho – 4ªEdição.

Portaria nº 229, 24 de Maio de 2011 – Altera a Norma Regulamentadora nº26

NBR ABNT 14725/2009 – Produtos químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente - Partes 1,2 e 4 – Versão corrigida 2:2010

NBR ABNT 14725/2012 – Produtos químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente – Partes 3 – Rotulagem.

16 OUTRAS INFORMAÇÕES:

Essa FISPQ foi elaborada baseada nos conhecimentos atuais do produto químico e fornece informações quanto à proteção, à segurança, à saúde e ao meio ambiente. As informações referem-se apenas ao produto designado e, a menos que tal seja especificado no texto, pode não ser válida se o mesmo produto for utilizado em qualquer combinação com outros produtos ou processos.

TLV - Threshold limit values TWA - Time Weighted Average

OECD - Organization for Economic Cooperation and Development

DIN - Deutsches Institut für Normung

AOX - Absorbable Organic Halogens

IMDG - International Maritime Dangerous Goods Code

ICAO - TI - International Civil Aviation Organization - Technical Instructions

IATA - DGR - International Air Transport Association - Dangerous Goods Regulations

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CAS – Chemical Abstracts Service

IMO - (International Maritime Organization).

Natureza da modificação: Adequação GHS.

FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTOS QUÍMICOS
De acordo com a ABNT NBR 14725:2012



LARANJA BEZAKTIV COSMOS S-C

Revisão: 01

Data de Revisão: 23/04/2013

1 IDENTIFICAÇÃO:

Nome comercial: LARANJA BEZAKTIV COSMOS S-C

Principais usos recomendados para a mistura: Corante reativo

Fabricante/fornecedor:

CHT BRASIL QUÍMICA LTDA

Av. Jordano Mendes, n.º 980 - Jordanésia/ Cajamar - SP

Fone emergência: 08007071767

e-mail: vendas@chtbr.com.br

TEL: (11) 3318-8911

FAX: (11) 3318-8919

2 IDENTIFICAÇÃO DE PERIGO:

SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO UTILIZADO:

NORMA ABNT NBR 14725 - Parte 2

Adoção do sistema Globalmente Harmonizado para classificação e Rotulagem de Produtos Químicos.

CLASSIFICAÇÃO DA SUBSTÂNCIA OU MISTURA:

Danos a Saúde:

Lesões oculares graves / irritação ocular – Categoria 1

Danos Físicos e químicos:

Produto químico não classificado como perigoso

Danos ao meio ambiente:

Produto químico não classificado como perigoso

Elementos apropriados para rotulagem:



Palavra de advertência: PERIGO

Frases de perigo:

H318 Provoca lesões oculares graves.

Frases de Precaução:

P280 Use luvas de proteção/roupa de proteção/proteção ocular/proteção facial.

P305+P351+P338 EM CASO DE CONTATO COM OS OLHOS: Enxágue cuidadosamente com água durante vários minutos. No caso de uso de lentes de contato, remova-as, se for fácil. Continue enxaguando.

Outras Informações

Proteger de geada e de temperaturas acima de 40°C. Não descarte diretamente no meio ambiente. Tratamento e disposição conforme regulamento dos serviços públicos.

3 COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÃO SOBRE INGREDIENTES:

CORANTE REATIVO (Mistura)

Ingredientes que contribuem para os perigos:

Contém: 2,4-diamino-3-[4-(2- sulfonatoetoxissulfo-nil)fenilazol]-5-[4-(2-sulfonatoetoxissulfonyl)-2-sulfonatofenilazo]-benzenosulfonato de potássio/sódio (55,0 – 70,0 %)

4 MEDIDAS DE PRIMEIROS SOCORROS:

Após inalação:

Remova pessoa para local ventilado e mantenha em repouso numa posição que não dificulte a respiração. No caso de problemas prolongados consulte um médico e leve esta FISPQ em mãos.

Após o contato com a pele:

Retire as vestes contaminadas lavando as partes atingidas com água em abundância.

Após o contato com os olhos:

Enxaguar os olhos com as pálpebras abertas em água corrente durante alguns minutos. Como precaução, procurar tratamento médico.

Após a ingestão:

Lavar a boca com água. Consultar um médico tendo em mãos esta FISPQ.

5 MEDIDAS DE COMBATE A INCÊNDIO:

Meios de extinção

Apropriados: jato de água ou pó extintor. Combater fogos maiores com jato de espuma.

Não recomendados: Dióxido de carbono (CO₂)

Perigos específicos da mistura ou substância:

Não deve ser direcionada água diretamente sobre o produto em chamas, pois este poderá espalhar-se aumentando a intensidade do fogo.

Medidas de proteção da equipe de combate a incêndio:

Colocar máscara de respiração autônoma. Não ficar na zona de perigo sem aparelhos respiratórios autônomos apropriados para respiração independente do ambiente. De forma a evitar o contato com a pele, mantenha uma distância de segurança e utilize vestuário protetor adequado.

Outras indicações:

Evitar contaminação da água de superfície ou a água subterrânea com a água de extinção.

Conter os gases/ vapores/ névoas com jatos de água.

Os resíduos do incêndio, assim como a água de extinção contaminada, devem ser eliminados de acordo com a legislação em vigor.

6 MEDIDAS DE CONTROLE PARA DERRAMAMENTO OU VAZAMENTO:

Precauções pessoais, equipamento de proteção e procedimentos de emergência:

Para o pessoal que não faz parte dos serviços de emergência:

Se necessário e possível, conter o vazamento e proceder com a limpeza, utilizando métodos e materiais adequados para a contenção. Para grandes volumes, recomendado que as medidas sejam efetuadas por pessoas treinadas.

Para o pessoal do serviço de emergência:

Em caso de derramamento ou vazamento utilizar EPI conforme seção 8.

Precauções ao meio ambiente: Evite que o produto derramado atinja cursos d'água e rede de esgoto.

Métodos e materiais para contenção e limpeza:

Fechar os drenos, risco de entupimento e colete o produto derramado e coloque em recipientes apropriados, evite limpar com água, o produto junta mente com água pode formar uma superfície escorregadia, evite formação de poeira. Coloque o material recolhido em recipiente apropriado e remova-o para local seguro. Destine todo o resíduo de acordo com a legislação em vigor. Não descarte diretamente no meio ambiente ou na rede de esgoto. A água de diluição proveniente da limpeza pode causar poluição. Para destinação final proceder conforme seção 13.

7 MANUSEIO E ARMAZENAGEM:

Medidas técnicas apropriadas para o manuseio Precauções para o manuseio seguro

Evite contato com pele, olhos e roupas. Use equipamento de proteção individual indicado na seção 8. Manuseie em uma área ventilada ou com sistema geral de ventilação/ exaustão local.

Medidas de higiene

Não coma, beba ou fume durante o manuseio do produto. Lave bem as mãos antes de beber, comer, fumar ou ir ao banheiro. Roupas contaminadas devem ser trocadas e lavadas antes de sua reutilização.

Condições de armazenamento seguro, incluindo qualquer incompatibilidade

Prevenção de incêndio ou explosão:

Não são necessárias medidas especiais contra incêndio.

Condições Adequadas:

Mantenha o produto em sua embalagem original e em local fresco, seco, ao abrigo da luz solar direta. Mantenha os recipientes bem fechados. Armazene afastado de alimentos e fora do alcance de crianças.

Proteger de geada e de temperaturas acima de 40 °C.

Embalagens combatíveis: recomendado polipropileno

Produtos e materiais incompatíveis: Não são necessárias medidas especiais.

Material seguro para tubulações: recomendado aço inox 316 L.

Avisos para armazenar em conjunto: Não são necessárias medidas especiais.

8 CONTROLE DE EXPOSIÇÃO E PROTEÇÃO INDIVIDUAL:

Parâmetros de controle

Limites de exposição ocupacional:

Poeira Total – Quantidade de poeira inalada MAK (Alemanha) 4 mg/ m³

Medidas de controle de engenharia

Promova ventilação combinada com exaustão local se houver possibilidade de ocorrer formação de vapores ou nevoas.

Proteção respiratória: proteção respiratória com filtro para gases ácidos, gás sulfídrico, amônia, metil amina e vapores orgânicos, em caso de arejamento insuficiente ou em caso de formação de vapores/aerossol.

Proteção das mãos: Luvas de proteção tipo PVC.

Proteção dos olhos: Óculos de proteção adequados.

Proteção de pele e corpo: vestuário protetor adequado.

Perigos térmicos: Não apresenta perigos térmicos.

9 PROPRIEDADES FÍSICAS E QUÍMICAS

Aspecto: Pó Laranja

Odor: Característico

pH (10 g/L): 5,0 – 8,0

Ponto de fusão: não aplicável

Ponto de ebulição/ intervalo de ebulição: não disponível

Ponto de fulgor: não aplicável

Taxa de evaporação: não disponível

Inflamabilidade não aplicável

Limite inferior de inflamabilidade ou explosividade: não aplicável

Limite superior de inflamabilidade ou explosividade: não aplicável

Pressão do vapor: não disponível

Densidade relativa de vapor: não disponível

Densidade: não disponível

Solubilidade em água: 150 g/l a 20 °C

Coefficiente de partição n-octano/ água: não disponível

Temperatura de auto-ignição: não aplicável

Temperatura de decomposição: não aplicável

Viscosidade (cP): não aplicável

10 ESTABILIDADE E REATIVIDADE:

Reatividade

Estabilidade química: Estável sob condições usuais de manuseio e armazenamento.

Possibilidades de reações perigosas: Vide seção 7.

Condições a serem evitadas: Vide seção 7.

Materiais ou substâncias incompatíveis : Vide seção 7.

Produtos perigosos da decomposição: vide seção 5.

11 INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS:

Informações de acordo com as diferentes vias de exposição:

Toxicidade aguda: Via oral LD50 Oral: > 2.000 mg/kg Espécies: ratazana (FISPQ MP, argumento por analogia)

Corrosão/ irritação da pele Não provoca irritação da pele. (FISPQ MP, argumento por analogia)

Lesões oculares graves: irritação ocular: Lesões oculares graves . (FISPQ MP, argumento por analogia)

Sensibilização respiratória ou da pele: Pode causar sensibilização por inalação e em contato com a pele (argumento por analogia)

Mutagenicidade em células germinativas: Não são conhecidos efeitos sobre atividade mutagênica ou teratogênica (argumento por analogia)

Carcinogenicidade: Não são conhecidos efeitos sobre atividade carcinogênica (argumento por analogia)

Toxicidade a reprodução e lactação: Não são conhecidos efeitos do produto ou dos seus ingredientes. (argumento por analogia)

Toxicidade sistêmica para certos órgãos-alvos/ exposição única: Não são conhecidos efeitos do produto ou dos seus ingredientes. (argumento por analogia)

Toxicidade sistêmica para órgãos-alvo específico/ exposições repetidas: Não são conhecidos efeitos do produto ou dos seus ingredientes. (argumento por analogia)

Perigo por aspiração: Não são conhecidos efeitos do produto ou dos seus ingredientes. (argumento por analogia)

Avisos adicionais de toxicologia: Os dados toxicológicos sobre este produto não foram determinados experimentalmente. Os valores foram deduzidos por avaliação ou exame de resultados de fornecedor de matéria prima e esta baseado em perfis de materiais de composição similar.

12 INFORMAÇÕES ECOLÓGICAS:

Efeitos ambientais, comportamentos e impactos do produto.

Ecotoxicidade:

Toxicidade em **peixe:** CL50: > 100 mg/l Duração da exposição: 96 h Espécies: *Leuciscus idus* (Carpa dourada) Método: OECD TG 203 . (argumento por analogia)

Toxicidade em **Daphnias e outros invertebrados aquáticos:** Sua toxidez aquática não é conhecida. (argumento por analogia)

Toxicidade em **Algas:** Sua toxidez aquática não é conhecida. (argumento por analogia)

Persistência e degradabilidade: Devido à sua composição, os corantes são dificilmente biodegradáveis nas condições normais das estações de tratamento de águas.

Eliminação: 20 - 50 % Método: método estático (Fotometria) É possível eliminar mais de 95 % dos corantes do desperdício com produtos catiônicos de condensação amidas. (argumento por analogia)

Potencial bioacumulativo: Não se acumula nos organismos. (argumento por analogia)

Mobilidade do solo: Não são disponíveis dados de mobilidade no solo para os ingredientes e mistura. (argumento por analogia)

Outros avisos ecológicos:

AOX aviso: Informação sobre AOX: < 0,1%

13 CONSIDERAÇÕES SOBRE DESTINAÇÃO FINAL

Métodos recomendados para destinação final.

Produto: se não for possível reutilizar ou reciclar o produto, eliminá-lo segundo as prescrições e instruções locais aplicáveis (ex: incineração em local adequado).

Não se pode evacuar conjuntamente com o lixo doméstico.

Restos de produtos: manter restos de produtos em suas embalagens originais, devidamente fechada e identificada. Encaminhar para tratamento de resíduo adequado.

Embalagens usadas: Não reutilize embalagens vazias. Estas podem conter restos do produto. Devem ser encaminhadas para descarte apropriado.

Recomendação: Tratamento conforme regulamento dos serviços públicos.
Os EPI's utilizados no manuseio devem ser os mesmos que os mencionados na seção 8.

14 INFORMAÇÕES SOBRE TRANSPORTE:

Regulamentações específicas para o produto químico.

Transporte terrestre/ outras indicações:

Produto não regulamentado para transporte terrestre

Transporte Marítimo (IMDG):

Produto não regulamentado para transporte Marítimo.

Transporte Aéreo(ICAO-TI / IATA-DGR):

Produto não regulamentado para transporte Via aéreo.

Perigo ao meio ambiente: Não é esperado que cause perigo ao meio ambiente.

15 INFORMAÇÕES SOBRE REGULAMENTAÇÕES:

Regulamentações específicas de segurança, saúde e meio ambiente para o produto químico.

As informações descritas neste documento foram deduzidas por avaliação de resultados da substância com maior grau de risco e em maior quantidade dentro da mistura.

NR - Normas Regulamentadoras Relativas à Segurança e Medicina do Trabalho – 4ªEdição.

Portaria nº 229, 24 de Maio de 2011 – Altera a Norma Regulamentadora nº26

NBR ABNT 14725/2009 – Produtos químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente - Partes 1,2 e 4 – Versão corrigida 2:2010

NBR ABNT 14725/2012 – Produtos químicos – Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente – Partes 3 – Rotulagem.

16 OUTRAS INFORMAÇÕES:

Essa FISPQ foi elaborada baseada nos conhecimentos atuais do produto químico e fornece informações quanto à proteção, à segurança, à saúde e ao meio ambiente. As informações referem-se apenas ao produto designado e, a menos que tal seja especificado no texto, pode não ser válida se o mesmo produto for utilizado em qualquer combinação com outros produtos ou processos.

TLV - Threshold limit values TWA - Time Weighted Average

OECD - Organization for Economic Cooperation and Development

DIN - Deutsches Institut für Normung

AOX - Absorbable Organic Halogens

IMDG - International Maritime Dangerous Goods Code

ICAO - TI - International Civil Aviation Organization - Technical Instructions

IATA - DGR - International Air Transport Association - Dangerous Goods Regulations

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CAS – Chemical Abstracts Service

IMO - (International Maritime Organization).

Natureza da modificação: Adequação GHS.