

# TINGIMENTO DE FIBRAS DE ALGODÃO COM CORANTES REATIVOS

---

Crisleine Zottis dos Reis, Jaime Humberto Palacio Revello

## Resumo

Neste trabalho, analisou-se os mecanismos e cinéticas de adsorção por meio dos quais o corante reativo é adsorvido na fibra têxtil, identificando-se os principais parâmetros que influenciam neste processo. Neste estudo é realizada também uma análise de sensibilidade paramétrica, com o objetivo de verificar quais variáveis possuem maior relevância. Para isto, utilizou-se técnicas de planejamento experimental. As variáveis estudadas foram a concentração de corante e de substâncias químicas auxiliares, e a resposta o grau de esgotamento de corante. Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios, em relação à adsorção de corante na fibra. A partir dos resultados é possível correlacionar o comportamento da concentração de corante na fibra em relação à concentração de corante no banho. Isto foi realizado com o objetivo principal de estabelecer a quantidade de corante que é adsorvida na fibra e de explicar a cinética de adsorção. É conveniente salientar que quando o tempo de processo não é completado, permanecerá corante no banho residual, dando-se origem a baixas percentagens de esgotamento de corante no banho, resultando em uma maior quantidade de corante a ser tratada nos processos posteriores de purificação da água residual.

**Palavras-chave:** corantes reativos; tingimento; fibras de algodão.

## Abstract

In this paper, it was analyzed the mechanism and adsorption kinetic by means of which the reactive dye is adsorbed in the textile fiber, identifying the main parameter that influence in this process. In this research is realized parametric sensitivity study, for verifying the variables that have bigger relevance. For this, it was used experimental planning techniques. The studied variables were the dye concentration and auxiliary chemical substances, and the result was the level of dye exhaustion. The results found were very satisfactory, in relation to the adsorption of dye in fiber. From these results it would be possible to correlate the dye concentration in fiber with the dye concentration in the bath. It was made with the main objective of establishing the amount of dye that is adsorbed in the fiber and of determining the adsorption kinetic. It is convenient to stand out that when the time process is not completed, it will remain dye in the residual bath, given origin the low percentages of dye exhaustion in the bath, resulting in more amount of dye must be treated on the process of residual water's purification.

**Keywords:** Reactive dye; dyeing; cotton fiber.

## Introdução

Uma das grandes dificuldades encontradas na indústria têxtil é o tratamento e remoção dos corantes residuais do processo de tingimento. Segundo Guaratini & Zanoni (2000), os corantes são compostos químicos orgânicos que possuem a propriedade de absorver luz visível seletivamente, razão pela qual aparecem coloridos, devido à presença de grupos cromóforos tais como nitro, azo e carbonila. Pelo fato dos corantes serem altamente visíveis a olho nu, mesmo em concentrações baixas, uma pequena quantidade lançada em efluentes pode facilmente acentuar a coloração da água, podendo ser detectada pela população e autoridades ambientais responsáveis por estes assuntos.

Há uma boa variedade de corantes para o tingimento de fibras celulósicas, porém o tipo de corante mais empregado é o do tipo reativo.

De acordo com Guaratini & Zanoni (2000), o tingimento de tecidos começou há milhares de anos e a disponibilidade comercial de corantes é enorme e crescente. O processo de tingimento consiste de várias etapas, as quais dependem do tipo, e da natureza da fibra têxtil, além das suas características estruturais.

A cinética de tingimento, da fibra de algodão pelo corante reativo, ocorre através de um processo de adsorção. Segundo Hines & Maddox (1985), uma transferência de massa de corante do banho para a fibra. No caso do tingimento de fibras celulósicas, de acordo com Perkins (1995), o corante é rapidamente atraído para as regiões amorfas da fibra de algodão, isto devido à grande afinidade existente entre estes.

Segundo Guaratini & Zanoni (2000), um dos fatores de maior importância na comercialização de tecidos e de fios está associado à qualidade dos produtos. No processo de tingimento, o corante deverá ser fixado de maneira eficaz e uniforme, com o objetivo de garantir ao cliente um produto de excelentes características. Pode-se dizer que não apenas a padronagem e beleza da cor, mas também outras características básicas e importantes do produto devem ser consideradas, como o elevado grau de fixação, solidez em relação à luz, lavagem e transpiração.

A fim de minimizar a contaminação das águas, é necessário reduzir a quantidade de corante no banho residual de tingimento. Isto unicamente será possível mediante a otimização do processo de fixação do corante na fibra, sendo necessário um estudo detalhado do processo para determinar as condições ótimas das variáveis envolvidas.

## Material e métodos

O corante utilizado nos ensaios experimentais é um corante *CIBACRON*<sup>®</sup> *vermelho* FN-2BL do grupo dos corantes reativos e o auxiliar o *CIBACEL*<sup>®</sup> *DS*.

A avaliação da quantidade de corante no banho foi realizada através de métodos espectrofotométricos, utilizando-se o espectrofotômetro da

marca *SCINCO Technican (SUN 2120)*, de propriedade da Unochapecó, Chapecó – SC.

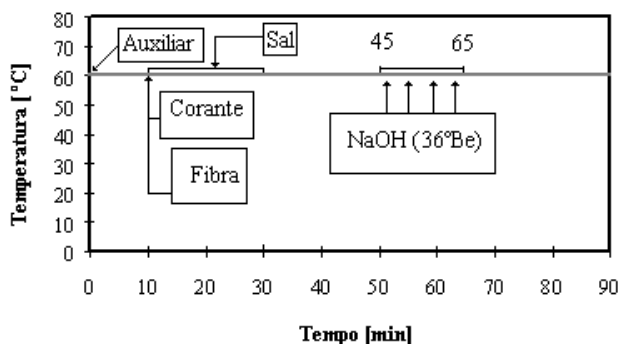
Primeiramente foi determinado o comprimento de onda característico do corante, e construídas as curvas de calibração.

Para a determinação da constante de equilíbrio e do grau de esgotamento do corante no banho, foram preparadas quatro soluções, nas quais foram variadas a concentração de corante e o volume de auxiliar, conforme é mostrado na Tabela 1. É conveniente salientar que a relação de banho em todos os ensaios experimentais foi mantida constante, sendo esta de 1:83,33 (massa de fibra por massa de banho). A quantidade de sal comum (NaCl) e do volume de hidróxido de sódio (36°Bé) em todos os processos de tingimento foi de 7,5g, e 0,75mL respectivamente, e a temperatura de processo foi de 60°C.

**Tabela 1** - Matriz de planejamento para o processo de tingimento realizado.

Soluções	Volume de auxiliar [mL]	Concentração de Corante no Banho [g/L]
1 <sup>a</sup>	0,12	5,0
2 <sup>a</sup>	0,70	5,0
3 <sup>a</sup>	0,12	10,0
4 <sup>a</sup>	0,70	10,0

A adição de cada um dos reagentes foi efetuada, conforme é apresentado na Figura 1.



**Figura 1** - Processo de tingimento utilizado nos diversos ensaios.

Nos diversos ensaios experimentais foram retiradas amostras em diferentes intervalos de tempo para cada solução. As amostras tomadas foram analisadas por espectrofotometria, obtendo-se assim as concentrações de corante no banho de tingimento, e através de balanços de massa, as concentrações de corante na fibra. O grau de esgotamento

foi obtido através da relação da massa final de corante e a massa inicial no banho de tingimento.

## Resultados e discussão

O tratamento estatístico dos dados foi realizado seguindo técnicas de planejamento experimental, utilizando para isto o programa Estatística 6.0<sup>®</sup>. Os níveis das variáveis estudadas são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Níveis das variáveis estudadas.

Variável	Nível	
	Baixo (-)	Alto (+)
(1) Volume de auxiliar (mL), X1	0,12	0,70
(2) Concentração de Corante (g/L), X2	5,0	10,0

A Figura 2 mostra a evolução da concentração de corante através do tempo no banho de tingimento. É possível verificar que a relação da concentração de corante no banho de tingimento com o tempo nos quatro ensaios, apresenta o mesmo comportamento decrescente, isto devido à transferência de massa de corante do banho para a fibra.

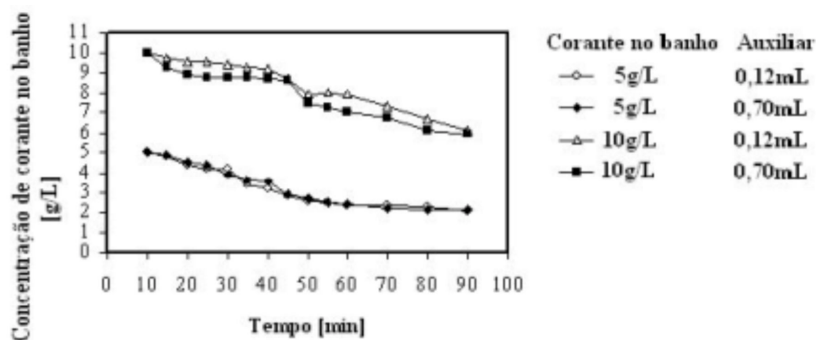


Figura 2 - Concentração de corante no banho de tingimento através do tempo para os diversos processos realizados.

Cada um dos reagentes empregados no processo possui uma função fundamental, podendo afetar um ao outro no sistema. O sal ajuda na transferência das moléculas de corante para a fibra, facilitando assim o processo de adsorção, e permitindo a atração entre fibra e corante. Já o auxiliar CIBACEL<sup>®</sup> DS atua como inibidor, diminuindo a velocidade de adsorção de corante na fibra e permitindo, desta forma, um tingimento mais homogêneo.

A Figura 3 apresenta o comportamento da concentração de corante na fibra através do tempo, nos diversos processos de tingimento avaliados. É possível observar o processo de transferência de massa,

desde o corante até a fibra de algodão. Nas baixas concentrações de corante no banho ocorre uma estabilização da curva do corante a partir dos 50 minutos, indicando a saturação da fibra. É interessante salientar que neste período de tempo foi adicionado o hidróxido de sódio, o qual ajuda na estabilidade do processo. Em altas concentrações de corante a estabilidade ocorre em temperaturas mais elevadas, uma vez que ainda há corante ativo no banho.

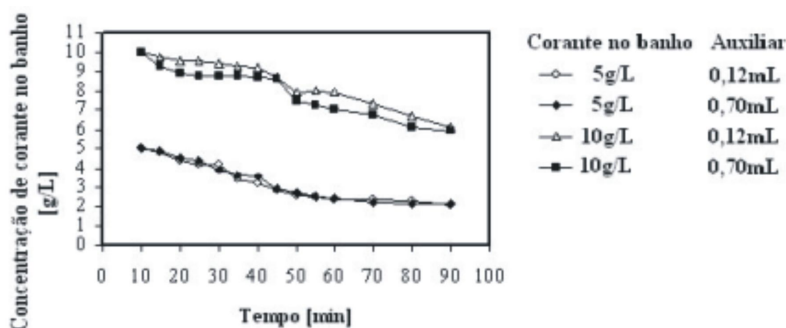


Figura 3 - Concentração de corante na fibra através do tempo para os quatro processos de tingimento estudados.

Com as concentrações de corante no banho residual e na fibra nos quatro processos realizados é possível encontrar a constante de equilíbrio. A partir da Figura 4 (dois pontos ficaram extremamente próximos), é possível observar que a relação entre a concentração de corante adsorvida na fibra e a concentração no banho residual é aproximadamente linear, obtendo-se um valor para a constante de equilíbrio de 8,899 L/kg de fibra.

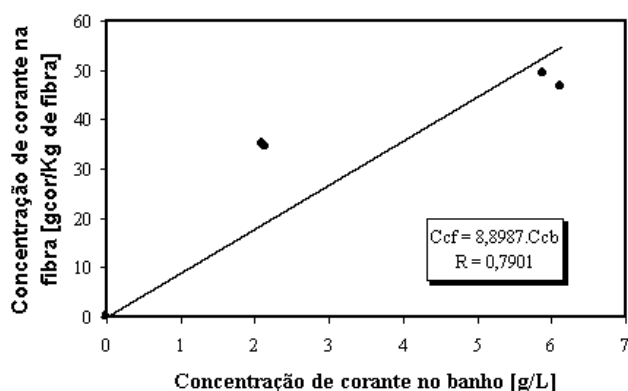


Figura 4 - Curva de calibração: Concentração de corante na fibra contra concentração de corante no banho de tingimento.

Na Tabela 3, são apresentadas as percentagens de esgotamento obtidas em cada um dos ensaios, realizados em duplicata. É possível observar, a partir dos resultados obtidos, que as maiores percentagens de

esgotamento são obtidos nos ensaios nos quais foi empregada uma menor concentração de corante, como era de se esperar.

**Tabela 3 - Percentagens de Esgotamento para os diversos ensaios experimentais realizados.**

Ensaio	Massa final no banho [g]	Massa inicial no banho [g]	Esgotamento %		
			No ensaio	100% no ensaio	Média
4	1,440	2,500	57,6	42,4	41,8
	1,470	2,500	58,8	41,2	
3	1,520	2,500	60,8	39,2	39
	1,530	2,500	61,2	38,8	
2	0,500	1,250	40,0	60,0	57,6
	0,530	1,250	42,4	57,6	
1	0,520	1,250	41,6	58,4	58,4
	0,520	1,250	41,6	58,4	

Na Tabela 4, são apresentados os efeitos das variáveis principais (volume de auxiliar e concentração de corante), assim como o efeito combinado dessas variáveis. Foi realizado um teste t para avaliar a significância de cada um dos efeitos. Encontrou-se que os efeitos do fator (1) e o efeito combinado (1)x(2), não possuem influência marcante sobre o grau de esgotamento, porém o auxiliar faz com que o processo de tingimento seja mais homogêneo, uma vez que atua como inibidor.

**Tabela 4 - Estimativa dos efeitos, do erro padrão e dos coeficientes por unidade de variável codificada.**

Fator	Efeito	Erro Padrão	Coeficiente
Média	50,5	± 0,6	50,50
(1) Volume de Auxiliar (mL)	-1,6	± 1,2	-0,80
(2) Concentração de Corante (g/L)	18,2	± 1,2	9,10
Interação (1) x (2)	-1,2	± 1,2	-0,60

Onde:

Fator 1: Volume de auxiliar (mL).

Fator 2: Concentração de corante (g/L).

A equação do modelo estatístico, em função das variáveis codificadas, é apresentada a seguir:

$$E = 50,5 + 9,10X_2$$

Onde E representa o grau de esgotamento e X<sub>2</sub> representa a concentração de corante codificada.

## Conclusões

A partir dos experimentos realizados, verifica-se que todos os componentes presentes no banho de tingimento (sal e auxiliar) são de suma importância para a realização deste, pois cada um possui uma função específica. O sal ajuda na transferência das moléculas de corante para a fibra, facilitando, assim, o processo de adsorção. Já em relação ao auxiliar pode-se dizer que este faz com que o processo de tingimento seja mais homogêneo.

Nos diversos processos estudados, pôde-se observar que todos apresentaram o mesmo comportamento, ou seja, com o decorrer do tempo a concentração de corante na fibra aumenta devido à transferência de moléculas de corante para a fibra. Para as soluções de menor concentração percebe-se uma estabilização após 50 minutos, provavelmente em decorrência da adição da solução de hidróxido de sódio a partir dos 45 minutos, porém as soluções de concentração maior não apresentam esse comportamento, pois a fibra ao longo de 50 minutos ainda possui capacidade de adsorver o corante.

Verificou-se que a cinética de adsorção não é bem descrita pelo modelo de Nernst. Como sugestão, poderia ser aplicado outras isotermas para analisar o comportamento. A partir dos ensaios analisados, foi possível calcular a percentagem de esgotamento de corante no banho residual, obtendo-se os maiores valores de esgotamento para concentrações de corante baixas.

## Agradecimentos

À fonte financiadora, projeto Artigo 170 e ao Técnico do Laboratório de Análise Instrumental da Unochapecó, Douglas J.C. Mocellin, pela valiosa ajuda nas análises espectrofotométricas das soluções.

## Referências

GUARATINI, C. C. I. e ZANONI, M. V. B. Corantes têxteis. Química Nova, São Paulo, Jan/Feb, 2000.

HINES, A. L. e MADDOX, R.N. Mass transfer: fundamentals and applications. New Jersey: Prentice Hall, 1985.

PERKINS, W. S. Los Principios Básicos Del Teñido Têxtil, Textiles Panamericanos, Vol. 55 n0 4, 1995 p.190-193.