

# AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO TINTORIAL DE UMA TRICROMIA DE CORANTES DISPERSOS NO TINGIMENTO DE POLIÉSTER

Jorge Marcos Rosa<sup>1</sup>  
Adilson da Silva Leite<sup>2</sup>  
Nelson Barros Trindade<sup>3</sup>

## RESUMO

Analisou-se o comportamento de uma tricromia de corantes dispersos no tingimento de poliéster nos quesito exaustão ( $E$ ), coeficiente de difusão ( $D$ ) e afinidade tintorial ( $Dm^\circ$ ). Os valores de  $E$  ficaram em 88% para o *Disperse Yellow 211* (DY211), 91% para o *Disperse Red 50* (DR50) e 92% para o *Disperse Blue 183* (DB183), após 10 minutos à 130 °C. Os valores calculados de  $D$  ficaram em  $2,40 \times 10^{-14} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  para o DY211;  $1,35 \times 10^{-14} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  para o DR50 e  $2,40 \times 10^{-15} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  para o DB183. Os valores de  $Dm^\circ$  situaram-se em  $16,38 \text{ kJ mol}^{-1}$  para o DY211;  $16,50 \text{ kJ mol}^{-1}$  para o DR50 e  $16,70 \text{ kJ mol}^{-1}$  para o DB183. De acordo com os valores calculados a partir dos dados experimentais, verificou-se que a tricromia pode ser aplicada, pois, possui comportamento semelhante entre os corantes dentro dos quesitos analisados. Apenas uma atenção especial para o DY211 durante o processo, pois apresentou menor valor de  $E$  em relação aos demais corantes estudados.

PALAVRAS-CHAVE: Comportamento tintorial. Corantes dispersos. Poliéster.

\*\*\*

1. Doutor, e-mail: jotarosa@hotmail.com
2. Mestre, e-mail: adilson.leite@sp.senai.br
3. Mestre, e-mail: nelson.barros@sp.senai.br

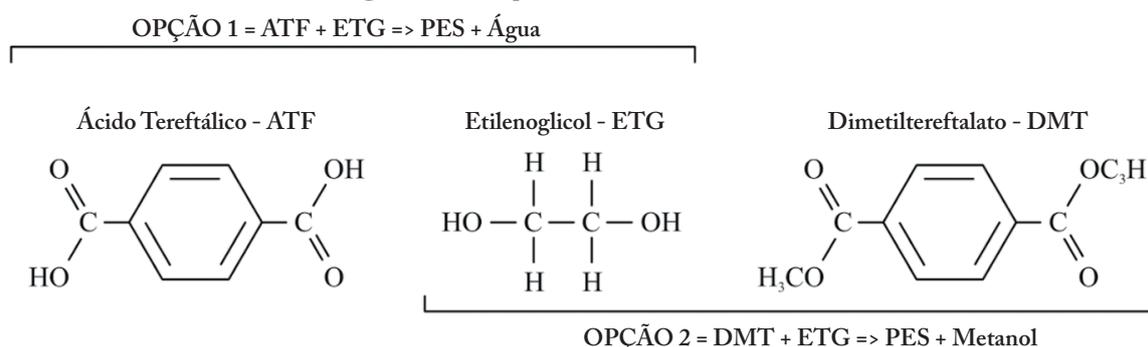
\*\*\*

# 1 INTRODUÇÃO

De nome científico politereftalato de etilenoglicol, o poliéster (PES) é a segunda fibra mais consumida no Brasil para a fabricação de têxteis e vestuário nos últimos anos (perde somente para o algodão) e, em 2019, foram beneficiadas 319 mil toneladas, entre fios e tecidos (PRADO, 2020). É, sem dúvida, a fibra mais versátil das fibras sintéticas utilizadas no setor têxtil e de confecção, muito utilizada na fabricação de tecidos para linha automobilística para confecção de cintos de segurança, revestimento de bancos e laterais de porta (MANICH *et al.*, 2003; ROSA *et al.*, 2019; SILVA; BIANCHINI, 2021).

De acordo com Clayden *et al.* (2012), o PES é um copolímero obtido por uma reação de polimerização por condensação. Os monômeros da reação podem ser o *p*-dicarboxil benzeno, mais conhecido por ácido tereftálico (ATF), e o etanodiol, também conhecido por etilenoglicol (ETG), gerando o polímero e água. O PES também pode ser obtido através da reação do sal do ATF, o dimetil *p*-dicarboxilato benzeno, conhecido popularmente como dimetiltereftalato (DMT), mais o ETG (Figura 1). A diferença nessa reação é a geração do metanol, em vez de água.

Figura 1: Rotas possíveis de obtenção do PES



Fonte: do Autor (2021)

Shahidi *et al.* (2015) descreveram o PES como sendo uma das fibras têxteis sintéticas mais importantes do mundo, devido à sua alta demanda nas mais diversas áreas, inclusive a automobilística (SILVA; BIANCHINI, 2021). De acordo com os autores, o tingimento de PES com corantes dispersos pode ser descrito em quatro principais etapas, sendo dispersão aquosa das moléculas; deslocamento molecular para a superfície da fibra; difusão através da camada de limite hidrodinâmico e adsorção imediata na superfície; e difusão para o interior da fibra.

Os corantes dispersos possuem solubilidade extremamente baixa em água na temperatura ambiente e necessitam de altas temperaturas (130 °C) para um comportamento tintorial satisfatório. A cadeia molecular na região amorfa gera movimento de calor devido a um aumento de temperatura. Quando a temperatura aumenta, o movimento do calor da cadeia molecular muda de um estado fundamental para um movimento de maior energia. A fibra se expande e a abertura da fibra se dilata. A molécula de corante dispersa entra nas moléculas de fibras compactas. Quando

a temperatura diminui, os poros do material são restaurados, de modo que as moléculas de corante são fixadas na fibra. Pelo fato de não possuírem grupos iônicos, inexistentes também na fibra de PES, unem-se a estas através de ligações de hidrogênio e forças de van der Waals (JOHN SHORE, 2002; JOHNSON, 1989; KUO *et al.*, 2016, 2017; WAS-GUBALA, 2015; STARCZAK, 2015; ZOLLINGER, 2003).

Esses corantes têm sido alvo de pesquisas em busca de novas formas de obtenção como em Qiu *et al.* (2017), em que os autores obtiveram

tempos mais curtos de reação, com excelente rendimento, condições de reação suave, procedimento simples e baixo consumo de energia, ou ainda em Li *et al.* (2016) que sintetizaram e estudaram o comportamento tintório de corantes dispersos reativos em estampas de tecidos de algodão.

Nesta pesquisa, foram investigadas o grau de exaustão (E), o coeficiente de difusão (D) e a afinidade tintorial ( $Dm^0$ ) para uma tricromia selecionada e aplicada na concentração de  $1,00 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$  de cada um dos corantes.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Substrato e reagentes

Tecido de  $\frac{1}{2}$  malha obtido com fio de PES, título 110 dTex, 36 filamentos com diâmetro aproximado de 14mm. O tecido foi preparado em tear circular Orizio JH/C, monofrontura, finura 28", diâmetro 30", 96 alimentadores, 16 colunas por cm e 18 malhas por cm, com largura tubular de 92 cm e gramatura média de  $110 \text{ g cm}^{-2}$ ; Sulfato de Amônio PA (Labsynth); *Disperse Yellow 211* (DY211), monoazo, massa molecular  $361 \text{ g mol}^{-1}$ , nº CAS 86836-02-4 (Huntsman); *Disperse Red 50* (DR50), monoazo; massa molecular  $357 \text{ g mol}^{-1}$ , nº CAS 12223-35-7 e *Disperse Blue 183* (DB183), monoazo, massa molecular  $473 \text{ g mol}^{-1}$ , nº CAS 2309-94-6 (Archroma), para os tingimentos.

### 2.2 Tingimento

O tecido foi termofixado durante 1 minuto a  $190 \text{ }^\circ\text{C}$  (Mathis GD-B), purgado posteriormente (Lavadora Suzuki) utilizando-se  $1,0 \text{ g L}^{-1}$  de detergente não-iônico (Golden Tecnologia) durante 15 min à  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ , para

remoção de eventuais impurezas, secado durante 30 min à  $60 \text{ }^\circ\text{C}$  (Secadora Suzuki) e cortado em 18 amostras de 2 g cada. Os tingimentos foram efetuados (Mathis Alt-1) em relação de banho (RB) igual a 1:15, de acordo com a formulação disposta na Tabela 1.

**Tabela 1:** Quantidades de corantes e auxiliares

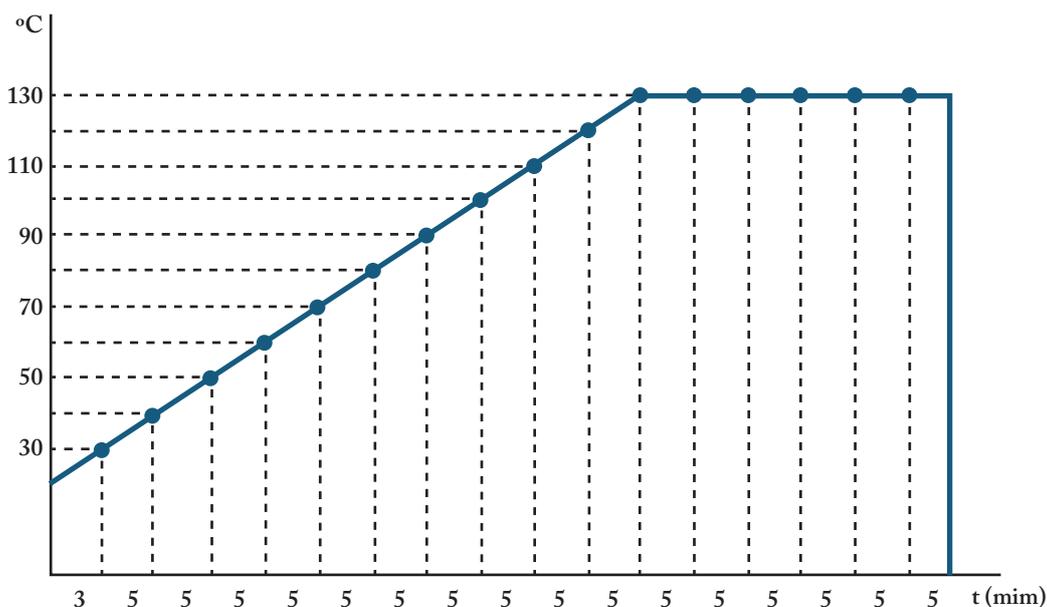
Corante	Concentração inicial		% (sms*)
	$\text{mol L}^{-1}$	$\text{g L}^{-1}$	
DY211		$3,61 \times 10^{-2}$	0,0540
DR50	$1,00 \times 10^{-3}$	$3,57 \times 10^{-2}$	0,0535
DB183		$4,73 \times 10^{-2}$	0,0710

\* calculado sobre a massa do substrato

Fonte: do Autor (2021).

Preparou-se 1,0 L de solução-mãe com pH 6 ajustado com sulfato de amônio, contendo as concentrações iniciais de todos os corantes. Em seguida, foram distribuídas alíquotas de 30 mL da solução-mãe em 18 canecas. Adicionaram-se as amostras de 2 g de substrato em cada uma das 18 canecas e tingiu-se de acordo com o procedimento descrito na Figura 2.

Figura 2: Gráfico de tingimento onde os pontos representam a retirada das amostras



Fonte: do Autor (2021).

Após retirar as amostras, coletaram-se todos os banhos para posterior avaliação da absorvância (Konica-Minolta CM 3600d) em comprimento de máxima absorvância de cada corante, sendo em 460 nm para o DY211, 490 nm para o DR50 e 550 nm para o DB183. Após a coleta dos banhos, as amostras foram enxaguadas em água corrente, centrifugadas e secas durante 30 min à 60 °C. Avaliou-se a reflectância (R) das amostras sob iluminante  $D_{65,10^\circ}$  (Konica-Minolta CM 3600d), obtendo-se a intensidade tintorial ( $K S^{-1}$ ) através da equação 1, de Kubelka-Munk.

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R} \quad (1)$$

O  $K S^{-1}$  das amostras foi obtido observando-se valores de  $R_{\max}$  em 520 nm para o DY211, 610 nm para o DR50 e em 470 nm para o DB183.

## 2.3 Modelagem

A partir dos valores de mínima concentração de corante no banho ( $[C_s]$ ) dos corantes estudados, obteve-se experimentalmente a concentração de corante no banho em um instante  $t$  ( $[C_s]_t$ ) e, correlacionando-se com os valores de  $[C_s]_o$ , calculou-se a porcentagem de exaustão ( $E$ ) utilizando-se a equação 2.

$$E(\%) = \left( 1 - \frac{[C_s]_t}{[C_s]_o} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

### 2.3.1 Coeficiente de difusão

De acordo com Trotman (1970) e Morrel e Martín (2005), a isoterma de Nernst (equação 3) é a mais apropriada para retratar o comportamento tintorial de corantes dispersos em fibras de poliéster.

$$k = \frac{[C_f]}{[C_s]} \quad (3)$$

onde  $[C_f]$  = concentração de corante na fibra e  $[C_s]$  = concentração de corante na solução.

No estudo do comportamento da tricromia abordada nesta pesquisa, utilizou-se a isoterma de Nerst e, para o cálculo do coeficiente de difusão ( $D$ ) dos corantes, a equação (4) da 1ª Lei de Fick (MORAES, 2010; MORREL, 2005; MARTÍN, 2005).

$$J = \frac{\Delta n}{A \Delta t} \therefore \Delta n = J \cdot A \cdot \Delta t \quad (4)$$

onde  $J$  é o fluxo,  $A$  a superfície da área do substrato e  $n$  a massa de corante absorvido pelo substrato no instante  $t$ .

### 2.3.2 Afinidade tintorial

Tingimentos de PES com corantes dispersos correspondem a um sistema com corantes não-ionizáveis, absorvidos na forma sólida e cuja isoterma de equilíbrio seria a Isoterma de Nerst, determinando-se a afinidade tintorial ( $Dm^\circ$ ) a partir da equação 5.

$$-\Delta\mu^\circ = R \cdot T \cdot \ln \left( \frac{[C_f]}{[C_s]} \right) = R \cdot T \cdot \ln k \quad (5)$$

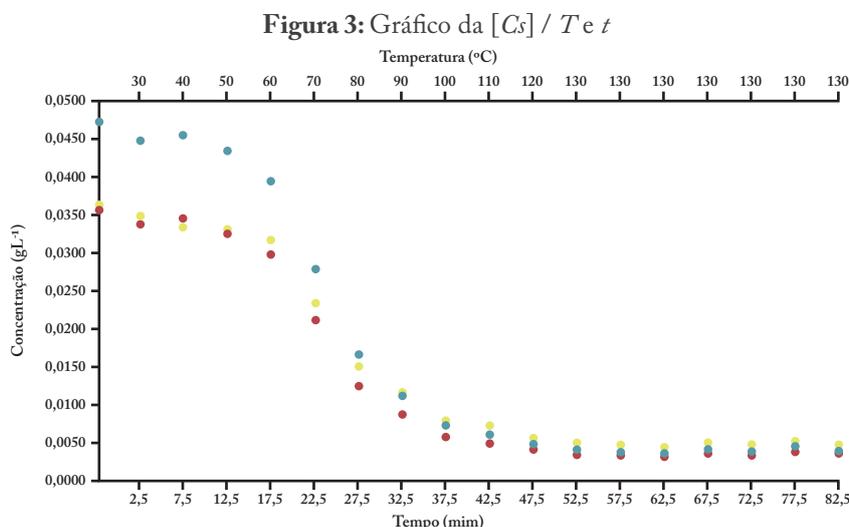
onde  $T = 130 + 273,16 = 403,16 \text{ K}$ ;  $R = 8,31 \text{ J (mol K)}^{-1}$

Para obter-se valor de  $k$  como uma constante adimensional, opera-se com  $[C_f]$  e  $[C_s]$  em mesma unidade, multiplicando-se  $[C_f]$  pela RB (equação 6)

$$[C_f] \left( \frac{g}{L} \right) = [C_f] \left( \frac{g}{kg} \right) \cdot RB \left( \frac{1}{15} \right) = [C_f] \cdot 0,067 \quad (6)$$

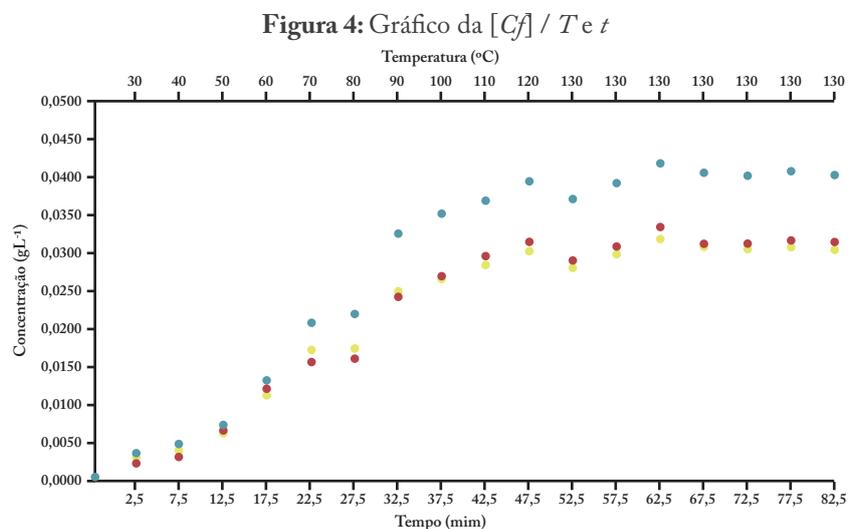
## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 encontra-se disposto o gráfico relativo ao comportamento da  $[C_s]$  em relação ao tempo ( $t$ ) e temperatura ( $T$ ) de processo. Observa-se que a mínima  $[C_s]$  ocorre em 10 min x 130 °C. Após esse tempo, começa a haver um processo de desorção e, logo em seguida, novamente adsorção.



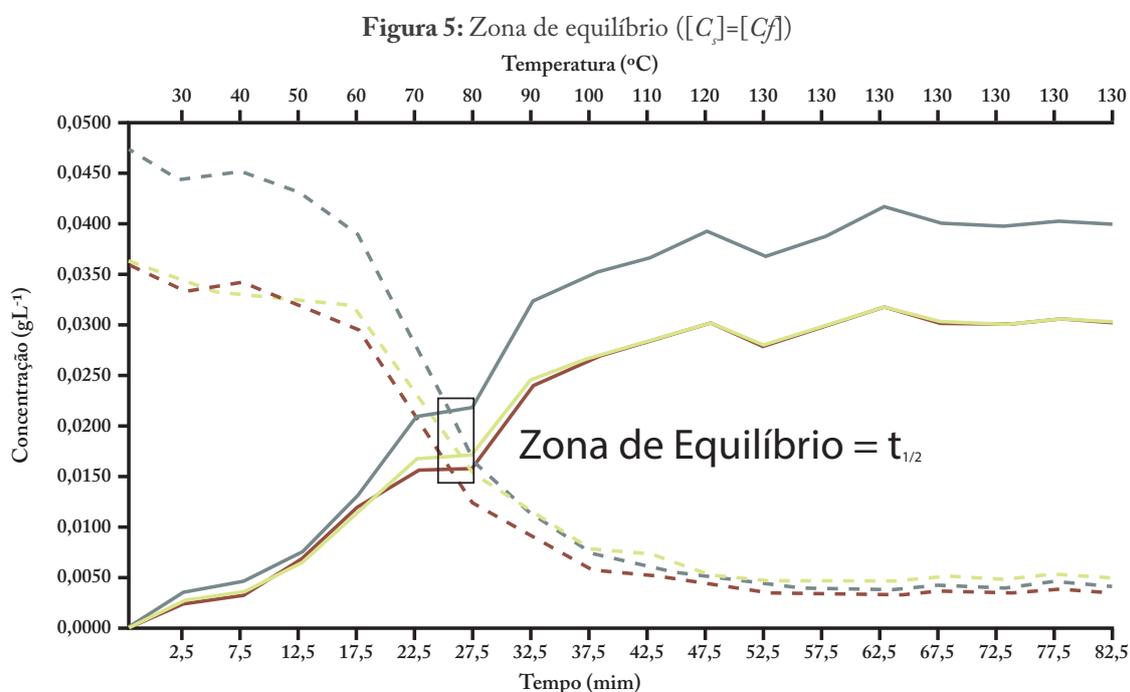
Fonte: do Autor (2021).

Baseando-se nos dados experimentais, os valores de  $E$  ficaram em 88% para o DY121, 91% para o DR50 e em 92% para o DB183. Na Figura 4 encontra-se disposto o gráfico relativo ao comportamento da  $[C_f]$  em relação ao tempo ( $t$ ) e temperatura ( $T$ ) de processo. Observa-se que o ápice da  $[C_f]$  para os corantes ocorre em 10 min a 130 °C.



Fonte: do Autor (2021)

Percebe-se, que após 10 min a 130 °C, há um ligeiro aumento da  $[C_s]$  indicando que se inicia um processo de tentativa de equilíbrio do sistema (Figura 6), processo impedido pela  $T$  constante. Na Figura 5 encontram-se plotados os dados de  $[C_s]$  e  $[C_f]$  em relação ao  $t$  e à  $T$ .



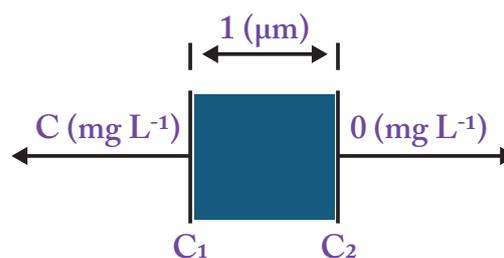
Fonte: do Autor (2021)

Observa-se o tempo de meio tingimento ( $t_{1/2}$ ), onde  $[C_s] = [C_f]$ , fenômeno observado com semelhança entre os corantes estudados, com valores praticamente em mesmo  $t$  e  $T$ .

### 3.1 Cinética

Baseando-se no esquema representado na Figura 6, prepararam-se os dados a serem utilizados para o cálculo do coeficiente de difusão ( $D$ ) de cada um dos corantes da tricromia. Na Tabela 2 estão dispostos os dados para o cálculo dos valores de  $D$  para os corantes da tricromia estudada.

**Figura 6:** Representação gráfica da 1ª Lei de Fick (MORREL; MARTIN, 2005)



Fonte: MORREL; MARTIN (2005)

**Tabela 2:** Dados utilizados no cálculo de  $D$

Variáveis		Valor	Unid.
A	Superfície do substrato	180	$cm^2$
l	Espessura do substrato	500	$\mu m$
k	Médio calculado $\rightarrow$ DY211	105,43	$\frac{g \cdot kg^{-1}}{g \cdot L^{-1}}$
	Médio calculado $\rightarrow$ DR50	147,16	
	Médio calculado $\rightarrow$ DB181	163,94	
p	Densidade do PES	1,38	$g \cdot cm^{-3}$

Fonte: do Autor (2021)

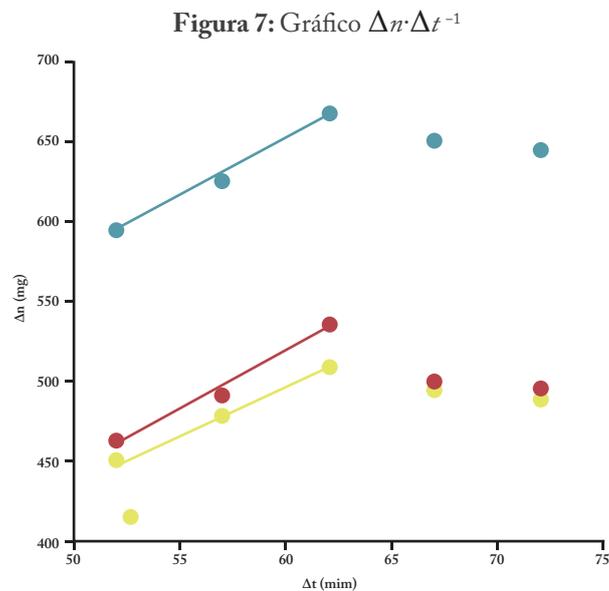
Na Tabela 3 encontram-se os dados usados na determinação  $\Delta n \cdot \Delta t^{-1}$ .

**Tabela 3:** Dados utilizados no cálculo de  $\Delta n \cdot \Delta t^{-1}$

Corante	Unid.	Dados						
		t	min	52	57	62	67	72
DY211				451	479	510	494	490
DR50	n	mg		462	491	535	500	497
DB181				595	627	670	652	645

Fonte: do Autor (2021)

Os dados foram obtidos após 20 minutos a 130 °C, temperatura de patamar de tingimento de fibras de PES. Ao serem plotados em um gráfico  $\Delta n \cdot \Delta t^{-1}$ , estes dados em um determinado espaço  $\Delta t$  adquirem a forma de uma reta, semelhante para os três corantes (Figura 7).



Fonte: do Autor (2021)

A inclinação da reta sugere  $\Delta t$  no intervalo 52 min  $\rightarrow$  62 min e  $\Delta n$  correspondente a esse intervalo para os três corantes. Esse intervalo foi selecionado porque após  $t = 62$  min, começa a haver dessorção dos corantes, ou seja, 10 min à 130 °C seria o patamar de tingimento ideal para os corantes estudados. Portanto,  $\Delta n \cdot \Delta t^{-1}$  ficou em 0,1695 para o DY211; 0,1370 para o DR50 e 0,1333 para o DB 183.

### 3.2 Coeficiente de difusão

Aplicando-se o modelo para determinação do comportamento tintorial (eq.4), seguido da

aplicação da 1ª Lei de Fick para calcular previamente o valor de  $\Delta C$ , partindo-se do pressuposto de que  $\Delta C$  é calculado segundo  $C_2 - C_1$ , sendo  $C_2$  a concentração de menor valor,  $\Delta C$  sempre será menor que 0, portanto, assumindo valor negativo, aplicando-se a equação 7.

$$J = -D \frac{C_2 - C_1}{l} \quad (7)$$

onde 'J' é o fluxo, 'D' o coeficiente de difusão, 'C' a concentração do corante a uma distância 'x' do substrato de espessura igual a 1.

Os resultados de  $D$  obtidos para os corantes da tricromia estudada estão dispostos na Tabela 4.

**Tabela 4:** Valores de coeficiente de difusão

Corantes	$J$	$\Delta C$	$D$
DY211	$1,57 \cdot 10^{-5} \frac{mg}{cm^2 \cdot s}$	$-4,75 \cdot 10^4 \frac{mg}{kg}$	$2,40 \cdot 10^{-14} \frac{m^2}{s}$
DR50	$1,27 \cdot 10^{-5} \frac{mg}{cm^2 \cdot s}$	$-6,80 \cdot 10^4 \frac{mg}{kg}$	$1,35 \cdot 10^{-14} \frac{m^2}{s}$
DB183	$1,23 \cdot 10^{-5} \frac{mg}{cm^2 \cdot s}$	$-9,75 \cdot 10^4 \frac{mg}{kg}$	$9,14 \cdot 10^{-15} \frac{m^2}{s}$

Fonte: do Autor (2021)

Observa-se que os resultados obtidos para a tricromia estudada apontam menor valor de  $D$  para o DB183 ( $9,14 \times 10^{-15} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ) quando comparado com os corantes DY211 e DR50 ( $2,40 \times 10^{-14} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  e  $1,35 \times 10^{-14} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ). Esses valores podem ser explicados teoricamente pela massa molecular dos corantes, ou seja, o DB183 possui massa molecular maior do que os outros dois corantes;  $473 \text{ g mol}^{-1}$  contra  $361 \text{ g mol}^{-1}$  do RY211 e  $357 \text{ g mol}^{-1}$  do RD50.

### 3.3 Adsorção

Na Tabela 5 encontram-se os valores das concentrações  $[C_s]$ , em  $\text{g L}^{-1}$ , dos corantes estudados em situação de equilíbrio, os valores de  $[C_f]$  em  $\text{g L}^{-1}$  (valores de  $[C_f]$  em  $\text{g kg}^{-1}$  multiplicados pela RB = 1:15) e os valores de  $k$ , cujos foram utilizados para os cálculos dos valores de afinidade tintorial ( $\Delta\mu^\circ$ ).

**Tabela 5:** Valores médios de  $k$  para os três corantes estudados

Corantes	$[C_s]$	$[C_f]$		$k$
	$\text{g L}^{-1}$	$\text{g kg}^{-1}$	$\text{g L}^{-1}$	$[C_f] \cdot [C_s]^{-1}$
DY211	0,0043	9,84	0,66	152,56
	0,0052	11,80	0,79	151,28
	0,0104	23,40	1,56	150,00
	0,0113	25,00	1,67	147,49
	0,0195	41,20	2,75	140,85
DR50	0,0032	9,11	0,61	189,79
	0,0044	10,25	0,68	155,30
	0,0108	22,10	1,47	136,42
	0,0132	28,70	1,91	144,95
	0,0172	36,80	2,45	142,64
DB183	0,0038	10,90	0,73	191,23
	0,0046	12,70	0,85	184,06
	0,0110	24,30	1,62	147,27
	0,0125	26,30	1,75	140,27
	0,0175	32,60	2,17	123,88

Fonte: do Autor (2021)

O valor de  $k$  utilizado na determinação da afinidade tintorial ( $Dm^\circ$ ) foi calculado pela equação 8,

$$\bar{k} = \frac{\sum_1^n k_i}{n} \quad (8)$$

resultando em 148,44 para o DY211; 153,82 para o DR50 e 157,34 para o DB183.

Os valores de  $Dm^\circ$  obtidos para a tricromia estudada foram de:

a) DY211 =  $-16,49 \text{ kJ mol}^{-1}$

b) DR50 =  $-16,50 \text{ kJ mol}^{-1}$

c) DB183 =  $-16,57 \text{ kJ mol}^{-1}$

Os valores calculados demonstram que, pelo fato de possuir maior massa molecular, o DB183 possui menor capacidade de adsorção e afinidade tintorial do que os demais corantes. Entretanto, experimentalmente, foi o corante que apresentou maior valor de  $E$ , fato que pode levar a conclusão de que os valores dos três corantes estudados, próximos entre si, indicam que a tricromia pode ser utilizada.

## 4 CONCLUSÃO

Baseando-se nos resultados de  $E$ ,  $D$  e  $\Delta\mu^\circ$  para a tricromia estudada, pode-se concluir que a mesma pode ser utilizada como tricromia básica para o tingimento de PES em cores de intensidade de  $\text{K S}^{-1}$  igual ou menor que 2,60.

Entretanto, alguns fatores devem ser levados em consideração como, por exemplo, o valor de  $E$  para o DY211, que ficou em 88% contra 91% e 92% para o DR50 e DB183, respectivamente. Uma formulação ideal de uma tricromia a ser aplicada significa valores de  $E$  próximos entre si, situação nem sempre possível de se obter no dia a dia de uma tinturaria na obtenção das mais diversas cores. O valor de  $D$  obtido para o DB183 é outro fator a ser levado em consideração. A sua massa molar,  $473 \text{ g mol}^{-1}$ , maior que a massa molecular dos demais,  $361 \text{ g mol}^{-1}$  para o DY211 e  $357 \text{ g mol}^{-1}$  para o DR50, influencia diretamente em seu valor de  $D$ , ou seja, seu coeficiente de difusão é menor que o dos demais corantes.

Os melhores valores de patamar para  $t$  e  $T$  na tricromia estudada ficaram em 10 min à  $130^\circ\text{C}$ , onde se obtiveram os maiores valores de  $\text{K S}^{-1}$  para os três corantes, sendo 2,07 para o DY211; 2,39 para o DR50 e 2,52 para o DB183. Após esse tempo, observaram-se aumentos e diminuições consecutivos no  $\text{K S}^{-1}$  nos tempos de 15, 20, 25 e 30 min de tingimento, indicando que os corantes entravam em processo de adsorção/dessorção contínua na tentativa de equilíbrio ( $[C_s] = [C_f]$ ), situação indesejada, pois o objetivo de um tingimento ideal é obter-se o maior valor de  $[C_f]$  possível.

Discrepâncias entre os valores estudados para cada corante podem ser minimizadas com a utilização de insumos químicos auxiliares como agentes de igualização, por exemplo, já que o estudo é efetuado somente com ajuste de pH no intuito de verificar o comportamento somente dos corantes em conjunto.



# ASSESSMENT OF DYEING BEHAVIOR OF A DISPERSE DYESTUFF TRICROMY APPLIED IN THE POLYESTER DYEING

## ABSTRACT

*Exhaustion (E), diffusion coefficient (D) and dyeing affinity ( $\Delta\mu^0$ ) were assessed in the dyeing of PET with disperse dyestuffs. The E values were 88% for Disperse Yellow 211 (DY211), 91% for Disperse Red 50 (DR50) and 92% for Disperse Blue 183 (DB183), after 10 minutes at 130 °C. The calculated values of D were  $2.40 \times 10^{-14} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  for DY211,  $1.35 \times 10^{-14} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  for DR50 and  $2.40 \times 10^{-15} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$  for DB183. The values of  $Dm^0$  were  $16.38 \text{ kJ mol}^{-1}$  for DY211,  $16.50 \text{ kJ mol}^{-1}$  for DR50 and  $16.70 \text{ kJ mol}^{-1}$  for DB183. According to the values calculated from the experimental data, it was found that the studied trichromy can be applied because presented a similar behavior between the dyestuffs in the studied conditions. There is only a special attention to DY211 during the process, as it presented a lower E value when compared to the other studied dyestuffs.*

\*\*\*

**KEYWORDS:** *Dyeing behavior. Disperse dyestuffs. Polyester.*

\*\*\*

## REFERÊNCIAS

CLAYDEN, J.; GREEVES, N.; WARREN, S. **Organic Chemistry**. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 2012.

JOHNSON, A. **The theory of coloration of textiles**. 2. ed. Bradford: SDC-Society of Dyers and Colourists, 1989.

KUO, C. J. *et al.* Development of disperse dye polypropylene fiber and process parameter optimization Part I: development of dyeable polypropylene fiber and parameter optimization. **Textile Research Journal**, v. 88, n. 1, p. 3–13, 2016.

KUO, C. J. *et al.* Development of disperse dyes polypropylene fiber and process parameter optimization Part II: Dyeable polypropylene fiber production and melt spinning process parameter optimization. **Textile Research Journal**, v. 88, n. 13, p. 1505–1516, 2017.

LI, M. *et al.* Crosslinking formulations based on novel reactive disperse dyes for printing cotton fabrics. **Textile Research Journal**, v. 87, n. 17, p. 2127–2132, 2016.

MANICH, A. M. *et al.* Thermal Analysis and Differential Solubility of Polyester Fibers and Yarns. **Textile Research Journal**, v. 73, n. 4, p. 333–338, 2003.

MORAES, C. M. **Estudo da difusão de corantes reativos em tecido de algodão**. Dissertação. Faculdade de Engenharia Química, UNICAMP, Campinas, 2010.

MORREL, J. V.; MARTÍN, J. R. S. **Problemas de Tintorería**. 1 ed. São Paulo: Golden Química do Brasil, 2005.

PRADO, Marcelo Villin. **Sectorial Report of Brazilian Textile Industry**. São Paulo, 2020.

QIU, Jinjing *et al.* Stable diazonium salts of weakly basic amines—Convenient reagents for synthesis of disperse azo dyes. **Dyes and Pigments**, v. 136, p. 63–69, 1 jan. 2017.

ROSA, J.M. *et al.* Toxicity and environmental impacts approached in the dyeing of polyamide, polyester and cotton knits. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 7, n. 2, 2019.

SHAHIDI, S.; GHORANNEVISS, M.; WIENER, J. Improving synthetic and natural dyeability of polyester fabrics by dielectric barrier discharge. **Journal of Plastic Film & Sheeting**, v. 31, n. 3, p. 286–308, 2015.

SILVA, R. R.; BIANCHINI, V. K. Estudo sobre custos ecológicos no tingimento de tecido utilizado em linha automotiva. **Química Têxtil**, v. 141, p. 6–17, 2021.

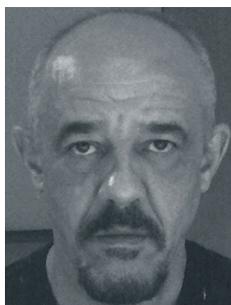
SHORE, J. **Colorants and auxiliaries - Volume 1: Colorants**. 2. ed. Hampshire: Society of Dyers and Colourists, 2002.

TROTMAN, E. R. **Dyeing and chemical technology of textile fibres**. 4. ed. Plainfield: Textile Book Service, 1970.

WAS-GUBALA, J.; STARCZAK, R. Nondestructive Identification of Dye Mixtures in Polyester and Cotton Fibers Using Raman Spectroscopy and Ultraviolet–Visible (UV-Vis) Microspectrophotometry. **Applied Spectroscopy**, v. 69, n. 2, p. 296–303, 2015.

ZOLLINGER, Heinrich. **Color Chemistry: Syntheses, Properties and Applications of Organic Dyes and Pigments**. 3. ed. Cambridge: Wiley-VCH, 2003.

## SOBRE OS AUTORES



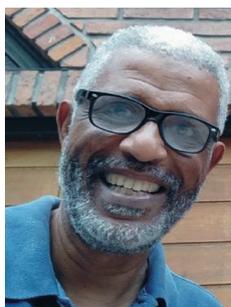
### Jorge Marcos Rosa

Técnico Têxtil pelo SENAI-SP, possui graduação em Química (FSA), mestrado em Engenharia de Produção (UNINOVE), doutorado em Engenharia Química (UNICAMP), pós-doutorado em Engenharia Química (UNICAMP), pós-doutorado em Engenharia de Processos Têxteis (USP) e pós-doutorado em Tecnologia de Radiações Nucleares (IPEN/CNEN). Atualmente é pós-doutorando em Ciência e Tecnologia Ambiental (USP); especialista em Tecnologia no Instituto de Tecnologia Têxtil, Moda e Confecção do SENAI-SP, atuando em projetos de Inovação; professor colaborador do CTA-UFABC e da FEQ-UNICAMP, na orientação de alunos de Mestrado e Doutorado. Possui experiência profissional nas áreas de Engenharia de Produtos e Processos Químicos Têxteis, Modelagem Matemática e Estatística, Espectrofotometria VIS, Espectroscopia IR, Tratamento de Efluentes via Processos Oxidativos Avançados, Toxicidade de Efluentes e Reutilização de Água em Processos de Coloração.



### Adilson da Silva Leite

Doutorando em Ciência e Tecnologia Ambiental (USP), Mestre em Ciências Têxteis (USP), especialista em Gerenciamento Empresarial (UNIBAN), bacharel em Ciências Econômicas (FAAP) e Técnico Têxtil (SENAI-SP), atualmente é Especialista em Tecnologia no Instituto de Tecnologia Têxtil, Moda e Confecção do SENAI-SP, atuando em projetos de Inovação e *Lean Manufacturing*. Possui experiência na área de Administração, com ênfase em Administração da Produção, atuando principalmente em desenvolvimento de produto, tecnologia têxtil, máquinas retilíneas, custos e máquinas circulares de pequeno diâmetro.



### **Nelson Barros Trindade**

Doutorando em Ciência e Tecnologia Ambiental (USP), mestre em Ciências Têxteis e Moda (USP), especialista em Administração (UNG), possui graduação em Ciências Econômicas (UBC), é Técnico Têxtil (CETIQT) e Técnico em Química (OSWALDO CRUZ). Tem experiência em docência do ensino superior e pós-graduação nas áreas de Administração, Moda, Tecnologia do Vestuário e Têxtil. Experiência na administração de empresas de pequeno, médio e grande porte do setor têxtil. Atua como empresário e consultor na cadeia têxtil. Tem experiência a nível técnico e administrativo nas áreas de Fiação (natural e sintético), Tecelagem (plana e malhas), Confecção e Beneficiamentos (com ênfase em confeccionados). Especialista em tingimentos artesanais com corantes naturais e sintéticos com treinamento na Índia, Peru e Brasil. Atualmente é especialista em Tecnologia no Instituto de Tecnologia Têxtil, Moda e Confecção do SENAI-SP, atuando em projetos de Inovação e *Lean Manufacturing*.

