

RELATÓRIO 1 - OBTENÇÃO DE DADOS CINÉTICOS PARA PROJETO DE REATOR

Alunos:	Nº USP:
Ana Carolina Gomes Pereira	9456673
Gabriela Ferreira Coelho	11797827
Isabela Barbieri Bombarda Oliveira	11797744
Marcela Fernandes da Costa	11797730
Mariana Guarino	11234565
Olavo Barato Baraldi	11797751

Introdução

Nos processos industriais e de tratamento, as etapas químicas são, com grande frequência, o centro do processo. Portanto, o projeto apropriado de um reator químico deve levar em conta uma série de fatores, e não apenas o custo, usando conhecimentos de diversas áreas como a termodinâmica, a mecânica dos fluidos, a transferência de massa e, principalmente, a cinética química (LEVENSPIEL, 1983).

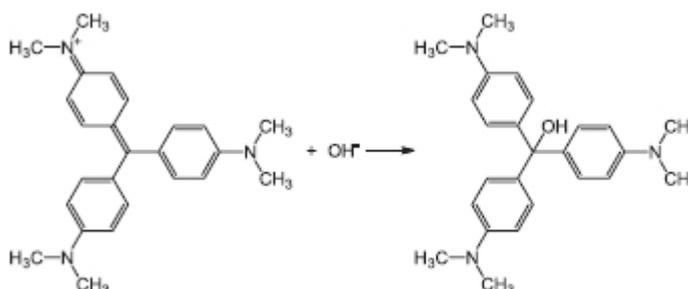
A cinética é um ramo da química que tem como objetivo determinar a velocidade em que as reações ocorrem (JÚNIOR e DA CRUZ, 2012). A fórmula utilizada para calculá-la depende de uma constante cinética, da concentração dos reagentes, e da ordem da reação. Caso esta seja de ordem zero, a velocidade será sempre constante, dependendo apenas da constante e não tendo influência da concentração. Para reações a partir de primeira ordem, a velocidade indica o quão rápido os reagentes são consumidos, portanto depende também de suas concentrações.

Neste experimento trataremos da reação entre o corante violeta 10B e o hidróxido de sódio, que é considerada de pseudo-primeira ordem, pois embora possua dois reagentes, o NaOH está em excesso e não limita o consumo do outro.

O violeta cristal, ou violeta de metila 10B ($C_{25}H_{30}N_3Cl$), é um corante catiônico, solúvel em água, utilizado para diversas finalidades, tais como o tingimento de papel e tecidos, marcação de carnes em frigoríficos, timbrador cutâneo em cirurgias estéticas e

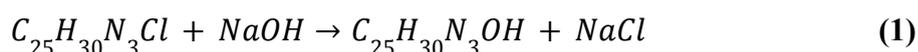
indicador de pH (BIRON, 2016). Para sua descoloração, e possível tratamento de efluentes que o contenham, o corante pode reagir com hidróxido de sódio sob agitação constante, sendo consumido ao produzir NaCl (cloreto de sódio) e $C_{25}H_{30}N_3OH$ (trifenilmetanol).

Figura 1: Reação entre violeta cristal e NaOH.



Fonte: Universidade Técnica de Lisboa, 2013.

Assim como na figura acima, a reação também se dá pela seguinte equação:



Substituindo o violeta cristal por V, o hidróxido de sódio por H, o trifenilmetanol por T, e desconsiderando o subproduto, temos a equação simplificada:



Por ser uma equação elementar, ou seja, ocorrer em apenas uma etapa, e por possuir dois reagentes na proporção de 1 mol, seria considerada uma reação de segunda ordem, com a velocidade dependendo tanto da concentração de violeta cristal quanto da concentração de hidróxido de sódio, como na expressão abaixo:

$$-r_v = k \cdot C_V \cdot C_H \quad (2)$$

Porém, como citado anteriormente, o NaOH está em excesso e não limita o consumo do corante, então podemos considerar a reação como de pseudo-primeira ordem, seguindo a seguinte expressão cinética:

$$-r_v = k' \cdot C_V \quad (3)$$

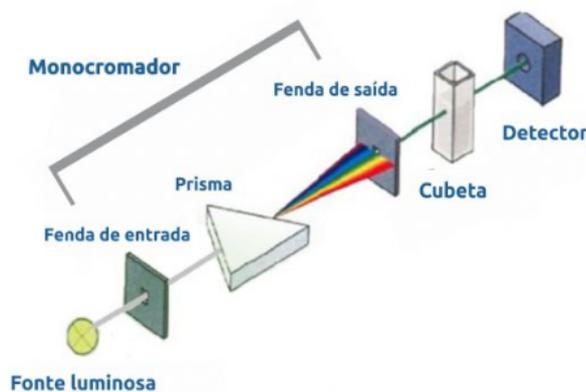
A fim de determinar a constante cinética da reação para possíveis aplicações em sistemas de tratamento, devem ser realizados testes em reatores de batelada, ou seja, reatores em menor escala em que não há entrada nem saída durante a reação e que idealmente possuem mistura homogênea e são isotérmicos. São muito utilizados para estudos de cinética,

devido à possibilidade de serem feitas amostragens em diferentes momentos da reação, determinando as concentrações para cada tempo (OLIVEIRA, 2017).

Para a leitura destas amostragens, é utilizado o método da espectrofotometria, que consiste em determinar o quanto dada substância química absorve a luz. Essa medição é realizada por meio de um aparelho conhecido como espectrofotômetro, que determina e compara a quantidade de luz absorvida por certas soluções. Segundo a Lei de Lambert-Beer, a quantidade de energia absorvida por uma solução é diretamente proporcional à concentração de substâncias (absorvedoras de energia radiante) presentes na mesma.

🗨️ O aparelho é composto por: uma fonte de luz, que usualmente é composta por uma lâmpada de tungstênio e uma de deutério; um monocromador, responsável por selecionar o comprimento de onda da luz que atravessa a solução (ex: prisma); uma cubeta, recipiente onde é posta a amostra analisada, ele pode ser de quartzo, vidro e acrílico; e um detector, dispositivo que identifica a fração de luz que passou pela amostra e passa para visor acoplado ao aparelho.

Figura 2: Imagem representativa do interior de um espectrofotômetro.



Fonte: Sinergia Científica.

🗨️ Com base na imagem acima, o funcionamento do espectrofotômetro se dá colocando a amostra dentro do aparelho. Em seguida, a fonte luminosa emite raios que passam pela fenda de entrada, os quais são fracionados em comprimentos de onda individuais pelo monocromador. A fenda de saída determina qual comprimento de onda que irá chegar na amostra, que está contida na cubeta. Por fim, a luz que atravessa a amostra é lida pelo detector.

Objetivos

A prática teve como objetivo a caracterização dos componentes químicos presentes na prática realizada no laboratório, a fim de obter os dados cinéticos da reação ocorrida. Com isso, também visamos a projeção de um reator químico para uma indústria de tingimento que produz uma corrente de efluente de $3\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, a qual apresenta o violeta cristal 10B (um dos reagentes utilizados na prática) em sua constituição, através de uma comparação entre tipos diferentes de reatores.

Material e Métodos

Materiais

- Erlenmeyer de 150 mL;
- Solução de hidróxido de sódio ($5 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$);
- Solução de violeta cristal 10B ($3 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$);
- Chapa agitadora;
- Agitador magnético;
- Cubeta;
- Pipeta automática;
- Espectrofotômetro;
- Proveta volumétrica de 50 mL;
- Termômetro;
- Cronômetro;
- Papel toalha.

Métodos

Inicialmente, foram fornecidas soluções de hidróxido de sódio e de violeta cristal 10B, com concentrações, respectivamente, de $5 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ e $3 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Da segunda (concentração de violeta cristal 10b), foram adicionados 50 mL, medidos em uma proveta volumétrica, a um erlenmeyer de 150 mL, junto de um agitador magnético. Este foi posicionado em uma chapa agitadora, a qual foi acionada, e aguardou-se a estabilização de sua temperatura. Em seguida, foi adicionado rapidamente 50 mL da solução padronizada de NaOH, dando início a uma contagem de tempo através de um cronômetro. Também foi colocado o termômetro visando medir a temperatura da mistura em tempo real.

Acompanhando a contagem de tempo, foram retiradas amostras de 10 mL da mistura utilizando uma pipeta automática nos intervalos de 1, 2, 4, 6, 8, 10 e 15 minutos. Tal volume

foi transferido para uma cubeta e foi realizada a leitura da absorbância no espectrofotômetro, configurado a uma faixa espectral de λ de 500 nm. Buscou-se reduzir os atrasos nas medições retirando as amostras antes do tempo previsto, anotando os momentos específicos nos quais as medidas foram realizadas. Anotou-se os valores de absorbância e retornou-se o volume utilizado no aparelho ao meio reacional.

Resultados e Discussão

Prática Laboratorial

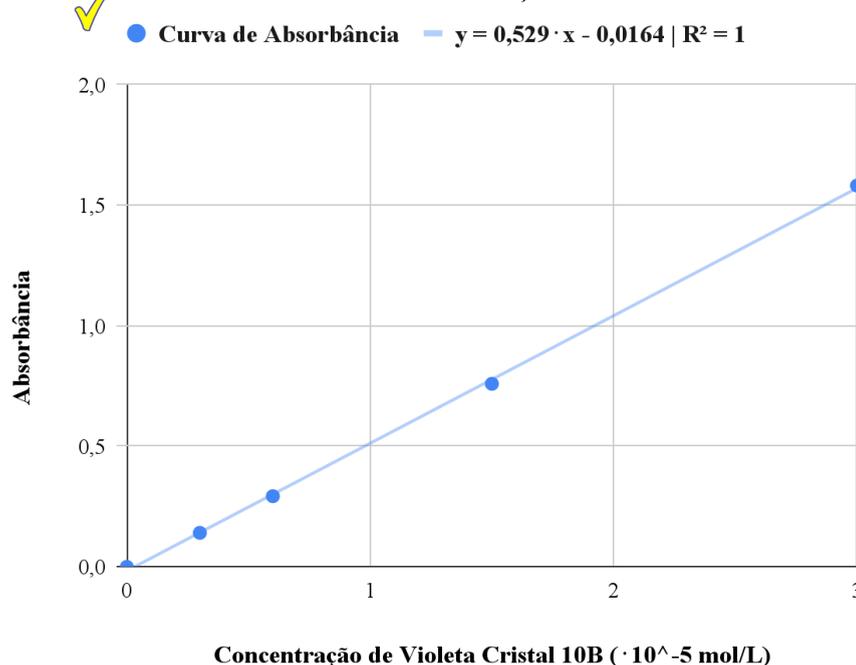
No experimento realizado, obteve-se os valores de absorbância com relação ao tempo, dispostos na tabela 2, além da medida de temperatura de aproximados 19 °C. Também foi fornecida uma tabela pelo docente, possibilitando o desenvolvimento da curva de absorbância do reagente através da linha de tendência resultante dos pontos dados, desenvolvida pela equipe no software Planilhas do Google®.

Tabela 1: Dados para a elaboração da curva de absorbância.

Concentração de Violeta Cristal 10b ($\cdot 10^{-5}$ mol/L)	Absorbância
0	0
0,3	0,141
0,6	0,293
1,5	0,759
3	1,581

Fonte: Fornecido pelo docente, 2023.

Gráfico 1: Curva de absorvância da solução de Violeta Cristal 10B.



Fonte: Autores (2023).

Como pode ser observado no gráfico, a equação da curva de absorvância é dada pela equação 4 e seu coeficiente de regressão é igual a 1. Assim, é possível o cálculo da concentração de violeta cristal 10B, equivalente ao “x” da equação, considerando os valores de absorvância medidos durante a prática, os substituindo em “y”, como no exemplo a seguir, para $y = 0,393$:

$$y = 0,529 \cdot x - 0,0164 \quad (4)$$

Calculando a concentração de exemplo:

$$0,393 = 0,529 \cdot x - 0,0164$$

$$0,393 + 0,0164 = 0,529 \cdot x$$

$$x = \frac{0,4094}{0,529}$$

$$x = 0,774 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Também foi calculada a concentração inicial (C_{v0}) e sua respectiva absorvância, utilizando a relação descrita em 4, considerando a mistura entre 50 mL (V_v) de violeta cristal 10B a $3 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (C_v) e 50 mL (V_H) de hidróxido de sódio a $3 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (C_H), a partir da seguinte equação:

$$C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_B \quad (5)$$

Na qual, C_A e C_B são as concentrações inicial e de mistura, respectivamente, e V_A e V_B , os volumes.

$$C_v \cdot V_v = C_{v0} \cdot (V_H + V_v)$$

$$3 \cdot 10^{-5} \cdot 50 = C_{v0} \cdot (50 + 50)$$

$$C_{v0} = \frac{150 \cdot 10^{-5}}{100}$$

$$C_{v0} = 1,5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Tabela 2: Valores de concentração de Violeta Cristal 10B calculados para cada absorvância com relação ao tempo de medição.

Tempo Nominal (min)	Tempo medido (min)	Absorvância	Concentração de Violeta Cristal 10B ($\cdot 10^{-5}$ mol/L)
00:00	00:00	0,777	1,500
01:00	01:52	0,501	0,978
02:00	03:07	0,393	0,774
04:00	04:20	0,321	0,638
06:00	06:20	0,227	0,460
08:00	08:07	0,163	0,339
10:00	10:04	0,117	0,252
15:00	15:01	0,072	0,167

Fonte: Autores (2023).

Como foi relatado previamente, a reação que ocorre entre o violeta cristal 10B e o hidróxido de sódio realizada no laboratório pode se comportar como de pseudo-primeira ordem no caso de excesso do segundo reagente. Visando descobrir as características deste comportamento, calcula-se também a concentração do hidróxido de sódio após a mistura, considerando a relação 5.

$$C_h \cdot V_h = C_{h0} \cdot (V_H + V_v)$$

$$5 \cdot 10^{-2} \cdot 50 = C_{h0} \cdot (50 + 50)$$

$$C_{h0} = \frac{2,5}{100}$$

$$C_{h0} = 2,5 \cdot 10^{-2} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Como $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \gg 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, tem-se que o NaOH está em excesso, o que possibilita a consideração dada anteriormente - a reação que ocorreu no laboratório é de pseudo-primeira ordem. Considerando esta característica, somado ao fato do experimento ser realizado como um reator em batelada, cuja vazão de entrada e saída foram 0, implicando na existência de acúmulo, com temperatura e volume constantes, faz-se um balanço de massa para o reagente violeta cristal 10B, cuja reação segue a lei de velocidade expressa pela equação 3.

Balanço de massa

$$[entra] - [sai] \pm [reage] = [acúmulo]$$

$$0 - 0 - r_v \cdot V = \frac{dC_v \cdot V}{dt}$$

$$- r_v \cdot V = V \cdot \frac{dC_v}{dt} + C_v \cdot \frac{dV}{dt}$$

$$r_v = - \frac{dC_v}{dt}$$

$$k_v \cdot C_v = - \frac{dC_v}{dt}$$

$$k_v dt = - \frac{dC_v}{C_v}$$

$$\int_{t=0}^t k_v dt = \int_{C_{v0}}^{C_{vf}} - \frac{dC_v}{C_v}$$

$$k_v \cdot t = - (\ln C_{vf} - \ln C_{v0})$$

$$- k_v \cdot t = \ln\left(\frac{C_{vf}}{C_{v0}}\right) \quad (6)$$

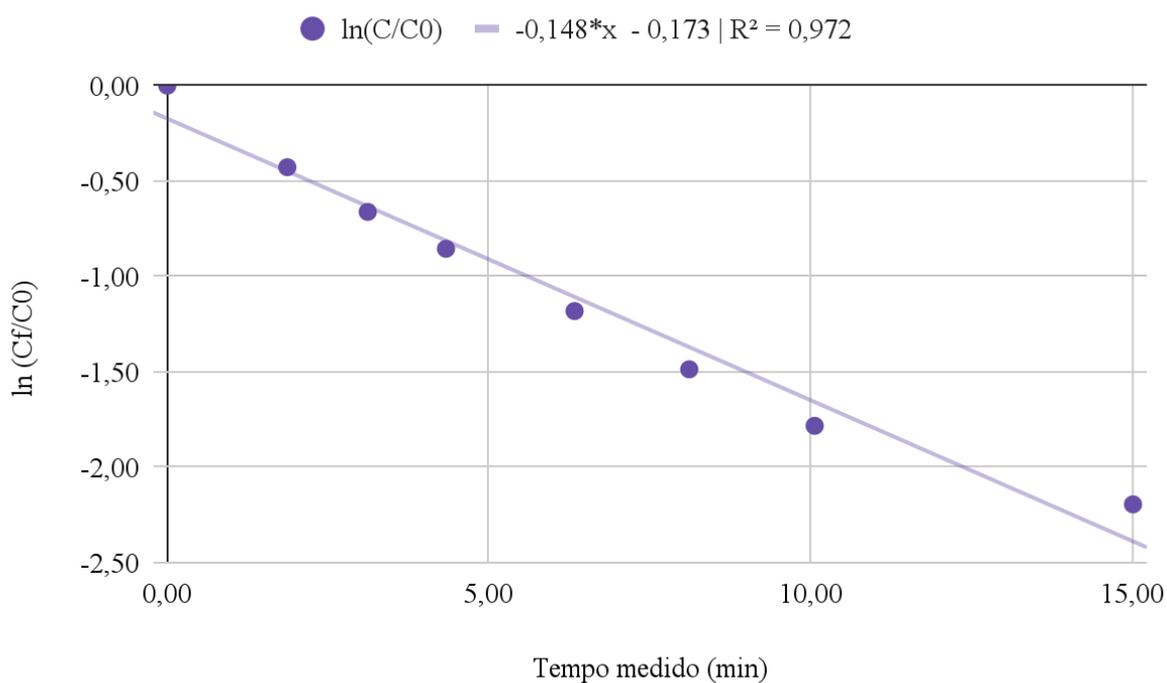
Com a determinação da equação 6, foi feito um gráfico relacionando os valores de $\ln\left(\frac{C_{vf}}{C_{v0}}\right)$, como “y”, e t, como “x”, a partir dos pontos calculados na tabela 3. A partir da linha de tendência dos pontos desenvolvida pelo software Planilhas do Google®, foi possível a determinação de “k_v”, equivalente ao coeficiente angular da reta desenhada.

Tabela 3: Valores de $\ln\left(\frac{C}{C_0}\right)$ com relação ao tempo.

Concentração de Violeta Cristal 10B ($\cdot 10^5$ mol/L)	C/C0	$\ln(C/C_0)$	Tempo medido (min)
1,5	1,0	0,00	0,00
0,978	0,652	-0,43	1,87
0,774	0,516	-0,66	3,12
0,638	0,425	-0,86	4,33
0,460	0,307	-1,18	6,33
0,339	0,226	-1,49	8,12
0,252	0,168	-1,78	10,07
0,167	0,111	-2,195	15,02

Fonte: Autores (2023).

Gráfico 2: Valores de $\ln\left(\frac{C}{C_0}\right)$ com relação ao tempo.



Fonte: Autores (2023).

Disposto o gráfico 2, também contendo o valor do coeficiente de regressão $R^2 = 0,972$, tem-se que a equação para determinação da constante de velocidade desejada é:

$$y = -0,148 \cdot x - 0,173 \quad (7)$$

Portanto, como “ k_v ” é negativo na relação dada pela equação 6, seu valor é $0,148 \text{ min}^{-1}$. Com este valor, é possível determinar a constante de velocidade (k) para a reação, que segue a expressão 2 disposta anteriormente, considerando a concentração de NaOH calculada anteriormente.

$$k \cdot C_{v0} \cdot C_{h0} = -k_v \cdot C_{v0}$$

$$k = \frac{-k_v}{C_{h0}}$$

$$k = \frac{0,297}{0,025}$$

$$k = 11,88 \frac{\text{L}}{\text{s} \cdot \text{mol}}$$

Com ambas as constantes de reação calculadas, é possível realizar a aplicação destas no estudo de caso proposto. Ao comparar seus valores com aqueles de trabalhos realizados nesta área (ALVES; MADUREIRA, 2003), sabendo a temperatura medida no experimento, percebe-se que os resultados se encontram relativamente próximos ao esperado. Calculou-se k_v em segundos para a comparação.

$$k_v = 0,148 \frac{1}{\text{min}} = \frac{0,148}{60} \frac{1}{\text{s}} \approx 0,0025 \frac{1}{\text{s}}$$

Tal valor se encontra abaixo dos valores calculados no experimento realizado em 2003, apesar da temperatura em que foi realizado o atual estar dentro da faixa do anterior ($16 \text{ }^\circ\text{C}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$). Isso pode se dar por erros inerentes às práticas, como a condição de ambos os reagentes e outras características do ambiente. Além disso, a partir da análise dimensional, tem-se que suas unidades estão de acordo com o esperado para reações de suas respectivas ordens - tanto $1 \cdot \text{T}^{-1}$ para um k_v de pseudo-primeira ordem, quanto $\text{L}^3 \cdot \text{T}^{-1} \cdot \text{N}^{-1}$ para um k de segunda ordem.

Ademais, pode-se afirmar que o comportamento dos gráficos está dentro do esperado, pois seguiu o que foi descrito na teoria anteriormente - o hidróxido de sódio funciona como um reagente em excesso, realizando o consumo do violeta cristal quase em sua totalidade. Observa-se que, apesar do NaOH estar em excesso e poder consumir todo o violeta cristal 10B, isto não ocorre. Ao analisar a tabela com as concentrações do reagente, tem-se que, como um todo, a diferença entre uma concentração e outra se reduz ao longo do tempo, indicando que há uma redução na velocidade da reação e, conseqüentemente, do consumo deste. Como está colocado na equação 2, no caso de pseudo-primeira ordem, quando a

concentração de reagente tende a 0, a velocidade com que este é consumido também tende. Ou seja, pode-se afirmar que o experimento teve um comportamento próximo do esperado pela teoria.

Aplicação

Uma indústria de tingimento gera uma corrente efluente de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, contendo violeta cristal 10B em uma concentração de $1,22 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. Esse efluente industrial deve ser tratado em um reator por meio da adição de uma corrente de hidróxido de sódio na concentração de $6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, em uma vazão de $60 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$. Qual deve ser o volume do reator e o tempo de detenção hidráulica para que uma conversão do corante de 90% seja atingida?

Dados:

$$Q_V = 3 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} = 3 \cdot 10^3 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$C_V = 1,22 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$Q_H = 60 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$C_H = 6 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$X_R = 90\%$$

Visando deixar todas as variáveis dependentes do número de mols dos compostos para que seja possível realizar o balanço de massa para os reatores que seguem, calcula-se a vazão mássica (\dot{m}) de ambos:

Para o violeta cristal:

$$\dot{m}_V = C_V \cdot Q_V$$

$$\dot{m}_V = 1,22 \cdot 3 \cdot 10^3 \quad \rightarrow \quad \dot{m}_V = 3660 \frac{\text{g}}{\text{h}}$$

Para o hidróxido de sódio:

$$\dot{m}_H = C_H \cdot Q_H \quad \rightarrow \quad \dot{m}_H = 6 \cdot 60$$

$$\dot{m}_H = 360 \frac{\text{g}}{\text{h}}$$

Com as vazões mássicas calculadas, é possível determinar a vazão molar (Q_M) dos compostos, assim como a concentração molar para o violeta cristal (C_{MV}).

Para o violeta cristal:

$$M_V = 407,98 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$Q_{MV} = \frac{\dot{m}_V}{M_V}$$

$$Q_{MV} = \frac{3660}{407,98} \quad \rightarrow \quad Q_{MV} = 8,97 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

$$C_{MV} = \frac{Q_{MV}}{Q_v} \quad \rightarrow \quad C_{MV} = \frac{8,97}{3000}$$

$$C_{MV} = 3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Para o NaOH:

$$M_H = 39,99 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$Q_{MH} = \frac{\dot{m}_H}{M_H} \quad \rightarrow \quad Q_{MH} = \frac{360}{39,99}$$

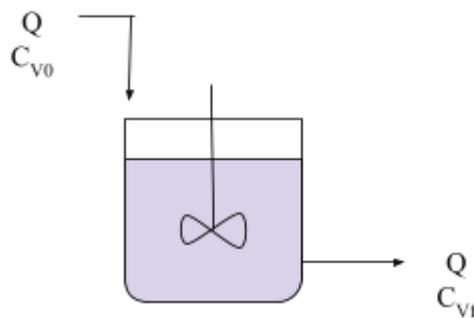
$$Q_{MH} = 9,00 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

Além de possibilitar os cálculos realizados no balanço de massa dos reatores escolhidos, também é possível considerar a reação que ocorre neles como de pseudo-primeira ordem. Como foi explicado anteriormente, a proporção entre os reagentes é de 1:1, tornando o NaOH um reagente em excesso no caso apresentado, conferindo este comportamento à reação.

Para analisarmos a melhor alternativa de tratamento, realizamos os balanços de massa para um reator ideal de mistura perfeita e para um reator tubular ideal, de modo a determinar em ambos o tempo de detenção hidráulica e, a partir deste, o volume necessários para a remoção de 90% do corante, nas dadas condições de vazão.

1º Reator - Ideal de Mistura perfeita

Figura 1: Reator de mistura perfeita



Fonte: Autores, 2023.

Condições do reator:

- Reator Ideal de Mistura Perfeita
- Reação homogênea
- Reação isotérmica e isovolumétrica

- Regime permanente

Balço de massa:

Considerando o rendimento de 90%, tem-se que a concentrao final deve ser 10% da inicial, ou seja, $C_{V0} \cdot 0,1 = C_{Vf}$. Tambm vale destacar que a vazão de entrada para ambos os reatores avaliados é representada por Q e representa a soma das vazões de violeta cristal e hidróxido de sódio.

$$[entra] - [sai] \pm [reage] = [acúmulo]$$

$$Q \cdot C_{V0} - Q \cdot C_{Vf} - r_v \cdot V = 0 \quad \rightarrow \quad Q(C_{V0} - C_{Vf}) = k_v \cdot C_{Vf} \cdot V$$

$$\frac{(C_{V0} - C_{V0} \cdot 0,1)}{k_v \cdot C_{V0} \cdot 0,1} = \theta h$$

$$\theta h = \frac{(0,003 - 0,0003)}{0,148 \cdot 0,0003} \quad \rightarrow \quad \theta h = 60,8 \text{ min} = 1,01 \text{ h}$$

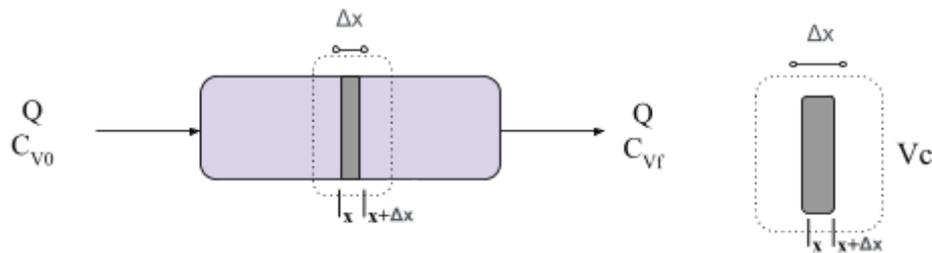
$$\theta h = \frac{V}{Q}$$

$$V = \theta h \cdot Q$$

$$V = 1,01 \cdot 3,060 = 3,0906 \text{ m}^3$$

2º Reator - Tubular Ideal

Figura 2: Reator tubular ideal



Fonte: Autores, 2023.

Condições do reator:

- Reação de segunda ordem
- Reação homogênea
- Reação isotérmica e isovolumétrica
- Regime permanente

Balço de massa:

$$[entra] - [sai] \pm [reage] = [acúmulo]$$

$$C_x \cdot Q - C_{x+\Delta x} \cdot Q - r_v \cdot V = 0 \quad \rightarrow \quad C_x \cdot Q - C_{x+\Delta x} \cdot Q - k_v \cdot C \cdot V = 0$$

$$Q(C_x - C_{x+\Delta x}) - k_v \cdot C \cdot A \cdot \Delta x = 0$$

$$\frac{C_x - C_{x+\Delta x}}{\Delta x} = -\frac{k_v \cdot C \cdot A}{Q} \quad \rightarrow \quad \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{C_x - C_{x+\Delta x}}{\Delta x} = -\frac{k_v \cdot C \cdot A}{Q}$$

$$\frac{dC}{dx} = -\frac{k_v \cdot C \cdot A}{Q} \quad \rightarrow \quad \frac{dC}{dV} = -\frac{k_v \cdot C}{Q} \quad \rightarrow \quad \frac{dC}{C} = -\frac{k_v}{Q} dV$$

$$\int_{C_{V_0}}^{C_{V_f}} \frac{dC}{C} = -\frac{k_v}{Q} \int_0^V dV$$

$$\ln(C) \Big|_{C_{V_0}}^{C_{V_f}} = -k \cdot \frac{V}{Q} \quad \rightarrow \quad \ln(C_{V_f}) - \ln(C_{V_0}) = -k \cdot \theta_h$$

$$\ln\left(\frac{C_{V_f}}{C_{V_0}}\right) = -k \cdot \theta_h$$

$$\theta_h = \frac{\ln\left(\frac{C_{V_0}}{C_{V_f}}\right)}{k} \quad \rightarrow \quad \theta_h = \frac{\ln\left(\frac{C_{V_0}}{C_{V_0} \cdot 0,1}\right)}{k} \quad \rightarrow \quad \theta_h = \frac{\ln\left(\frac{0,003}{0,0003}\right)}{0,148}$$

$$\theta_h = 15,55 \text{ min} = 0,26 \text{ h}$$

$$\theta h = \frac{V}{Q}$$

$$V = \theta h \cdot Q \quad \rightarrow \quad V = 0,26 \cdot 3,060 = 0,7956 \text{ m}^3$$

Com base nos cálculos realizados, foi comprovado que é possível obter a mesma eficiência de 90% em um reator tubular ideal de menor volume do que um de mistura perfeita, além do consumo do violeta cristal levar menos tempo. Portanto, essa seria a opção mais viável para o tratamento do efluente.

Conclusões

A partir da análise dos componentes utilizados em laboratório e os dados obtidos na prática, definimos que a degradação do composto violeta cristal 10B pelo reagente NaOH corresponde à uma reação de pseudo-primeira ordem possuindo constante cinética k_v de, aproximadamente, $0,0025 \frac{1}{s}$.

Como descrito na resolução e discussão, a constante não atingiu um valor similar ao apresentado no relatório de comparação. Assumimos que isso se deve a ocorrência de possíveis divergências entre ambos, como as características climáticas de cada região, a presença de erro humano e, como há ausência de descrição, o processo utilizado na obtenção dos dados base da outra constante.

Concluimos que, entre os reatores analisados, o tipo Tubular Ideal seria a melhor opção pois exige uma menor quantidade de volume para degradar a mesma percentagem do

crystal nas condições de NaOH em excesso, além do tempo de detenção resultar em um valor menor que aquele calculado para o reator de Mistura Perfeita. Em síntese, consideramos que as expectativas, consideradas nos objetivos, foram atingidas.

Referências Bibliográficas

- ALVES, J. B. C.; MADUREIRA, M. F. R. **Determinação da Constante Cinética e Energia de Activação da Reacção Homogénea em Fase Líquida do Violeta-Cristal com o Hidróxido de Sódio.** Departamento de Engenharia Química, 2003. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~eq00026/leq3/leq_3_t3_rel.pdf>. Acesso em 10 de maio de 2023.
- BIRON, C. **Caroço de azeitona (Olea Europea L.): preparação, caracterização e sua aplicação como biossorvente na remoção do corante violeta de metila de solução aquosa.** Universidade Federal do Pampa, 2016. Disponível em: <<https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/rii/1942/1/Camille%20Biron%20-%202016.pdf>>. Acesso em: 11 de maio de 2023.
- CONCEIÇÃO, A.C.L.; DIOGO, H.P. **Determinação de parâmetros cinéticos em fluxo com câmara de gradiente e detecção espectrofotométrica: aplicação à reação entre o violeta de cristal e o ião hidróxido.** 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/qn/a/w7564SYfXXm3XXsH3BHhFyN/?lang=pt#>>. Acesso em: 11 de maio de 2023.
- JUNIOR, A.C.B.; DA CRUZ, A.J.G. **Reatores químicos e bioquímicos: um texto introdutório.** UFSCAR, 2012.
- LEVENSPIEL, O. **Engenharia das Reações Químicas.** Editora Blucher, 1983.
- OLIVEIRA, N.M.B. **Fundamentos de cinética e introdução ao cálculo de reatores.** Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017. Disponível em: <http://cm-cls-content.s3.amazonaws.com/201702/INTERATIVAS_2_0/FUNDAMENTOS_DE_CINETICA_E_INTRODUCAO_AO_CALCULO_DE_REATORES/U1/LIVRO_UNICO.pdf>. Acesso em 11 de maio de 2023.
- SINERGIA CIENTÍFICA. **Espectrofotômetro: Para que serve? Como funciona? Quais são seus componentes?**, 2021. Disponível em: <<https://www.sinergiacientifica.com.br/espectrofotometro-para-que-serve-como-funciona-quais-sao-seus-componentes/>> Acesso em: 10 de maio de 2023.