

COMPORTAMENTO ESPECTROFOTOMÉTRICO DO AZUL ÍNDIGO EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE pH

BRUNA AMORIM DE ALENCAR COSTA¹; ESTEFANI TAVARES JANSEN²;
RÉGIS DA SILVA PEREIRA³

¹*Instituto Federal Sul-Rio-Grandense Campus Pelotas – brunacosta.pl026@academico.ifsl.edu.br*

²*Instituto Federal Sul-Rio-Grandense Campus Pelotas – estefanijansen@ifsl.edu.br*

³*Instituto Federal Sul-Rio-Grandense Campus Pelotas – regispereira@ifsl.edu.br*

1. INTRODUÇÃO

A utilização de corantes sintéticos nas indústrias tem se tornado cada vez mais presente, sendo uma consequência de estudos e evolução tecnológica, fatores que permitam que as propriedades químicas dos corantes sintéticos se aproximem cada vez mais das propriedades dos corantes naturais (PEREIRA, ROZENTALSKI, 2023).

Atualmente, estes corantes sintéticos são os mais utilizados em razão de sua pigmentação, durabilidade e alta variedade de cores. Além de terem custo reduzido quando comparado aos corantes naturais, fazendo com que cada vez mais as indústrias utilizem deste tipo de corante (YAMANAKA, 2016).

A classificação dos corantes sintéticos têxteis pode se dar de duas maneiras, sendo elas: fórmula molecular e o modo como ele é fixado nas diferentes fibras de tecido. A classificação pela fórmula molecular dos corantes consiste em agrupar os corantes pelas estruturas semelhantes, facilitando a rápida identificação dentro dos setores. Enquanto a classificação pelo modo de fixação em diferentes fibras costuma ser adotada por ser o método de classificação utilizado pelo *Colour Index*, sistema de classificação de corantes e pigmentos utilizado mundialmente, segundo a *Society of Dyers and Colourists* (2025).

O corante sintético Azul Indigo possui fórmula molecular $C_{16}H_{10}O_2N_2$, pertence a classe indigóide e corantes à tina. Utilizado principalmente na indústria têxtil com aplicação mais usual sendo o tingimento de roupas (MOREIRA, 2019).

Sabe-se que a utilização de corantes sintéticos na indústria têxtil gera um grande montante de resíduos após o tingimento de roupas, frequentemente descartados de maneira incorreta em efluentes, gerando quase 200 L de águas residuárias a cada 1 kg de tecido tingido. Estima-se que cerca de 20% do corante utilizado para o tingimento não se fixa entre as fibras dos tecidos, resultando na poluição ambiental e repercutindo também na saúde humana, por serem altamente tóxicos, mutagênicos e carcinogênicos (JÚNIOR, 2024).

Como consequências deste descarte inadequado na fauna e flora local, podemos elencar: a falta de oxigenação nos efluentes, devido a coloração d'água, fazendo com que a luz que deveria passar, faça esse processo de forma reduzida ou até mesmo não consiga entrar no corpo hídrico, e assim os microrganismos autotróficos não recebem a luz necessária para a realização da fotossíntese e como resultado, não há a oxigenação adequada, abalando o resto da cadeia ali presente, e ao ser absorvido por outros animais pode causar a intoxicação dos mesmos (BARROS, 2019).

Dessa forma, é necessário que haja uma maior atenção no tratamento destes efluentes antes do seu descarte, sendo o método adequado de quantificação destes poluentes de grande relevância.

A quantificação destes corantes pode ser realizada por métodos de análises como: espectroscopia de infravermelho, espectroscopia de Ramans e Sers, espectrofotometria ou pela técnica “Elisa”. A espectrofotometria UV-VIS como método de análise, apesar de ser considerada uma técnica mais simples, é rápida, de baixo custo e bastante efetiva para a quantificação de corantes. Este método consiste na passagem de um feixe de luz pela amostra, onde parte dessa luz é absorvida pelo corante e, quanto maior a quantidade de luz absorvida, maior será a concentração presente (YAMANAKA, 2016).

Esta absorção pode ser influenciada por diversos fatores, entre eles, o pH. A variação do pH da amostra pode influenciar significativamente a maneira como a luz interage com as moléculas de corante presentes, afetando sua absorção, coloração e até outras propriedades físico-químicas. Sendo assim, o pH pode afetar o valor do comprimento de onda a ser utilizado, assim como a absorbância a ser registrada para condições semelhantes em pHs distintos (SEBESTYEN, 2011).

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento espectrofotométrico do corante Azul Índigo comercial em diferentes condições de pH.

2. METODOLOGIA

A solução de corante que foi utilizada para a avaliação espectrofotométrica foi preparada diluindo-se 38 g de corante comercial em 1 L de água fervente e, depois de resfriada, avolumada até 5 L. Sendo armazenada em um galão plástico translúcido e fora do alcance de luz.

A partir da solução produzida, foi preparada uma nova solução que consiste na diluição da primeira em 20 vezes. Para que a solução nova seja equivalente ao efluente que seria tratado industrialmente, considerando um grau de fixação de 80% da solução inicial do corante. Assim, utilizou-se 200 mL da solução produzida sendo completada até 1 L, obtendo a nova solução com concentração 0,38 g/L.

A partir desta última solução, realizou-se a correção do pH. Para o primeiro conjunto de amostras (A1) que foi realizada a leitura, utilizou-se o pH da própria amostra (pH = 5,98). Em seguida, realizou-se a alteração do pH do conjunto A2 para 3,28, adicionando-se ácido clorídrico 0,1 N da marca Haloquímica Ind. E Com. LTDA e posteriormente, a alteração de pH para 10,1 do conjunto A3, utilizando hidróxido de sódio 0,1 N da marca Proton Química. Sendo todas as alterações mensuradas por fitas de medição de pH, marca pH-Fix 0-14 Macherey-Nagel e por pHmetro Marte MB-10.

A varredura foi realizada por espectrofotometria, utilizando um espectrofotômetro AJX-1000 UV/VIS, com cubeta de vidro de 1 cm de caminho ótico. As medidas foram realizadas no intervalo de comprimento de onda entre 400 nm e 800 nm, com incrementos de leitura de 50 nm, posteriormente de 10 nm entre o intervalo de maior absorção observado durante a primeira varredura e depois incrementos 1 nm entre o intervalo de maior absorção observado durante a segunda varredura.

Os espectros de absorção obtidos foram analisados quanto à intensidade de absorção e ao deslocamento do comprimento de onda de máxima absorção, visando identificar possíveis alterações estruturais ou eletrônicas do corante em função do pH. A análise estatística do comportamento espectrofotométrico foi realizada utilizando o teste t pareado ponto a ponto com nível de significância de 5%, comparando o comportamento das soluções de diferentes pHs de 2 em 2.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Assim, para todos os pares de pH comparados, houve uma diferença estatística significativa ($p\text{-value} < 0,05$) em relação a magnitude dos valores de absorbância observados (Tabela 1), mas a absorbância máxima foi observada no mesmo comprimento de onda (572 nm) para todos os pHs (Figura 1).

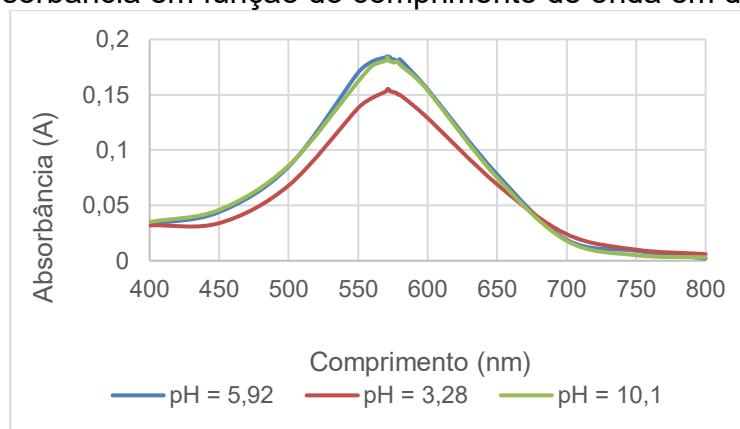
Tabela 1: Comparação estatística da absorbância em função do pH.

Comparação	pH 3,28/5,92	pH 3,28/10,1	pH 5,92/10,1
p-value	$5,30 \times 10^{-7}$	$7,32 \times 10^{-7}$	$1,93 \times 10^{-3}$

Fonte: Elaborado pelo autor.

O valor do comprimento de onda para máxima absorbância não ter sido alterado pelo pH indica que não houve alteração relevante na estrutura molecular do cromóforo do corante responsável pela absorção da luz, conforme demonstrado por Nitschke et al (2021).

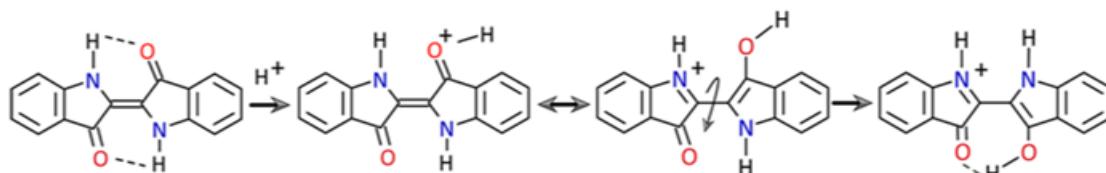
Figura 1: Absorbância em função do comprimento de onda em diferentes pHs.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Entretanto, em pH ácido, o grupo C=O que compõe o cromóforo possui um par de elétrons conjugados suscetível a protonação, resultando na redução da ressonância como apresentado na Figura 2. Esta condição pode limitar a absorção de luz pela molécula de acordo com o equilíbrio estabelecido, conforme observado por Rao et al (2016).

Figura 2: Esquema da molécula de Indigo após a protonação.



Fonte: MUNSHI et al. (2019).

4. CONCLUSÕES

A partir destes dados experimentais, pode-se concluir que o pH influência no comportamento espectrofotométrico do corante sintético Azul Indigo, alterando a maneira como o corante absorve a luz, mas sem alterar o comprimento de onda de maior absorção nas condições experimentais utilizadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, E. **Remoção De Corante De Efluente Têxtil Sintético Utilizando Floculação Iônica.** 2019. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- JÚNIOR, W.; AZEVEDO, F. Corantes Sintéticos E Seus Impactos Ambientais: Desafios, Legislação E Inovações Tecnológicas Sustentáveis. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 10, n. 12, p. 6 – p. 9, 2024.
- MOREIRA, S. **Efeitos Ecotoxicológicos Dos Corantes Índigo Sintético E Natural Sobre A Microalga Raphidocelis Subcapitata E Sobre O Peixe Danio Rerio.** 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Área de Concentração Diagnóstico, Recuperação Ambiental, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.
- MUNSHI, M. U.; MARTENS, J.; BERDEN, G.; OOMENS, J. Protoisomerization of Indigo and Isoindigo Dyes Confirmed by Gas-Phase Infrared Ion Spectroscopy. **The Journal of Physical Chemistry A**, v. 123, n. 38, p. 8226–8233, 26 set. 2019.
- NITSCHKE, P.; JARZABEK, B; BEJAN, A. E.; DAMACEANU, M. D. Effect of Protonation on Optical and Electrochemical Properties of Thiophene–Phenylene-Based Schiff Bases with Alkoxy Side Groups. **The Journal of Physical Chemistry B**, v. 125, n. 30, p. 8588–8600, 5 ago. 2021.
- PEREIRA, A.; ROZENTALSKI, E. A Produção de Corantes Sintéticos no Século XIX e suas Implicações Sociais. **V. Simpósio de Iniciação Científica: Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil**, Brasil, v. 2022, p. 1 - 4, 2023.
- RAO, CH. V. *et al.* Studies on pH-dependent color variation and decomposition mechanism of Brilliant Green dye in Fenton reaction. **International Journal of Industrial Chemistry**, v. 7, n. 1, p. 71–80, 7 mar. 2016.
- SEBESTYEN, S. pH change induces shifts in the size and light absorption of dissolved organic matter. **Biogeochemistry**, v. 108, p. 109-118, 2011.
- Society of Dyers and Colourists. **Colour Index**. Colour Index, Bradford. Especiais. Acessado em 13 jul. 2025. Online. Disponível em: <https://colour-index.com/about>
- YAMANAKA, M. **Corantes: Caracterização Química, Toxicológica, Métodos de Detecção e Tratamento.** São Paulo: UNESP, 2016