

## ANÁLISE DE CALIBRAÇÃO ESPECTROFOTOMÉTRICA DE UM PROTÓTIPO PARA APLICAÇÕES EM PROCESSOS FOTOCATALÍTICOS

William Oliveira Alves (IC), Guilherme Oliveira Siqueira (PQ)

*1Universidade Federal de Itajubá*

Palavras-chave: absorptividade. Espectrofotômetro. fotocatalise. linearidade. protótipo.

### Introdução

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo de espectrofotômetro de baixo custo, destinado à automação da análise de substâncias submetidas a processos fotocatalíticos. A relevância da pesquisa está associada à busca por alternativas acessíveis e eficientes para monitoramento de reações químicas, especialmente em tratamentos de efluentes (Silva et al., 2021). Foram utilizados corantes orgânicos como azul de metileno, alaranjado de metila e rodamina B, devido às suas propriedades espectroscópicas bem definidas, que permitem o acompanhamento preciso das reações fotocatalíticas.

### Metodologia

O protótipo foi construído com componentes eletrônicos de fácil acesso e baixo custo. Na fase atual, encontra-se em validação por meio da comparação de seus resultados com dois espectrofotômetros comerciais. Foram obtidas curvas de absorbância em função da concentração, segundo a Lei de Beer-Lambert (Skoog et al., 2014), para diferentes corantes orgânicos.

Para a avaliação experimental, foram utilizados quatro tipos de testes:

Teste 1 – Curva padrão em solução tampão: prepararam-se soluções do corante apenas em solução tampão, abrangendo **uma faixa de** concentrações mais elevadas, a fim de verificar a resposta do sistema sem a interferência de matriz.

Teste 2 – Amostras simuladas em água de abastecimento: semelhante ao primeiro, mas com soluções preparadas a partir de água de abastecimento

da cidade, de forma a representar condições mais próximas de aplicação real.

Teste 3 – Faixa de baixas concentrações: neste teste, trabalhou-se com concentrações entre 0,1 e 8 ppm. Primeiramente, foi construída uma curva padrão em tampão; em seguida, foram analisadas três concentrações de amostras simuladas (0,2, 4 e 8 ppm) para validação comparativa.

Teste 4 – Repetibilidade: consistiu na realização de 10 leituras sucessivas de uma mesma concentração em cada equipamento, com o objetivo de calcular o desvio-padrão experimental e avaliar a reprodutibilidade do protótipo em relação aos espectrofotômetros comerciais.

### Resultados e discussão

Os resultados obtidos evidenciam que o protótipo “Apolo” apresentou desempenho consistente em comparação com dois espectrofotômetros comerciais de referência, para diferentes corantes orgânicos. Em todos os casos, observou-se elevada linearidade nas curvas de calibração, com valores de  $R^2$  superiores a 0,99 na maior parte das condições testadas.

Na faixa de 0,1 a 8 ppm, o protótipo exibiu comportamento praticamente idêntico ao dos equipamentos comerciais, com coeficientes de **linearidade** próximos à unidade. Para concentrações mais elevadas (0,1 a 40 ppm), verificou-se que o Apolo manteve boa linearidade, enquanto os equipamentos comerciais apresentaram quedas significativas, sobretudo no caso do Comercial 1.

Além disso, o coeficiente angular das curvas do protótipo foi compatível com os valores obtidos nos espectrofotômetros comerciais, indicando boa

*“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”*

capacidade de quantificação. O coeficiente linear (intercepto), por sua vez, apresentou valores próximos de zero, o que é desejável, refletindo baixa interferência e calibração adequada do sistema (Skoog et al., 2014).

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos para o teste realizado com soluções preparadas apenas em tampão, sem interferência de matriz, considerando três corantes e duas faixas de concentração.

**Tabela 1 – Parâmetros de calibração obtidos no teste com solução tampão, comparando o protótipo (Apolo) e espectrofotômetros comerciais.**

Corante	Faixa (ppm)	Equipamento	R <sup>2</sup>	Coef. Angular	Coef. Linear
<b>Rodamina B</b>	0,1–8	Apolo	0,9988	0,0374	-0,0081
		Comercial 1	0,9998	0,1252	-0,0056
		Comercial 2	0,9842	0,0976	0,0313
	0,1–40	Apolo	0,9950	0,0278	0,0197
		Comercial 1	0,8797	0,0594	0,2246
		Comercial 2	0,9719	0,0679	0,1356
<b>Alaranjado de Metila</b>	0,1–8	Apolo	0,9982	0,0721	-0,0013
		Comercial 1	0,9997	0,0726	-0,0014
		Comercial 2	0,9997	0,0728	0,0008
	0,1–40	Apolo	0,9989	0,0637	0,0228
		Comercial 1	0,9903	0,0595	0,0483
		Comercial 2	0,9981	0,0643	0,0295
<b>Azul de Metileno</b>	0,1–8	Apolo	0,9983	0,0656	0,0067
		Comercial 1	0,9982	0,0987	0,0067
		Comercial 2	0,9978	0,0981	0,0070
	0,1–40	Apolo	0,9985	0,0647	0,0098
		Comercial 1	0,9412	0,0595	0,1519
		Comercial 2	0,9657	0,0671	0,1248

## *“Do conhecimento acadêmico à transformação sustentável: inovação com validação científica”*

### **Conclusões**

O protótipo desenvolvido apresentou resultados promissores para aplicações em análises fotocatalíticas, demonstrando desempenho comparável ou até superior a equipamentos comerciais no que se refere à linearidade e calibração. No teste realizado com solução tampão, o sistema manteve coeficientes de determinação elevados ( $R^2 > 0,99$ ) e valores de coeficiente linear próximos de zero, confirmando boa qualidade da calibração e baixa interferência.

Os demais ensaios — com amostras simuladas em água de abastecimento, em baixas concentrações e de repetibilidade — apresentaram resultados muito promissores, que reforçam a confiabilidade e destacam a eficiência do protótipo. Assim, o sistema mostra-se como uma alternativa de baixo custo e alto desempenho para o monitoramento espectrofotométrico em processos fotocatalíticos.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) pelo apoio institucional.

### **Referências**

- [1] SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. Princípios de análise instrumental. 7. ed. Boston: Cengage Learning, 2014.
- [2] SILVA, L. F.; CUNHA, L. A.; LIMA, E. S.; SOUZA, F. C. Processos oxidativos avançados: uma revisão de fundamentos e aplicações no tratamento de águas residuais urbanas e efluentes industriais. *Ambi-Água*, v. 16, n. 1, p. 1–20, 2021.