

## Construção de equipamentos de baixo custo para laboratórios de ensino e pesquisa

Raisla F. da Silva (IFPB, Campus Catolé do Rocha), Raica de L. Martins (IFPB, Campus Cajazeiras), Antônio Paulo de P. Almeida (IFPB, Campus Catolé do Rocha), Tainá Souza Silva (IFPB, Campus Itabaiana), Alessandro T. S. da Silva (IFPB, Campus Catolé do Rocha), Adriana B. da C. Pereira (IFPB, Campus Catolé do Rocha).

**E-mails:** [raisla.fernandes@academico.ifpb.edu.br](mailto:raisla.fernandes@academico.ifpb.edu.br), [raica.lima@academico.ifpb.edu.br](mailto:raica.lima@academico.ifpb.edu.br), [antonio.almeida@academico.ifpb.edu.br](mailto:antonio.almeida@academico.ifpb.edu.br), [taina.silva@ifpb.edu.br](mailto:taina.silva@ifpb.edu.br), [alessandro.trindade@ifpb.edu.br](mailto:alessandro.trindade@ifpb.edu.br), [adriana.barbosa@ifpb.edu.br](mailto:adriana.barbosa@ifpb.edu.br).

**Área de conhecimento (Tabela CNPq):** 1.06.04.06-5 Instrumentação Analítica.

**Palavras-chave:** Agitação; fotometria; arduino, impressão 3D.

### 1. Introdução

A realização de experimentos químicos em ambientes de ensino e pesquisa é frequentemente limitada pela escassez de recursos financeiros e pela falta de infraestrutura, especialmente em instituições públicas (Hess, 1997).

Os fotômetros, por exemplo, são ferramentas fundamentais em análises químicas, ambientais e biológicas, permitindo a quantificação precisa de substâncias por meio da absorção de luz. Entretanto, o alto custo de espectrofotômetros comerciais representa um entrave para muitos laboratórios (Moreira et al., 2016; Rosa et al., 2019). A literatura aponta a viabilidade da construção de fotômetros de baixo custo, com uso de microcontroladores como Arduino e impressão 3D, mantendo a precisão analítica necessária (Oliveira & Leite, 2015; Sá et al., 2022).

De forma semelhante, os agitadores - essenciais para misturas eficientes em reações químicas e microbiológicas - também apresentam alto custo comercial, o que dificulta sua adoção em escolas e universidades com poucos recursos. Iniciativas como a de Díaz-Roncero et al. (2023) demonstram que é possível desenvolver agitadores orbitais funcionais com custo significativamente reduzido, empregando impressão 3D e microcontroladores. Neste contexto, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento de dois protótipos de baixo custo: um fotômetro operado via dispositivo móvel e um agitador mecânico com controle de tempo e rotação, ambos utilizando plataformas Arduino (Nano e Uno). Os equipamentos foram construídos com materiais acessíveis, demonstrando desempenho satisfatório e aplicabilidade tanto no ensino quanto na pesquisa, contribuindo para a democratização do acesso à instrumentação científica.

### 2. Materiais e métodos

#### • Fotômetro

O fotômetro foi desenvolvido a partir de peças projetadas no Fusion 360 e impressas em 3D com filamento PLA. O circuito utiliza um Arduino Nano, display LCD 16x2, sensor LDR, LED RGB, módulo Bluetooth, conector p4, *shield* para arduino, conector p4 e uma fonte 9V. Um aplicativo criado no MIT App Inventor permite controlar o dispositivo via celular, usando comunicação Bluetooth com a biblioteca <SoftwareSerial.h>

Figura 1 – Fotômetro (a) Estrutura e componentes; (b) Interface do aplicativo responsável pelo controle do equipamento.



Fonte: Própria, 2024.

#### • Agitador Mecânico

O agitador mecânico foi construído com peças projetadas no software Fusion 360 e impressas em 3D utilizando filamento PLA. Seu controle é realizado por uma placa Arduino Nano, complementada por um shield de expansão. O sistema contou com um motor DC de 6V responsável pelo movimento da haste agitadora, um display LCD 16x2 para exibição de informações, dois potenciômetros de 10k para ajuste de velocidade e tempo, e um botão de 16 mm para

iniciar ou parar o funcionamento. Além disso, foram utilizados um conector P4, uma haste de mixer comercial e uma barra de ferro estrutural. A alimentação do circuito é feita por uma fonte de 9V, que também energiza a ponte H, responsável pelo controle do motor. A montagem foi realizada com base em um diagrama eletrônico, integrando todos os componentes ao Arduino para garantir o funcionamento adequado do dispositivo.

Figura 2 – Alguns componentes base e da estrutura do agitador mecânico



Fonte: Própria, 2024.

### 3. Resultados e discussão

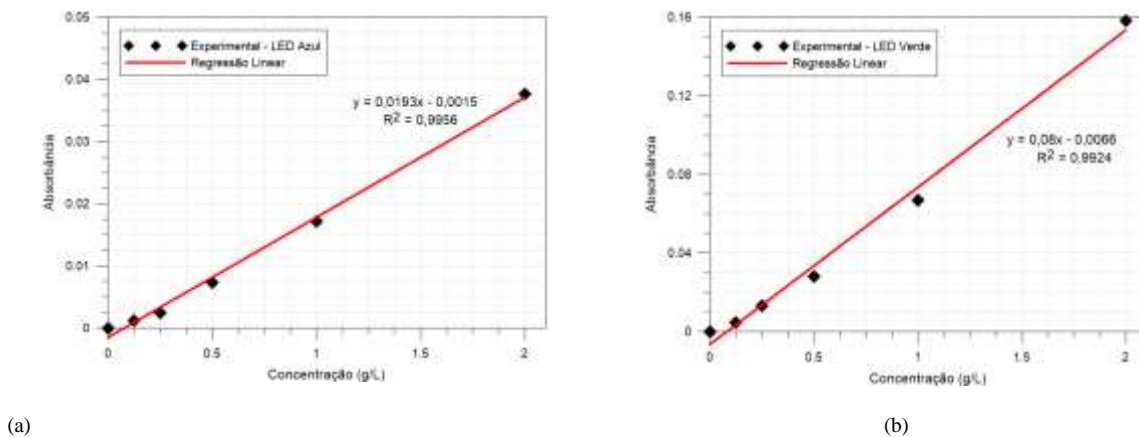
Para realização dos testes de bancada, foram preparadas soluções de corantes têxteis (azul e vermelho) em diferentes concentrações utilizando a equação derivada da Lei de Beer-Lambert (Equação 1), e a posteriori construídas as curvas de calibração para as soluções apresentadas.

$$A = \log \left( \frac{P_0}{P} \right) \quad (1)$$

Para a construção das curvas de calibração, foi inicialmente registrada a tensão do branco (água destilada), fornecendo o valor de  $P_0$ , que representa o sinal máximo detectado na ausência de absorvância. Em seguida, foram registradas as tensões transmitidas pelas soluções contendo corantes ( $P$ ), que sofrem atenuação de intensidade luminosa ao atravessar o meio absorvente.

Um total de 5 amostras de diferentes concentrações para cada corante, vermelho e azul, foram analisadas no fotômetro, para isto pequenas amostras das soluções foram inseridas vez a vez na cubeta do equipamento e posicionadas no interior do mesmo, após sua inicialização e leitura da água (branco/ medida referência). A Figura 3 apresenta os resultados obtidos após análise das soluções dos corantes com utilização de sua respectiva fonte emissora de luz (LED) nas concentrações de 0,125; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 g/L.

Figura 3 – Curva de calibração para (a) Corante vermelho utilizando o led azul como fonte emissora de luz; (b) Corante azul utilizando o led verde como fonte emissora de luz.



Fonte: Própria 2024

Ao analisar a Figura 3 é possível observar que a absorvância aumenta de forma linear com o aumento da concentração da solução, o que comprova a Lei de Beer-Lambert. Observa-se também que o erro quadrático médio obtido ( $R^2$ ), que diz respeito ao ajuste/ qualidade do modelo de regressão linear obtido, apresentou uma boa concordância dos dados observados para as leituras realizadas no instrumento desenvolvido. O ajuste obtido para os dados de absorvância versus concentração (g/L) a partir da regressão linear gerada para as leituras realizadas no fotômetro, permitiram encontrar as equações de reta iguais à  $y = 0,0193x + 0,0015$  e  $y = 0,08x - 0,0066$  para os corante vermelho e azul, respectivamente.

Ao realizar testes de agitação com o agitador mecânico, foram observados resultados satisfatórios em relação a estabilidade da base, no corpo (local onde fica o circuito elétrico) e na haste, além de controle de tempo e de velocidade. Dessa forma, além do baixo custo, os protótipos foram considerados viáveis e adequados para funcionamento em laboratórios, podendo ser utilizados em reações que necessitam de mistura de líquidos e soluções.

O orçamento para construção do agitador mecânico foi de R\$181,46. Esses valores mostram que esse protótipo apresenta baixo custo, uma vez que seus valores estão bem abaixo quando comparados com os equipamentos comercializados no mercado (valores acima de R\$ 1.200,00).

Tabela 1 – Valores dos materiais utilizados na construção dos equipamentos.

Descrição	Fotômetro		Agitador mecânico	
	Quantidade	Valor (R\$)	Quantidade	Valor (R\$)
Impressão de peças		19,71		31,13
Arduino nano	1	29,96	1	29,96
Shield Arduino	1	14,15	1	14,15
Motor dc 6V	-	-	1	7,88
Display LCD 16x2	1	20,8	1	20,8
Potenciômetro 10k	-	-	2	6,64
Botão 16mm	1	2,79	1	2,79
Conector p4	1	0,86	1	0,86
Fonte 9V Arduino	1	14,25	1	14,25
Ponte H	-	-	1	15,10
Barra de ferro estrutural arredondada	-	-	1	29,90
Haste inox	-	-	1	8,00
Led RGB	1	0,86	-	-
Sensor LDR	1	0,57	-	-
<b>Total</b>		<b>103,95</b>		<b>181,46</b>

Fonte: Própria, 2024.

#### 4. Considerações finais

Devido ao alto custo de agitadores mecânicos e fotômetros comerciais, desenvolvemos protótipos de baixo custo e fácil manuseio, visando ampliar o acesso a esses equipamentos em laboratórios de ensino e pesquisa. A escassez de referências na literatura nacional sobre a construção desses dispositivos reforça o caráter inovador do projeto.

O agitador mecânico possui controle de tempo e de rotações por minuto (RPM), garantindo maior precisão e reprodutibilidade dos experimentos. Já o fotômetro se destaca pela operação via dispositivo móvel, recurso que facilita seu uso e contribui para a automação dos processos. Atualmente, os equipamentos estão em pleno funcionamento e serão aplicados em projetos de pesquisa no campus, apoiando reações que demandam agitação controlada e análises fotométricas, com resultados mais eficazes e acessíveis.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal da Paraíba, campus Catolé do Rocha, pelo apoio para o desenvolvimento desta pesquisa.

#### Referências

- DÍAZ-RONCEROS, A.; GARCÍA, M.; MARTÍNEZ, J. **Desenvolvimento de agitador orbital de baixo custo utilizando Arduino e impressão 3D**. Química Nova, São Paulo, v. 48, n. 4, p. 432-437, 2023.
- MOREIRA, A. L.; COSTA, L. A.; PEREIRA, M. A. **Espectrofotometria de baixo custo: uma alternativa para laboratórios de ensino**. Química Nova, São Paulo, v. 39, n. 5, p. 543-549, 2016.
- HESS, R. **Química e ensino: desafios e perspectivas**. São Paulo: Editora da Universidade, 1997.
- OLIVEIRA, M. A. S.; LEITE, J. R. **Construção de fotômetro de baixo custo utilizando Arduino e impressão 3D**. Química Nova, São Paulo, v. 38, n. 4, p. 456-460, 2015.
- ROSA, L. F.; ALMEIDA, J. R.; SILVA, P. R. **Desenvolvimento de fotômetros de baixo custo para ensino de Química**. Química Nova, São Paulo, v. 42, n. 3, p. 315-320, 2019.
- SÁ, R. M.; ALMEIDA, P. B.; COSTA, A. L. **Desenvolvimento de fotômetro de baixo custo com Arduino e impressão 3D: uma abordagem pedagógica**. Química Nova, São Paulo, v. 45, n. 2, p. 234-239, 2022.