



## SISTEMAS FOTOMÉTRICOS *HOME-MADE* QUE USAM LED E LDR<sup>1</sup>

Fábio Alexandre Costa Mota<sup>2</sup> e Genilson Pereira Santana<sup>3</sup>

Recebido em 12/04/2012, aceito em 04/06/2012.

### Resumo

Princípios teóricos da química ensinados pelo professor em sala de aula, os laboratórios de ensino e sua aplicabilidade devem ser os mais próximos possíveis. Conceitos que, se visto apenas textualmente, não são totalmente compreendidos pelos alunos, surgindo, inevitavelmente, lacunas no conhecimento do mesmo fundo educacional. A simplicidade operacional e instrumental em relação aos dispositivos comerciais explica o uso de sistemas construídos amplamente *home-made* para o ensino. Uma revisão sobre fotômetros caseiros que foram construídos utilizando LED (*Light-Emitting Diode*) e LDR (*Light Dependent Resistor*) é apresentada. Fotômetros *home-made* podem ser usados no ensino em diversas aplicações: i) ambiente químico (por exemplo, manutenção, poluição da água urbana), ii) classe em instrumentação analítica (por exemplo, a criação dos aparelhos), iii) a introdução de espectroscopia (por exemplo, cor complementar), e iv) validação (por exemplo, tópicos de estatística).

**Palavras-chave:** Sistemas *home-made*, sistemas fotométricos, LED, LDR.

### Abstract

Theoretical principles of chemistry exhibited by the teacher in the classroom and teaching laboratories and their applicability should be as close as possible. Concepts which, if seen only textually, are not fully understood by students, emerging, inevitably, gaps in knowledge in the same educational background. The operational, and instrumental simplicity in relationship to the commercial devices explains the widely use of built systems home-made for teaching. A review on home-made photometers that were built using LED (*Light-Emitting Diode*) and LDR (*Light Dependent Resistor*) is presented. Home-made photometers can be used for teaching in several application, such as i) chemical environment (eg, maintainability, urban water pollution), ii) class in analytical instrumentation (eg, setting apparatus), iii) introducing spectroscopy (eg, complementary color), and iv) validation (eg, topics of statistical).

**Key-words:** *Home-made* systems, photometers systems, LED, LDR.

---

<sup>1</sup> Parte da dissertação de Mestrado no Programa de Pós-graduação em Química, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil.

<sup>2</sup> MSc, aluno de doutorado do programa de Pós-graduação em Química da Universidade Federal do Amazonas.

<sup>3</sup> Professor Associado do Departamento de Química da Universidade Federal do Amazonas, ICE, Av. Gal. Rodrigo Octávio, 3.000, Coroado II, Manaus, Amazonas e-mail: [gsantana@ufam.edu.br](mailto:gsantana@ufam.edu.br).

## 1. Introdução

Sistemas instrumentais *home-made* são construídos para diversos fins. Desde uso didático até fins analíticos, destacando-se os sistemas fotométricos. Isso ocorre devido à ampla aplicabilidade dos fotômetros em diversas metodologias. Destacam-se também facilidade do seu manuseio e transporte, portabilidade, manutenção, fácil troca e aquisição de peças mecânicas e eletrônicas, resultados analíticos satisfatórios, entre outras características.

Os fotômetros são ferramentas simples e relativamente baratas para a realização de medidas da concentração de diversos analitos, além de possuir configurações muito semelhantes nos mais variados modelos. Em geral são constituídos de uma fonte de radiação eletromagnética, um seletor de comprimento de onda, um porta amostra, um detector, um processador e um leitor de sinal. Esses dispositivos são arranjados de diversas formas, muito embora existam apenas duas classificações: feixe simples ou duplo.

Com o avanço da tecnologia, observou-se na química analítica a tendência de diminuir as dimensões físicas dos fotômetros, sendo comum o uso de dispositivos eletrônicos com dimensões cada vez menores, como LED (DASGUPTA et al., 2003; GAIÃO et al., 2008) e LDR (MATIAS, VILA e TUBINO, 2003; TUBINO E QUEIROZ, 2007).

Os LED vêm ocupando lugar de destaque em instrumentação analítica principalmente na região do visível. Eles possibilitam maior compactação dos instrumentos sem perdas de qualidade nos resultados (DASGUPTA et al., 2003). A utilização de um LED como fonte de radiação visível, além de dispensar o emprego de lâmpadas de tungstênio, filtros e lentes ópticas, devido estreita banda de emissão, permite construir fotômetros simples, baratos, duráveis e de pequeno tamanho, além de outras vantagens.

O grande interesse pelo LED em aplicações analíticas é comprovado pelo número crescente de material publicado, incluindo artigos de revisão (DASGUPTA et al., 2003).

As principais características que permitiram o uso do LED em grande escala são robustez, compatibilidade, elevado tempo de vida, reduzido consumo de energia, baixo custo, fácil aquisição, potência elevada, largura efetiva de banda estreita, ruído associado baixo, entre outras características. Além disso, dispensam lentes e filtros

(DASGUPTA et al., 2003; O'TOOLE E DIAMOND, 2008).

Alguns sistemas fotométricos *home-made* são compactados em uma única estrutura física, inclusive o dispositivo de leitura, e alguns usam dois ou mais LED com máximos de emissão em diferentes comprimentos de onda, tornando-os potencialmente aplicáveis em análises de multicomponentes. A literatura mostra vários trabalhos para os mais variados fins, por exemplo, didáticos (ASSUMPCÃO et al., 2008; CALIXTO, CERVINI e CAVALHEIRO, 2008). A Tabela 1 mostra alguns de sistemas *home-made* para diversos fins.

Tabela 1: Sistemas *home-made* para diversos fins.

| Analito/matriz                       | Fonte/detector   | Referência                        |
|--------------------------------------|------------------|-----------------------------------|
| Albumina e proteínas totais          | e 2 LED-Diodo    | Luca e Reis, 2004                 |
| Fe(II)/xarope parâmetros bioclínicos | e LED-Transistor | Gaião et al., 2005                |
| Surfactantes                         | 2 LEDs - Diodo   | Lavorante et al., 2007            |
| Óleos lubrificantes                  | LED - Diodo      | Pignalosa, Sixto e; Knochen, 2007 |
| Gasolina                             | LED - Resistor   | Gaião et al., 2008                |

## 2 Uso de LED em sistemas *home-made*

O sistema é composto pela lente fotolocalizadora e pela grade de difração. Uma lente focaliza o feixe de radiação na grade de difração e esta tem como finalidade dispersar a radiação proveniente da fonte de radiação em direção ao fototransdutor, sendo confeccionada de uma mídia de CD e encontra-se posicionada a uma distância de 21 cm em relação à cela de detecção.

O circuito eletrônico do aparelho é formado por oito módulos. O sinal de intensidade luminosa do LED branco foi monitorado durante um período de oito horas, com intervalo de medição de cinco minutos, constatando-se uma pequena variação do sinal como se atestou pelo desvio padrão relativo a apenas 0,61 %. Esse resultado

mostra que o instrumento construído possui em sua fonte de radiação estabilidade suficiente para ser utilizado em análises químicas rotineiras envolvendo jornadas habituais de trabalho.

Garcia e Reis (2006) desenvolveram um titulador fotométrico, para determinação de acidez total em vinho tinto. O sistema consiste de um processo com detecção fotométrica usando LED e fototransistor como fonte e detector. Foram usadas três válvulas solenóides para inserção das amostras, assim como software Quick BASIC para monitoramento. O compartimento de mistura e o fotômetro foram acoplados com a câmara de titulação de modo a formar um sistema compacto, sendo adequado para outras matrizes complexas dispensando adaptações de *hardware* ou *software*.

A Figura 1 mostra o diagrama de um fotômetro construído por Gaião et al. (2005). O instrumento desenvolvido é compacto, usa 6 LED emitindo radiação do violeta ( $\lambda_{\text{máx}} = 430 \text{ nm}$ ) ao laranja ( $\lambda_{\text{máx}} = 660 \text{ nm}$ ). Os LED foram montados em um suporte circular adaptado ao eixo de uma chave eletromecânica com seis posições, o que permite, ao mesmo tempo, ligar e posicionar o LED desejado em frente ao detector. Um display de cristal líquido, microcontrolado, é usado como dispositivo de leitura, dispensando totalmente o uso de um microcomputador, facilitando sua portabilidade e apresentando resultados em transmitância e absorbância. A cela de detecção pode ser do tipo convencional ou em fluxo. Opcionalmente, o aparelho pode usar periféricos de saída, como impressora e microcomputador. O aparelho precisa ser calibrado com soluções-branco a cada bateria de análise e os valores de concentração são calculados manualmente. Sua estabilidade foi investigada por um período de 8 h de funcionamento e nenhuma variação considerável do sinal produzido foi observada.

Pires et al. (2007) desenvolveram um fotômetro a base de LED empregando microbombas multicomutáveis para especiação de Cr em águas naturais. Para isso, quatro microbombas solenóides foram utilizadas para propulsão e comutação dos fluidos. O sistema de detecção inclui um LED verde como fonte de radiação, um fotodiodo como detector e uma cela de fluxo com 100 mm de caminho óptico e diâmetro interno de 2 mm.

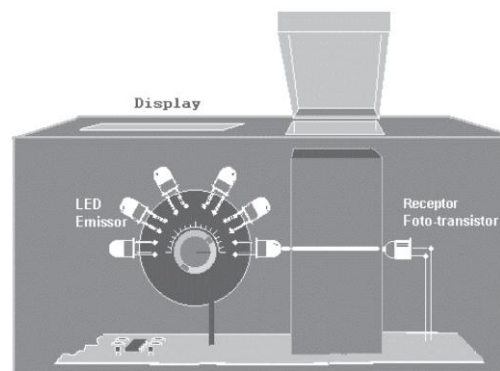


Figura 1 - Diagrama esquemático de um fotômetro Multi-LED. FONTE: Gaião et al., 2005.

### 3 Sistemas home-made que utilizam LDR (Light Dependent Resistor)

O LDR é um resistor que varia sua resistência de acordo com a incidência de luz. Esse componente não só informa se há ou não luz sobre ele, mas o quanto de luz há: pequenas variações na intensidade da luz irão provocar pequenas variações no valor da resistência, permitindo, assim, saber exatamente o quanto de intensidade luminosa há sobre um LDR. É também chamado de fotoresistor. Em espectrometria, o LDR é tratado como um dispositivo de estado sólido que tem como propriedade a variação da resistência elétrica em função da absorção de radiação eletromagnética (TUBINO e QUEIROZ, 2007).

O LDR é um dispositivo eletrônico acessível comercialmente, mas, apesar do LED ter largo uso em sistemas fotométricos, o LDR tem uso menos popular, sendo usado como fotodetector (ROSSI e TUBINO, 1991; SENG e KITA, 2007; TUBINO e QUEIROZ, 2007).

Matias, Vila e Tubino (2003) desenvolveram um reflectômetro de baixo custo para medidas de reflectância difusa colorimétrica usando um LED verde como fonte e um LDR como detector. O desempenho do aparelho foi testado com quantificação de Ni(II), com formação do complexo do metal com dimetilglioxina. A precisão observada foi de aproximadamente 6% e os resultados foram comparados com método gravimétrico de referência havendo similaridade estatística nos resultados.

Outro instrumento de reflectância difusa foi construído por Tubino e Souza (2006) para determinar o diclofenaco. Como fonte de radiação eletromagnética um LED vermelho foi usado e o fotodetector um LDR. A precisão variou entre 2 e



4% e os resultados foram comparados com método de referência CLAE, havendo similaridade nos resultados.

Dois sensores usando LED e LDR e uma membrana de verde de bromocresol foram comparados a fim de verificar a eficiência na medida de pH (LAU et al., 2006). Ambos os sensores responderam a variações de pH de soluções tampão de forma similar obtendo-se curvas sigmodais. Os valores de  $pK_a$  obtidos com estes sensores foram concordantes com o valor oficial disponível na literatura. Ambos apresentaram baixo consumo de energia, alta sensibilidade e baixo custo para confecção.

Os LED multiemissores deram maior versatilidade aos fotômetros baseados nesses componentes, dispensando a troca física dos mesmos para a realização de leituras em mais de um comprimento de onda. Porém, a faixa de comprimento de onda, ainda limitada, torna necessária a escolha de uma metodologia adequada.

#### 4 Conclusões

Sistemas *home-made* são instrumentos muito versáteis, pois, são usados para suprir ou incrementar aulas para aproximar alunos de conceitos teóricos como espectroscopia ou instrumentação analítica, e os fotômetros construídos são muito relevantes neste caso, pois, servem para um gama de aplicações. Neste contexto, os LED representam cada vez mais um papel importante em instrumentação analítica. Futuramente, haverá aumento de utilidade de LED com base em dispositivos analíticos. No presente tempo, o impacto potencial de dispositivos baseados em LED dedicados para ensino e pesquisa pode ser muito significativo.

#### Divulgação

Este artigo é inédito e, portanto, não está sendo considerado para qualquer outra publicação. Os autores e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

#### Referências

ASSUMPCÃO, M. H. M. T.; MEDEIROS, R. A.; MADI, A.; FATIBELLOFILHO, O. **Desenvolvimento de um procedimento biampométrico para determinação de sacarina em produtos dietéticos.** Química Nova, v. 31, n. 7, p. 1743-1746, 2008.

CALIXTO, C. M. F.; CERVINI, P.; CAVALHEIRO, E. T. G. **Eletrodo compósito á base de Grafite-Araldite: Aplicações didáticas.** Química Nova, v. 31, n. 8, p. 2194-2198. 2008.

DASGUPTA, P. K.; EOM, I.; MORRIS, K. J.; LI, J. **Light emitting diodebased detectors Absorbance, fluorescence and spectroelectrochemical measurements in a planar flow-through cell.** Analytica Chimica Acta, v. 500, p. 337-364. 2003.

GAIÃO, E. DA N.; MEDEIROS, E. P.; LYRA, W. DA S.; MOREIRA, P. N. T.; VASCONCELOS, P. C.; SILVA, E. C.; ARAÚJO, M. C. U. **Um fotômetro Multi-LED microcontrolado, portátil e de baixo custo.** Química Nova, v. 28, n. 6, p. 1102-1105, 2005.

GAIÃO, E. DA N.; SANTOS, S. R. B.; SANTOS, W. B.; NASCIMENTO, E. C. L.; LIMA, R. S.; ARAÚJO, M. C. U. **An inexpensive, portable and microcontrolled near infrared LED-photometer for screening analysis of gasoline.** Talanta, v. 75, p. 792-796, 2008.

GARCIA, A. J. C.; REIS, B. F. **Instrumentation and automated photometric titration procedure for total acidity determination in red wine employing a multicommutated flow system.** Journal of Automated Methods and Management in Chemistry, v. 2006, p. 1-8, 2006.

LAU, K-T.; YERAZUNIS, W. S.; SHEPEHERD, R. L.; DIAMOND, D. **Quantitative colorimetric analysis of dye mixtures using an optical photometer based on LED array.** Sensors and Actuators B, v. 114, p. 819-825, 2006.

LAVORANTE, A. F.; MORALES-RUBIO, Á.; LA GUARDIA, M. DE.; REIS, B. F. **A multicommutated stop-flow system employing LEDs-based photometer for the sequential determination of anionic and cationic surfactants in water.** Analytica Chimica Acta, v. 600, p. 58-65. 2007.

LUCA, G. C.; REIS, B. F. **Simultaneous photometric determination of albumin and total protein in animal blood plasma employing a multicommutated flow system to carried out on line dilution and reagentes solutions handling.** Spectrochimica Acta A, v. 60, p. 579-583, 2004.

MATIAS, F. A. A.; VILA, M. M. D. C.; TUBINO, M. **A simple device for quantitative colorimetric diffuse reflectance measurements.** Sensors and Actuators B, v. 88, p. 60-66, 2003.



O'TOOLE, M. DIAMOND, D. **Absorbance based light emitting diode optical sensors and sensing devices.** *Sensors*, v. 8, p. 2453-2479. 2008.

PIGNALOSA, G.; SIXTO, A.; KNOCHEN, M. **Automatic determination of insolubles in lubricating oils by flow injection na analysis employing na LED-photometer detector.** *Talanta*, v. 73, p. 959-961, 2007.

PIRES, C. K.; REIS, B. F.; MORALES-RUBIO, A.; LA GUARDIA, M. DE. **Speciation in chromium in natural Waters by micropumping multicommutated light emitting diode photometry.** *Talanta*, v. 72. p. 1370-1377, 2007.

ROSSI, A., V.; TUBINO, M. **Construção de um aparelho de fluxo interrompido.** *Química Nova*, v. 14, n. 2, p. 109-111, 1991.

SENG, S.; KITA, M. **New analytical method for the determination of detergent concentration in water by fabric dyeing.** *Journal of Chemical Education*. v. 84, n. 11, p. 1803-1805, 2007.

TUBINO, M.; SOUZA, R. L. **Determination of diclofenac in pharmaceutical preparations by diffuse reflectance photometry.** *Talanta*, v. 68, p. 776-780, 2006.

TUBINO, M.; QUEIROZ, C. A. R. **Flow injection visible diffuse reflectance quantitative analysis of nickel.** *Analytica Chimica Acta*, v. 600, p. 199-204, 2007.