



## MÓDULO DE CAPTURA DE IMAGENS DIGITAIS PARA ANÁLISES QUÍMICAS POR DISPOSITIVOS MÓVEIS

Isabel C. L. Lucena<sup>(1)</sup>; Kaio E. S. P. de Menezes<sup>(1)</sup>; Maysa A. P. Guedes<sup>(1)</sup>; Aliciana da C. Lima<sup>(1)</sup>; Ana M. C. de M. Lucena<sup>(1)</sup>; Ligia A. S. da Silva<sup>(1)</sup>; Mariana de M. Fidelis<sup>(1)</sup>; Sergio R. B. Santos<sup>(1)</sup>.

1. IFPB, Av. Primeiro de Maio, 720 - Jaguaribe, João Pessoa-PB. Email: sergio.santos@ifpb.edu.br.

**Palavras-Chave:** Dispositivo Móvel, Análises Espectrométricas, Materiais Alternativos.

### Introdução

As análises químicas espectrométricas exploram a interação da radiação eletromagnética com a matéria para identificar ou quantificar componentes de uma amostra. Definimos espectroscopia como o estudo da interação da radiação eletromagnética com a matéria. Segundo Oliveira (2001), “toda manifestação que nossos olhos percebem, por exemplo, é um tipo de espectroscopia”. Para a realização das análises espectrométricas são utilizados instrumentos como espectrofotômetros ou fotocolorímetros que apresentam custos relativamente elevados. Este é um dos fatores que dificultam a aquisição destes instrumentos por escolas públicas de nível médio. Neste sentido, a construção de instrumentos alternativos de baixo custo pode propiciar a exploração de técnicas espectrométricas em escolas públicas e o desenvolvimento de atividades experimentais permitindo que os alunos sejam progressivamente estimulados e apoiados no planejamento e na realização cooperativa de atividades investigativas, bem como no compartilhamento dos resultados dessas investigações. Segundo Lisbôa (2015): “A experimentação é um dos principais alicerces que sustentam a complexa rede conceitual que estrutura o ensino de química. Ele não é o único, uma vez que se encontra entrelaçado com outros, como o construído pela história da química[...]”. Giordam (1999) pontuou que “O acúmulo de observações e dados, ambos derivados do estágio de experimentação, permite a formulação de enunciados mais genéricos que podem adquirir a força de leis ou teorias”. Desta forma, metodologias que sejam propostas no sentido de permitir o desenvolvimento de atividades experimentais em escolas públicas são de extrema importância para a melhoria do processo de ensino aprendizagem nestes locais.

Uma alternativa que tem sido utilizada para a realização de análises químicas espectroscópicas sem uso de instrumentos caros é a análise química explorando imagens digitais. Costa e colaboradores (2016), por exemplo, desenvolveram e avaliaram um colorímetro para análises de fósforo por imagens adquiridas por uma webcam que se mostrou satisfatório quando comparado com um espectrofotômetro comercial. Silva Neto e colaboradores (2016) realizaram análises de águas minerais utilizando-se negro de eriocromo T (EBT), técnicas de análises multivariadas e imagens digitais capturadas por dispositivos móveis aplicável na avaliação de adulteração de águas minerais.

Para a realização das análises por imagens digitais é necessário um dispositivo para captura e registro destas imagens e um aplicativo para a decomposição das informações de imagens em informações quer possam ser correlacionadas às informações químicas da amostra. Normalmente os dados das imagens são decompostos em parâmetros de modelos de imagens como o sistema RGB ou HSV.

Um modelo de cores é uma representação tridimensional na qual cada cor é representada por um ponto no sistema de coordenadas 3D. Um dos sistemas de cor mais utilizados é o RGB (do inglês, Red, Green e Blue) que descreve mais de 16 milhões de cores utilizando-se apenas três componentes de cor básicos: as cores vermelha, verde e azul. Normalmente, a intensidade das cores é representada por uma escala de valores que vai do zero que indica ausência de cor (cor preta) a um valor máximo, por exemplo, 255, que indica a intensidade máxima da cor (cor pura). Neste caso, as combinações destas três cores em suas diversas intensidades podem gerar mais de 16 milhões de cores diferentes. Entretanto, elas precisam ser correlacionadas às informações Químicas e para isto é necessário realizar cálculos diversos ou utilizar um aplicativo adequado.

Um aplicativo que foi desenvolvido para a realização de análises químicas digitais por meio de dispositivos móveis é o *ChemEye* criado pelo departamento de química da Universidade Batista de Hong Kong (HKBU), na China. O aplicativo é um software desenvolvido especificamente para transformar o celular em um dispositivo de medidas colorimétricas e pode ser baixado de forma livre em plataformas como *Google Play* ou *Apple Store*. Ele permite registrar cinco imagens digitais de soluções padrão e produzir uma curva de calibração para cada parâmetro de cor RGB. O usuário salva, então, a curva analítica que apresenta o melhor ajuste aos dados experimentais a qual pode ser aplicada para a quantificação de analitos de concentração desconhecida em amostras.

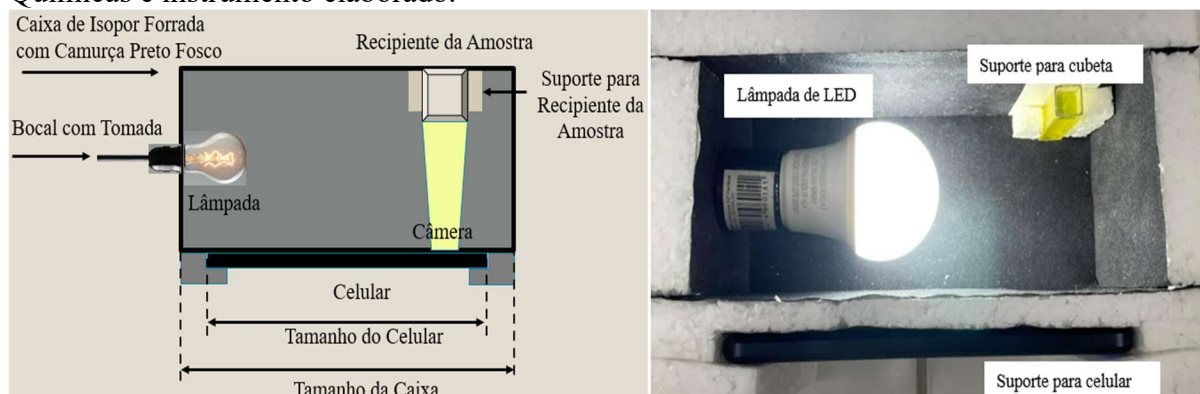
Desta forma, considerando-se que o uso de imagens digitais para a realização de análises químicas é uma alternativa viável para medidas espectroscópicas, neste trabalho é proposto um módulo de captura de imagens para a realização de aulas experimentais em escolas públicas de nível médio. O módulo apresenta como fonte de radiação visível, uma lâmpada de LED adaptada dentro de uma caixa de isopor onde se encontra um suporte para uma cubeta de acrílico de 1cm de caminho óptico. Para a captura de imagens, um orifício foi aberto na altura da câmera de um aparelho celular, adaptado externo ao módulo e em uma posição frontal à cubeta, que permite capturar imagens das soluções de corantes que preenchem o recipiente da amostra. A caixa é forrada internamente com camurça preta para minimizar a influência de radiação espúria proveniente do ambiente.

### **Material e Métodos**

Para a realização do trabalho as seguintes etapas foram cumpridas: 1. Elaboração de um projeto para um módulo de captura de imagens digitais por meio de dispositivo móvel (aparelho celular); 2. Seleção de um aplicativo adequado para a transformação de informações de imagens em informações Químicas; 3. Construção do módulo de captura de imagens; 4. Aplicação do módulo de captura de imagens com uso de aplicativo de análises de imagens para análises de soluções de corantes; 5. Avaliação dos resultados obtidos.

Foram elaborados três (3) módulos de captura de imagens cujas dimensões foram determinadas pelos dispositivos móveis utilizados. O projeto e um instrumento desenvolvido são apresentados na Figura 1 onde se pode verificar as posições relativas da fonte de radiação, do recipiente da amostra e do aparelho celular. O ambiente interno é forrado com camurça preta para minimizar a entrada de radiação espúria.

Figura 1. Projeto do módulo de captura de imagens construído para a realização de análises Químicas e instrumento elaborado.



O aplicativo ChemEye (versão 7 atualizada em fevereiro de 2024) foi utilizado para registro das imagens e construção das curvas de calibração. Ele apresenta versões para IOS e Androide e pode ser baixado facilmente pelas plataformas *Google Play* ou *Apple Store*. Como pode ser verificado da Figura 2, o aplicativo permite selecionar as unidades de medida em Absorbância ou transmitância, além de apresentar informações sobre as mesmas. Também permite o registro de até cinco padrões analíticos incluindo o branco, a construção de curvas analíticas para cada parâmetro de cor do sistema RGB com o salvamento da melhor curva, e a determinação da concentração de um analito em uma amostra desconhecida baseada na curva analítica salva. Uma das vantagens do aplicativo é que ele permite a qualquer momento refazer uma medida registrada de forma inadequada, seja por erro na digitação do valor da concentração, seja por erro na captura da imagem.

Figura 2. Registros de dados analíticos com o aplicativo *ChemEye* através do módulo de captura de imagens.



Os dispositivos celulares utilizados para o registro das imagens digitais foram o Motorola modelo Moto e22, o Iphone 12 da Apple e o Redmi Note 11 da Xiome.

Soluções dos corantes alimentícios verde folha, azul anis e pink foram preparadas na faixa de concentrações de 20 a 100 ppm. Água destilada foi sempre utilizada para o preparo das soluções.

## Resultados e Discussão

Um dos primeiros pontos avaliados foi o nível de iluminação e a adaptação da cubeta no suporte de isopor, que poderiam trazer pouca reprodutibilidade dos resultados caso houvesse mudanças de posição da cubeta durante a aquisição das imagens. Foi possível verificar pela qualidade das curvas analíticas obtidas que os módulos se apresentaram adequados para as suas

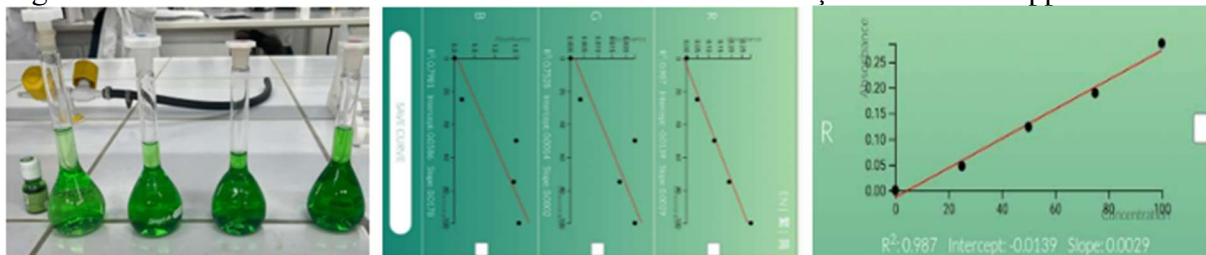
propostas. Assim, o nível de iluminação da lâmpada e a repetibilidade no posicionamento da cubeta em seu suporte não proporcionavam medidas inadequadas ou pouco reprodutíveis. A sequência de imagens das Figuras 3, 4 e 5 são resultados obtidos em equipamentos diferentes e com dispositivos celulares diferentes. Na Figura 3 são apresentadas imagens das curvas de calibração obtidas para a análise do corante azul anís. A curva analítica obtida para as variações do parâmetro R (vermelho) do sistema RGB proporcionou um valor de coeficiente de correlação linear  $r = 0,999$ .

Figura 3. Análises do corante alimentício azul anís na faixa de concentrações de 25 a 100ppm.



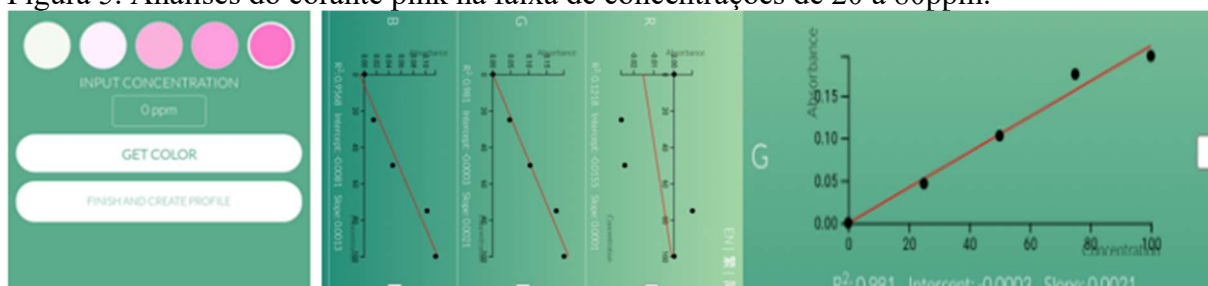
Assim como para o corante azul anís, na análise do corante verde folha (Figura 4), a melhor curva foi apresentada para o parâmetro R (vermelho) com valor de coeficiente de correlação linear  $r = 0,993$ .

Figura 4. Análises do corante verde folha na faixa de concentrações de 25 a 100ppm.



Na análise do corante pink, as curvas apresentaram melhor comportamento para o parâmetro G (verde) do sistema RGB como apresentado na Figura 5. Um coeficiente de correlação linear  $r = 0,990$  foi obtido.

Figura 5. Análises do corante pink na faixa de concentrações de 20 a 80ppm.



Em média, os valores dos coeficientes de correlação linear foram superiores a 0,99 ( $n=6$ ), indicando que análises por imagens digitais podem ser realizadas utilizando-se o módulo de captura de imagens. Também, o aplicativo *ChemEye* utilizado para a construção das curvas analíticas, se mostrou extremamente útil no tratamento dos dados de imagens, minimizando o tempo necessário para a avaliação das correlações entre os parâmetros RGB e as concentrações dos analitos nas amostras.

## Conclusões

Um módulo de captura de imagens digitais foi construído para possibilitar a análise espectroscópica simples e economicamente acessível em laboratórios ou salas de aulas de escolas públicas de nível médio que não tenham condições de adquirir espectrofotômetros ou fotocolorímetros para realizar tais análises. O módulo desenvolvido captura a imagem de soluções que absorvem radiação eletromagnética visível e correlaciona os parâmetros RGB das imagens registradas às concentrações dos analitos nas amostras. O instrumento, que foi construído com folhas de isopor e recoberto internamente com camurça preta para minimizar influência de radiação espúria, consiste simplesmente de uma lâmpada de LED como fonte de radiação visível e de um suporte para uma cubeta de acrílico de 1cm de caminho óptico usada para conter a amostra. As imagens digitais são registradas posicionando o celular externamente ao módulo de modo que a sua câmera focalize, através de um pequeno orifício, a imagem da cubeta onde se encontra a amostra. O aplicativo *ChemEye* desenvolvido para transformar um dispositivo móvel em um colorímetro portátil foi utilizado e aplicado na análise de diversos corantes alimentícios. Assim, os corantes azul anis, verde folha e pink foram analisados para avaliar a aplicabilidade do dispositivo. As curvas analíticas obtidas com o uso do dispositivo apresentaram coeficientes de correlação superiores a 0,99, indicando a aplicabilidade do instrumento para análises químicas por imagens digitais.

## Referências

- GIORDAN, M. O Papel da Experimentação no Ensino de Ciências. *Química Nova na Escola*, 10, 43-49, 1999.
- LISBÔA, J. C. F. QNEsc e a Seção Experimentação no Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, 37(2), 198-202, 2015.
- MOLZ, R. F.; KIRST, A. Desenvolvimento e Avaliação de um Protótipo de Colorímetro por Imagens Digitais. *RVQ – Revista de Química Virtual*, 8(5), 1277-1288, 2016.
- OLIVEIRA, L. F. C. Espectroscopia molecular. *Química Nova na Escola. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, 4, 24-30, 2001.
- SILVA NETO, G. F.; FONSECA, A.; BRAGA, J. W. B. Classificação de Águas Minerais Baseada em Imagens Digitais Obtidas por Smartphones. *Química Nova*. 39(7), 876-881, 2016.